

LA NATURALEZA EN LA CIUDAD

Perspectivas teóricas y metodológicas
para el estudio
de la funcionalidad ambiental
del espacio libre

Jesús Santiago Ramos



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Obras Públicas y Transportes

LA NATURALEZA EN LA CIUDAD

Jesús Santiago Ramos



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Obras Públicas y Transportes

Dirección General de Planificación

SANTIAGO RAMOS, Jesús

La naturaleza en la ciudad: perspectivas teóricas y metodológicas para el estudio de la funcionalidad ambiental del espacio libre / Jesús Santiago Ramos.—Sevilla : Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2008

159 p. : il. fot. col. y n. ; 30 cm

D.L. MA 251-2008. ISBN 978-84-8095-535-5

1. Ciudades-Dinámica Urbana 2. Espacio y Paisaje Urbano 3. Medio Ambiente Urbano 4. Desarrollo Sostenible 5. Metodología de la Investigación I. Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transportes

© De la edición: Junta de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transportes

© Del texto: el autor

© De las fotografías: los autores

Coordina la edición: Dirección General de Planificación. Servicio de Publicaciones

Nº Registro: JAOP/PL-03-2008

ISBN: 978-84-8095-535-5

Diseño: Faustina Morales

Maquetación: Teresa Barroso, enseñada3

Fotografías: Javier Andrada y archivo

Fotomecánica: Textos y Formas

Impresión: Gráficas Urania

D.L.: MA-251-2008

*Al Dr. José María Fera Toribio,
por su inestimable labor de guía y su apoyo durante
la elaboración de la presente obra*

PRESENTACIÓN

La relación entre naturaleza y ciudad está en el origen mismo de la formación de los espacios urbanos y, desde luego, en las reflexiones e intervenciones sobre la ciudad a lo largo de siglos de historia.

Más allá de una mera consideración de los espacios verdes de la ciudad como elementos estéticos que sirven para embellecerla, es evidente que, hoy, debemos entenderlos como factores clave tanto para una mejor relación de la ciudad con su entorno físico (o más apropiadamente, para su mejor integración en la matriz natural y territorial en que se implanta la propia ciudad), a la vez que como determinantes de la calidad de vida de la población, dado su papel para mejorar la estructura de los usos urbanos, aportar calidad ambiental y paisajística, y servir de espacios de uso público y relación para la ciudadanía.

La presente publicación nos aportará muchas y diversas miradas sobre esta relación entre naturaleza y ciudad y sobre el papel de los espacios verdes. Desde el análisis histórico de su evolución, hasta la incorporación del nuevo enfoque de la sostenibilidad en la ordenación del territorio y de las ciudades.

Es evidente que nuestras ciudades, resultado de un dilatado proceso histórico, son hoy expresión de la enorme complejidad de relaciones económicas, culturales, territoriales y de movilidad que se establecen en las sociedades avanzadas del siglo XXI.

En Andalucía nuestro rico y diverso sistema de pueblos y ciudades ha de ser capaz de abordar los retos de nuestro siglo desde el respeto hacia los valores patrimoniales tanto de la propia ciudad como del medio físico y natural en que se insertan, convirtiendo los espacios verdes en parte fundamental del diseño de ciudades de calidad al servicio de las personas.

Así mismo, los espacios verdes, las áreas libres, han de configurarse como un sistema interconectado a través de corredores al servicio de una movilidad no motorizada, de tal forma que, junto a la creación de corredores ecológicos, se favorezca una movilidad autónoma de las personas a lo largo del sistema de espacios libres de escala urbana y metropolitana. En definitiva, los espacios urbanos deben tender a interconectarse a través de un viario verde, sustentado en espacios de dominio público (de infraestructuras, de vías pecuarias, hidrológico...), de forma que la base natural y rural del territorio se incorpore a los propios espacios urbanos.

Los procesos de formación de espacios metropolitanos son un buen ejemplo de la necesidad de reflexionar y aportar soluciones contemporáneas a la relación entre ciudad, territorio y naturaleza. En este libro encontraremos enfoques actualizados en esa dirección.

Junto a su interés metodológico general, cabe destacar su aplicación al ejemplo del espacio metropolitano de Sevilla en el que la Junta de Andalucía aborda un ambicioso proyecto de ordenación territorial basado, en gran medida, en valorar el papel y las relaciones que se establecen entre los espacios urbanos y el territorio en que se implantan. Fruto de ello es la consideración de la red de espacios públicos, parques y ríos del área de Sevilla, como un elemento estructurante esencial de la ordenación metropolitana propuesta.

Luis Manuel García Garrido
Consejero de Obras Públicas y Transportes

INTRODUCCIÓN

9

Interés y actualidad de la perspectiva ecológica en el estudio del espacio libre urbano

11

Estructura y contenidos

12

Fuentes y referencias

13

CAPÍTULO I

La relación entre espacio libre y ciudad: precedentes históricos, modelos teóricos y desarrollos conceptuales

15

Introducción

17

Precedentes históricos: el espacio ajardinado y su evolución

18

El espacio libre en los modelos teóricos de desarrollo urbano

30

Desarrollos conceptuales recientes sobre el espacio libre: definición, tipología, estructura, funcionalidad

33

CAPÍTULO II

Desarrollo sostenible y ecología urbana

55

Desarrollo sostenible: origen del concepto, perspectivas actuales

57

Desarrollo sostenible: origen del concepto, perspectivas actuales

60

Sostenibilidad urbana: el papel de la ciudad en la crisis ecológica global

58

Ecología urbana: el estudio de la ciudad desde la perspectiva ecológica

62

La ciudad como ecosistema artificial: análisis del metabolismo urbano

67

La ciudad como mosaico de hábitats: ecología del paisaje urbano

71

CAPÍTULO III

La funcionalidad ambiental del espacio libre

77

Funcionalidad ambiental y servicios ecológicos de los ecosistemas urbanos

79

Funciones relacionadas con el ciclo hidrológico

82

Funciones relacionadas con la mejora de la calidad del aire	88
Funciones relacionadas con la regulación microclimática	92
Funciones relacionadas con la biodiversidad urbana	95
Funcionalidad ambiental relacionada con el uso público	100
La dimensión territorial de los servicios ecológicos urbanos	103

CAPÍTULO IV

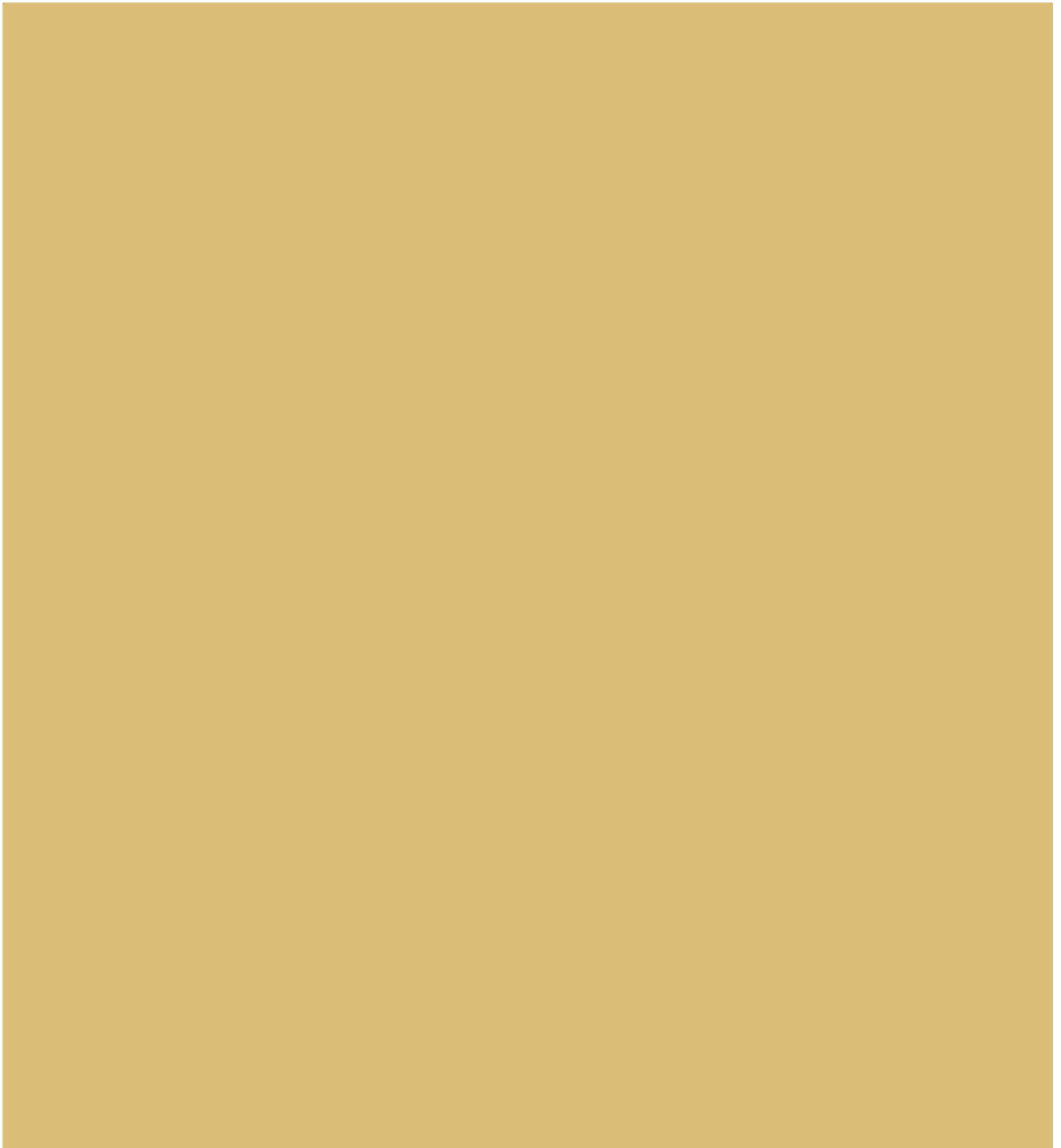
Aproximaciones metodológicas al estudio de la funcionalidad ambiental del espacio libre	111
El análisis de la funcionalidad ambiental en el contexto actual	113
Funciones relacionadas con el ciclo hidrológico	115
Funciones relacionadas con la regulación microclimática	119
Funciones relacionadas con la biodiversidad urbana	122
Funcionalidad ambiental relacionada con el uso público	125
Análisis de la multifuncionalidad del espacio libre metropolitano: la aproximación territorial	126

CAPÍTULO V

Propuesta metodológica para el análisis de la funcionalidad ambiental del espacio libre. Evaluación inicial de...	129
Introducción	131
El área metropolitana de Sevilla: potencialidades de cara a la configuración de un sistema multifuncional de...	132
Propuesta metodológica	137
Análisis inicial de la viabilidad de la aplicación de la propuesta metodológica al ámbito metropolitano de Sevilla	145
Conclusiones	148
Glosario	152
Bibliografía	155



Introducción



Interés y actualidad de la perspectiva ecológica en el estudio del espacio libre urbano

El impacto del paradigma del desarrollo sostenible en la sociedad actual parece fuera de toda duda, siendo observable a muy distintos niveles (político e institucional, científico y académico, social). Sin embargo, es necesario reconocer que existe una cierta distancia entre la aceptación generalizada del discurso sostenibilista y la aplicación real de medidas y estrategias verdaderamente eficaces para alcanzar los objetivos perseguidos. En el plano de la sostenibilidad urbana, este distanciamiento entre discurso y práctica es especialmente patente, aun cuando las ciudades juegan un papel decisivo en la problemática ambiental a escala mundial. Como es sabido, los sistemas urbanos actúan como fuente de impactos ambientales de alcance global; al mismo tiempo, las ciudades constituyen sumideros donde se concentran las externalidades ambientales derivadas de la alteración de las dinámicas ecológicas por parte de la actividad humana. Si consideramos que, a día de hoy, aproximadamente la mitad de la población mundial es urbana, y que este porcentaje continuará elevándose en las próximas décadas, parece claro que es urgente disponer de un conocimiento profundo de los problemas ambientales de la ciudad, así como de un conjunto de instrumentos eficaces de gestión y ordenación que ayuden a mejorar tanto el balance ecológico urbano como la calidad de vida de los ciudadanos.

En este contexto, el análisis de la funcionalidad ambiental del espacio libre adquiere un indudable interés, no exento además de un cierto carácter novedoso. Se puede afirmar que la dimensión ecológica del fenómeno urbano en general, y de las zonas verdes y espacios abiertos en particular, ha sido un aspecto tradicionalmente ignorado o marginado dentro del campo de la planificación y gestión de las ciudades. En el plano científico, el interés por este tema se puede considerar también relativamente reciente; a pesar de existir antecedentes notables, el estudio ecológico de la ciudad no ha experimentado un verdadero auge hasta la década de los setenta del pasado siglo, a partir fundamentalmente de las iniciativas ligadas al Proyecto 11 del programa *Man and Biosphere* de la UNESCO.

Desde entonces, esta materia ha sido abordada sobre todo por parte de la ecología urbana, pero también por otras ramas del conocimiento científico como son la ecología del paisaje, la climatología, la hidrología o la química ambiental. Cada una de estas disciplinas se ha preocupado de forma específica por aquella dimensión del ecosistema urbano más cercana a su campo de conocimiento concreto, ya sea la composición y distribución de la flora y la fauna urbanas, la configuración de unas características climáticas específicas del medio urbano, la incidencia de la urbanización en los procesos hidrológicos naturales o la circulación de contaminantes en la atmósfera urbana. Esto ha conducido a una situación actual en la que es posible encontrar una amplia variedad de aproximaciones diferentes y fragmentarias al estudio del medio ambiente urbano y de la dimensión ecológica del espacio libre. A pesar del innegable interés de las aportaciones derivadas de cada una de estas aproximaciones parciales, es necesario reconocer el serio *handicap* que supone tanto la dispersión de las fuentes como la falta de un tratamiento unitario y global de esta materia de estudio.

Lógicamente, en el plano práctico y metodológico se observa un claro paralelismo con respecto a lo indicado acerca del plano teórico: actualmente, son escasos los proyectos que, con una perspectiva integradora y global, intentan afrontar el análisis de la dimensión ecológica del espacio urbano. No obstante, en los últimos tiempos se ha podido percibir, al menos en el contexto europeo, un cierto avance en este sentido, sobre todo a raíz del desarrollo de la iniciativa en red *Greencluster*, orientada a aunar el esfuerzo de diferentes grupos de investigación transnacionales para profundizar en este campo de estudio y aplicar los resultados obtenidos a la planificación de diferentes ciudades europeas. Tampoco es posible obviar otras propuestas metodológicas recientes que, aunque con un menor alcance, vienen contribuyendo a la consolidación de una aproximación ecológica global al tratamiento del medio urbano y, más específicamente, del espacio libre.

La presente obra pretende integrarse dentro de esta tendencia reciente en el contexto científico europeo y, mediante el establecimiento de un marco teórico y metodológico unitario, contribuir a mejorar nuestro conocimiento de la dimensión ambiental del espacio libre urbano. La tesis

central sobre la que se asienta el contenido de estas páginas puede ser definida en los siguientes términos: el espacio libre, entendido como el conjunto de espacios abiertos en los que la matriz biofísica del territorio aflora de forma más o menos inalterada en un contexto fuertemente antropizado como es la ciudad, aporta, a través del mantenimiento de ciertos procesos ecológicos en el tejido urbano o metropolitano, una serie de funciones ambientales que constituyen una pieza fundamental en las estrategias y políticas orientadas a alcanzar los objetivos de la sostenibilidad urbana.

Dicha funcionalidad ambiental, que resulta complementaria a la tradicional función social y estética del verde urbano, comprende un amplio conjunto de servicios ecológicos de distinta naturaleza que, entendidos desde una perspectiva integradora, redundan en una notable mejora de la calidad ambiental global de la urbe. Así, esta dimensión ambiental del espacio libre abarcaría muy diversas funciones, entre las que destacan las vinculadas al ciclo hidrológico urbano, la mejora de la calidad del aire y la absorción de contaminantes, la regulación microclimática del espacio urbano, o el mantenimiento de la biodiversidad. Asimismo, se puede hablar de una funcionalidad ambiental del espacio libre vinculada al uso público, que deriva directamente del carácter natural de ciertos espacios; en este sentido, se entiende que la potencialidad de un espacio para la realización de actividades vinculadas a la educación ambiental o al disfrute de los valores naturales está directamente relacionada con la calidad ecológica del ámbito en cuestión.

Sin embargo, no es suficiente con reconocer la existencia de este conjunto de funciones: los servicios ecológicos urbanos que aporta el espacio libre deben ser analizados de forma eficaz a través de los instrumentos metodológicos adecuados, dado que, sin un conocimiento profundo de los procesos que los sostienen y de los factores específicos que inciden en su desarrollo, resultará imposible su potenciación a través de las estrategias de ordenación adecuadas. Es también fundamental cuantificar y evaluar la magnitud de los beneficios aportados por el espacio libre, con objeto de que su importancia en el contexto de la sostenibilidad urbana sea justamente reconocida; ésta parece ser la única vía posible para que la dimensión ambiental del espacio libre obtenga el peso que merece en los procesos de planificación del territorio urbano y metropolitano.

Estructura y contenidos

La presente obra se articula básicamente en cinco capítulos. Los cuatro primeros tienen como objeto el desarrollo de un marco teórico general, mientras que el quinto y último está dedicado al desarrollo de una propuesta metodológica. Cada uno de los capítulos que conforman el marco

teórico aborda un aspecto específico de la materia de estudio, por lo que, si se desea, pueden ser leídos de forma independiente; sin embargo, la disposición de los distintos bloques temáticos responde a un orden lógico que busca facilitar la comprensión de los contenidos, tal y como se expone a continuación.

En primer lugar, se ha considerado conveniente comenzar la obra con una introducción general al concepto de espacio libre y su papel dentro del conjunto del tejido urbano; éste sería, en líneas generales, el objeto del primer capítulo. Para ello se desarrolla, antes que nada, un análisis de los precedentes históricos de la concepción actual del espacio libre, a través del estudio de la evolución del espacio ajardinado (como antecesor de la idea actual de espacio verde urbano) a lo largo del desarrollo de la humanidad. Posteriormente se repasan algunos de los principales modelos teóricos de desarrollo urbano que, desde finales del siglo XIX, vienen persiguiendo una mejor relación entre la ciudad y su entorno, para lo cual otorgan un papel esencial a la ordenación del espacio libre. Finalmente, se entra de lleno en el tratamiento de diferentes aspectos relacionados con la conceptualización de espacio libre en el contexto actual: la definición y alcance del término, las diferentes aproximaciones a su tipología y clasificación, los diversos modelos estructurales existentes, y las perspectivas funcionales. A modo de conclusión de este primer bloque, se aporta una breve reflexión sobre la validez de todas las perspectivas conceptuales y analíticas expuestas ante el reto de la sostenibilidad urbana, que sirve de enlace al contenido del siguiente capítulo.

El segundo capítulo pretende aportar algo de luz acerca de la necesidad de adoptar una nueva perspectiva de ordenación del espacio libre que, como consecuencia de la asunción de los preceptos del paradigma del desarrollo urbano sostenible, contemple explícitamente la dimensión ecológica del mismo. Para ello, en primer lugar, se realiza una reflexión crítica sobre el concepto general de sostenibilidad y, acto seguido, sobre la noción más específica de sostenibilidad urbana. Posteriormente, se aborda el estudio de la ecología urbana como disciplina clave para afrontar los retos ambientales en la ciudad, exponiéndose las diferentes aproximaciones teóricas que ofrece esta rama de la ecología al estudio del medio urbano. En especial, se hace hincapié en dos perspectivas vinculadas a esta disciplina, las cuales están estrechamente relacionadas con el concepto de ecosistema urbano. La primera de ellas pone el énfasis en el análisis del metabolismo del ecosistema ciudad, a través del estudio de los flujos de materia y energía que atraviesan el sistema urbano y lo relacionan con su entorno. La segunda entiende la ciudad como un mosaico de hábitats, un paisaje ecológico complejo, muy fragmentado y dominado por la actividad humana, pero en el cual hay espacio para el mantenimiento de procesos

ecológicos de distinta naturaleza. Esta segunda perspectiva está más directamente vinculada con el análisis ambiental de los espacios libres urbanos, al ser éstos los ámbitos donde principalmente se desarrollan los procesos ecológicos dentro de un contexto intensamente antropizado; por este motivo, constituye la base teórica sobre la que se asienta el contenido de los dos capítulos siguientes.

A lo largo del tercer capítulo se abordan con una cierta profundidad las diferentes funciones ambientales que es capaz de desempeñar el espacio libre. Partiendo del concepto de servicio ecológico, se debate la capacidad de los ecosistemas de proporcionar bienes y servicios al ser humano, y se analiza el caso específico de los ecosistemas urbanos, esencialmente equiparables al conjunto de espacios libres de la ciudad. Acto seguido, se describe de forma individualizada cada una de las diferentes funciones ambientales del espacio libre: funciones hidrológicas, funciones relativas a la calidad del aire, funciones microclimáticas, funciones vinculadas a la biodiversidad urbana, y funciones relacionadas con el uso público y la calidad ambiental del espacio. Para concluir este bloque, se ofrece una reflexión sobre la necesidad de adoptar una perspectiva global de estudio, capaz de integrar estas diferentes funciones dentro de un solo marco conceptual y metodológico. Se expone así la idea de una *perspectiva territorial*, como aproximación integral al estudio de esta materia a través de la consideración explícita del territorio y su estructura como factores determinantes de la funcionalidad ambiental del espacio libre.

Siguiendo un desarrollo paralelo al del capítulo anterior, el cuarto capítulo intenta aportar una visión general de las diferentes aproximaciones metodológicas que actualmente se vienen desarrollando para el análisis de las distintas funciones ambientales consideradas. La revisión del estado actual de la cuestión se lleva a cabo de forma individualizada para cada una de las funciones ambientales. Para finalizar el capítulo, se reflexiona sobre la necesidad de contar con metodologías e instrumentos para el análisis integrado de las diferentes dimensiones ambientales del espacio libre; en este sentido, se vuelve a retomar la idea de la *aproximación territorial* definida en el bloque anterior.

En el quinto capítulo se presenta la síntesis de una metodología para el análisis ambiental integrado del espacio libre. La propuesta metodológica desarrollada toma como ámbito de referencia para su diseño el área metropolitana de Sevilla; por este motivo se ofrece, en primer lugar, una breve caracterización de los aspectos administrativos, territoriales y ambientales de este espacio, como base para la posterior exposición en detalle del proceso metodológico. El procedimiento propuesto intenta integrar algunas de las aportaciones conceptuales y metodológicas recientes que, a nuestro juicio, presentan un mayor interés, y que han sido recogidas en los capítulos

anteriores. Para concluir, se aporta una reflexión sobre las potencialidades y problemáticas detectadas en una evaluación previa a la aplicación de la metodología.

Tras la exposición de las conclusiones generales del trabajo, se ha decidido incluir como anexo un breve glosario, con la pretensión de ofrecer una definición o una aclaración conceptual para algunas de las nociones y términos utilizados en el documento. Se pretende así suplir algunas dificultades conceptuales que pueden derivarse de la naturaleza transdisciplinar de la obra, sobre todo en aquellos casos en los que se tiene que recurrir a terminología específica de una disciplina concreta, o bien en los que, por el contrario, pueda existir una cierta ambigüedad terminológica vinculada a la existencia de diferentes definiciones y aproximaciones para un mismo concepto.

Fuentes y referencias

El contenido de esta obra se basa, fundamentalmente, en tres tipos de fuentes bibliográficas y de referencia: publicaciones específicas sobre la materia de estudio, revistas científicas especializadas en diferentes campos de conocimiento vinculados directa o indirectamente al medio ambiente urbano, y estudios, proyectos y documentos técnicos relacionados con la funcionalidad ambiental del espacio libre. Actualmente, no existe una gran cantidad de obras sobre ecología urbana en el contexto español. En el contexto internacional hay una mayor proliferación de publicaciones en este campo, si bien muchas de ellas se limitan al estudio de la flora y la fauna urbanas; en muchos casos, las obras disponibles se constituyen como un agregado de aportaciones independientes de diferentes autores, careciendo de una verdadera estructura global que permita un tratamiento sistemático del estudio del medio ambiente urbano. Por otra parte, en lo que respecta específicamente al espacio libre y su dimensión ambiental, una buena parte de las monografías existentes abordan este tema desde la perspectiva arquitectónica y del diseño, un enfoque que sólo toca tangencialmente el interés de nuestro trabajo.

La escasez de obras básicas de referencia (entre las que pueden ejercer en mayor o menor grado esta función podemos destacar las obras de Sukopp y Werner, 1991; Salvo y García-Verdugo, 1993; Bettini, 1998; Fariña Tojo, 2001; Terradas, 2001; o Folch, 2003) ha sido suplida con el recurso a las revistas científicas especializadas. Destacan entre ellas publicaciones como *Urban Ecosystems* y *Landscape and Urban Planning*, cuyos contenidos y línea editorial encajan plenamente con el objeto de la presente publicación. La aportación de las revistas científicas ha sido de especial valor en los capítulos III y IV, dado que constituyen la fuente básica a la que se ha recurrido

para conocer el estado actual de la cuestión en materia de conocimientos teóricos y aproximaciones metodológicas a la funcionalidad ambiental del espacio libre.

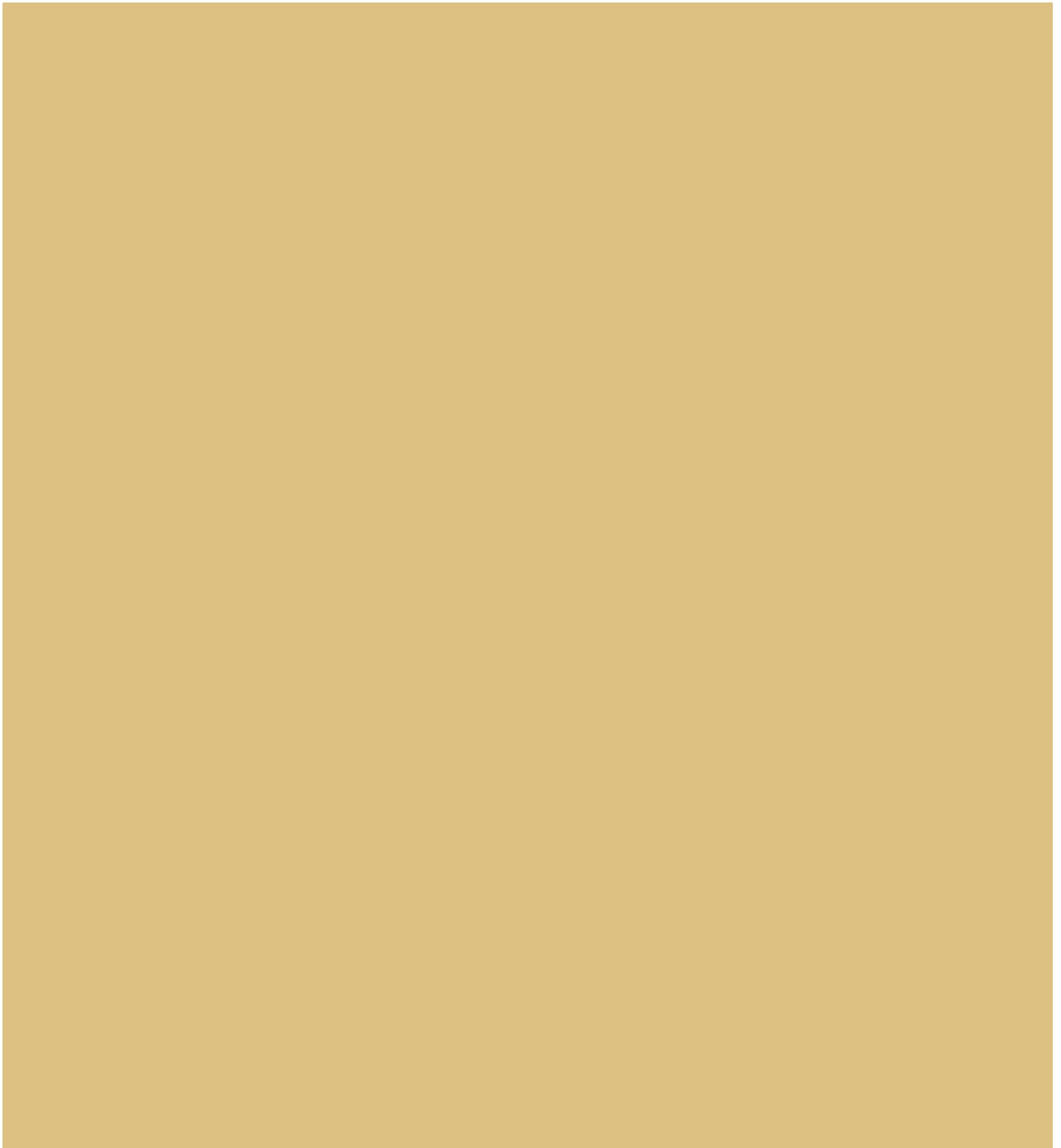
Por último, hay que citar la aportación de diferentes documentos, estudios y proyectos consultados en lo que respecta tanto a la parte teórica del texto como a la propuesta metodológica. Entre los proyectos a los que

se ha tenido acceso destacan los de la ya citada iniciativa *Greencluster*, en especial el proyecto URGE (*Urban Green Spaces*, 2004), así como otros que, a pesar de no tratar el tema de estudio de forma directa, sí han sido de gran interés para el desarrollo de determinados aspectos del texto (diversos ejemplos de aplicación de la *huella ecológica*, o el proyecto europeo Murbandy / Moland).



Capítulo I

**La relación entre espacio libre y ciudad:
precedentes históricos, modelos teóricos y
desarrollos conceptuales**



Introducción

El espacio libre es un concepto amplio, complejo, que puede ser abordado desde muy diversos puntos de vista (urbanístico, arquitectónico, sociológico, ambiental...), cada uno de los cuales aportará una definición concreta del mismo y una perspectiva de estudio específica. Esta diversidad de aproximaciones conduce a veces a una cierta ambigüedad terminológica, y puede llegar a generar confusión entre profesionales vinculados a diferentes campos disciplinares. Una de las muestras más evidentes de esta indefinición conceptual se percibe simplemente al preguntarnos qué tipos de elementos del tejido urbano pueden ser considerados parte integrante del sistema de espacios libres de una ciudad. Evidentemente, no habrá lugar a equívoco en lo que respecta a un parque urbano o un área ajardinada, espacios que encajan en la noción que de forma más o menos intuitiva todo el mundo posee del espacio libre. En cambio, sí pueden surgir dudas ante espacios más marginales, o ante zonas no vinculadas al uso público: por ejemplo, una zona baldía con vegetación espontánea integrada en el tejido urbano, o un espacio rural ubicado en la periferia; en función de la perspectiva de estudio que asumamos, estos elementos pueden o no ser identificados como componentes del espacio libre. De la misma forma, determinadas áreas destinadas al uso público, como plazas o paseos, generalmente consideradas espacios libres en el contexto del urbanismo o la arquitectura, pueden no tener cabida dentro de una concepción del espacio libre de carácter más ecológica o ambiental, debido a la ausencia en ellas de vegetación y al predominio de materiales artificiales en su composición.

La anterior reflexión nos lleva a la siguiente conclusión: cualquier proyecto o iniciativa cuyo interés se centre en el espacio libre debería aportar una definición precisa de este término, así como de la perspectiva de análisis asumida. Éste es precisamente el objetivo final de este primer capítulo: definir y delimitar el objeto de estudio de la presente obra. No obstante, antes de entrar de lleno en cuestiones estrictamente conceptuales, se ha considerado conveniente dedicar la primera parte del capítulo a la génesis y la evolución histórica de la idea de espacio libre; con este análisis preliminar

se pretende resaltar la riqueza y la diversidad conceptual asociada al objeto de estudio que nos ocupa, y proporcionar al lector una perspectiva más amplia para interpretar el espacio libre de la ciudad actual.

La estructura general del capítulo se articula en tres bloques principales. En primer lugar, se aborda el análisis de los precedentes históricos del concepto actual de espacio libre. Esta revisión histórica debe partir necesariamente de la noción primigenia de jardín, es decir, una porción de territorio bien delimitada en la que el hombre manipula y modela la naturaleza para adaptarla a sus propios fines, ya sean éstos productivos, estéticos, recreativos o simbólicos. A partir de esta idea primaria, el devenir de la historia verá sucederse muy diferentes aproximaciones al diseño y la concepción de los jardines: cada contexto histórico y cultural aportará una nueva funcionalidad, una nueva concepción estética y formal y un nuevo significado a sus creaciones particulares. A lo largo de este proceso, los espacios ajardinados van adquiriendo un papel cada vez más relevante en la configuración del tejido urbano y, en última instancia, se abren al disfrute de la población, primero como paseos arbolados y, posteriormente, sobre todo a partir del siglo XIX, como parques públicos, adquiriendo el rol recreativo y social que aún hoy en día desempeñan estos lugares en el seno de la ciudad actual.

En segundo lugar, se estudiarán un conjunto de modelos teóricos de desarrollo urbano (remontándose los primeros de ellos a las décadas finales del siglo XIX) en los que el espacio verde es considerado como un factor fundamental, no sólo de cara a la mejora de las condiciones de vida de los ciudadanos, sino también para conseguir una articulación más armónica entre la ciudad y su entorno rural y natural. A partir de las ideas derivadas de la concepción paisajística de los jardines, los espacios verdes dejan de ser considerados como elementos singulares y aislados dentro del tejido urbano, y pasan a convertirse en componentes de un sistema complejo y multifuncional, el sistema de espacios libres, básico para entender la estructura global de la ciudad.

Finalmente, el apartado que cierra el capítulo pretende abordar de forma sintética algunos de los desarrollos conceptuales que, con carácter

reciente, se han aproximado a la noción de espacio libre en sus diferentes facetas. Se tratarán así aspectos fundamentales como la definición, la escala de estudio y ordenación, la funcionalidad, las tipologías estructurales, etc. Dentro de la diversidad de perspectivas abordada se destacarán aquellos enfoques que se consideran más acordes con los planteamientos teóricos que se expondrán en el resto de capítulos.

Precedentes históricos: el espacio ajardinado y su evolución

Los apartados siguientes muestran una visión necesariamente sintética del proceso de evolución de los espacios verdes a lo largo de la historia. Por ejemplo, en aras de la brevedad, se ha optado por no entrar en el análisis de un ámbito tan rico y complejo como es el del jardín oriental. El texto se centrará así, de forma preferente, en el desarrollo del espacio ajardinado en el mundo occidental, abordándose también las antiguas civilizaciones de Oriente Medio y el Islam por su influencia directa en la configuración de la jardinería en el contexto del Mediterráneo. Para una profundización en la materia, se recomienda acudir a completas monografías sobre el tema, como las de Baridon (2005) o Turner (2005).

Los espacios verdes en el mundo antiguo

El concepto de jardín, entendido como espacio cerrado en donde el hombre ordena la naturaleza para dotarla de una función y de un significado específicos, hunde sus raíces en las primeras grandes civilizaciones de la historia de la humanidad. La historia y la arqueología nos muestran pruebas de la existencia de jardines ya en el segundo milenio antes de Cristo, tanto en el antiguo Egipto como en Mesopotamia y Persia. Estas creaciones tempranas son, a pesar de su carácter primigenio, un referente básico para el posterior desarrollo del arte de la jardinería. Algunas de las características tradicionales del jardín mediterráneo, como el empleo de canales y acequias para la distribución del agua, la creación de estanques, o la disposición geométrica de la vegetación, están ya presentes en los jardines persas y egipcios, donde aparecen de forma natural como una respuesta a las condiciones climáticas de estas regiones (Capel, 2002, pp. 223-224; Cowell, 1978, p. 12).

Este hecho es particularmente claro en el contexto egipcio, donde la escasez del agua y la dependencia absoluta del Nilo para el desarrollo de la vegetación hacen que el hombre deba extender el potencial generativo del río a través de canalizaciones y depósitos. De esta forma surge lo que podemos denominar como *jardín utilitario*, que no es más que el huerto dedicado a la producción de frutas y verduras, en el que el agua es “transportada

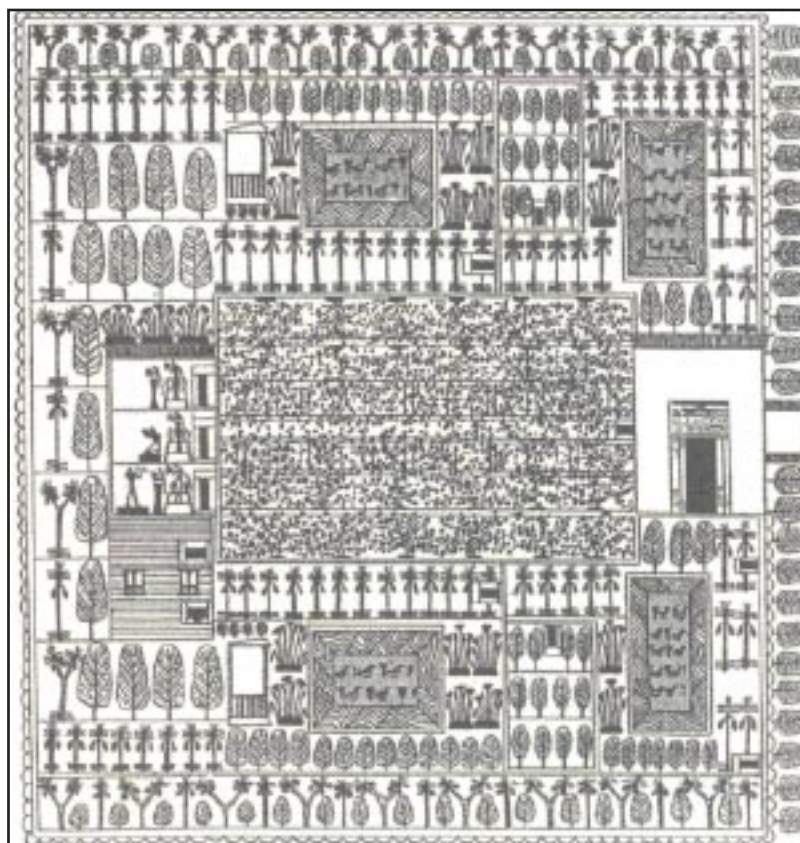
hasta los arriates, subdivididos por franjas de tierra levantada para que el riego llegara al suelo profundo sin dispersarse por arroyamiento” (Baridon, 2005a, p. 141). De ello se deriva que la configuración espacial del jardín alimentario adopte una distribución regular, en parterres con forma de damero. No obstante, se ha insinuado que la regularidad de las formas del jardín egipcio no es sólo una respuesta a la necesidad técnica del riego, sino que enlaza con una preferencia estética por lo rectilíneo, común a todo el arte egipcio (Cowell, 1978, p. 25). De hecho, esta misma estructura geométrica servirá de base para el desarrollo de los *jardines de placer o de ornato* del soberano y de los altos dignatarios (Turner, 2005, p. 30) (ver imagen en página 21); en este caso, sin embargo, los parterres son cultivados con flores diversas, las dimensiones tienden a lo grandioso, y el agua se usa de forma ostentosa. En palabras de Baridon, “los jardines, en tanto que estructuras, se organizaban en torno a grandes estanques rectangulares o en forma de T, a veces comunicados con el Nilo [...]; tales estanques estaban bordeados de galerías a las que daban sombra pérgolas en las que crecían viñas y cuyos muros y columnas estaban decorados con pinturas que representaban animales y plantas” (Baridon, 2005a, p. 146).

Un tercer tipo de jardín egipcio es el que corresponde a los templos y las edificaciones funerarias. La religión egipcia estaba basada en gran parte en la celebración de los ciclos de la naturaleza, lo que de forma lógica obtendría su reflejo en la creación de jardines de carácter sagrado. Aparte de los elementos anteriores (parterres, estanques), encontramos en los templos explanadas y grandes avenidas (a veces de dimensiones kilométricas, como en Tebas) plantadas de sicomoros, tarajes, sauces y palmeras; en la mayoría de los casos, las especies vegetales utilizadas tenían un fuerte componente simbólico (Cowell, 1978, pp. 22-24). Estos jardines estaban habitados a veces por animales sagrados, como ibis o babuinos. En la ciudad de Pi-Rammese se han encontrado restos de huesos de elefantes, leones y jirafas en lo que parece haber sido un jardín zoológico; en Karnak se mantenía a leones vivos encerrados en jaulas a la entrada de los jardines (Turner, 2005, pp. 40-41). Con unas dimensiones más modestas, los jardines funerarios ostentaban también un significado de carácter religioso; de hecho, en función de lo recogido en diversas inscripciones funerarias, parecen jugar un importante papel en el paso del fallecido a la otra vida (Baridon, 2005a, p. 151).

El concepto de jardín mesopotámico, por su parte, está indefectiblemente ligado en el imaginario actual a los jardines colgantes de Babilonia, una de las maravillas del mundo antiguo, cuya grandeza y fastuosidad han llegado hasta nuestros días a través de los textos históricos. A pesar de no tener datos sobre su estructura ni su localización exacta (de hecho, se ha sugerido que podrían haberse ubicado en Nínive y no en Babilonia; Turner,

2005, p. 84), parece claro que se trataba de una obra nacida de la combinación de amplios conocimientos en materia de botánica, arquitectura y tecnología hidráulica. Con independencia de esta grandiosa realización singular, la historiografía indica que, al menos desde el segundo milenio antes de Cristo, los soberanos del valle medio del Eúfrates poseían en sus palacios jardines con árboles ornamentales, flores, estanques y pabellones de reposo. Asimismo, los templos estaban rodeados de vergeles, al igual que en el ámbito egipcio, y existían grandes parques de caza, zonas boscosas cerradas para el ejercicio de este deporte real, en los que a veces se introducían especies exóticas de animales y plantas.

A pesar de la escasez de evidencias arqueológicas, parece claro que en el ámbito mesopotámico sólo el rey estaba en condiciones de disponer de un jardín propio: a diferencia de lo que ocurría en Egipto, la falta de seguridad y las frecuentes guerras a las que se veían sometidas las ciudades dificultaron el desarrollo de jardines privados (Cowell, 1978, pp. 29-31). Según Baridon (2005a, p. 162), el tipo de jardín palaciego desarrollado por los monarcas del imperio asirio es similar a los famosos *paraísos* de los soberanos del imperio persa, mejor conocidos. Los *paraísos* persas impactarían a los griegos y siglos más tarde terminarían siendo, a través de la literatura, una influencia fundamental para las creaciones romanas e islámicas. Un ejemplo bien estudiado de *paraíso* es el de Pasargada: un espacio ajardinado de grandes dimensiones, aunque de estructura sencilla y geométrica, utilizado por el rey como espacio de recreo y deleite, a la vez que como marco imponente para el ejercicio del poder. Es destacable en el diseño de los jardines persas la utilización por primera vez en la historia del *chahar bagh*: un área rectangular dividida por pequeñas canalizaciones de agua en cuatro parcelas idénticas; la estructura posee un potente significado religioso, ligado a la representación simbólica del universo. Como se verá más adelante, este elemento compositivo será retomado siglos más tarde por la jardinería islámica como una de las piezas básicas de sus magníficas creaciones.



Representación de un jardín egipcio.

Fuente: Maspero, 1895; tomado de Baridon, 2005a, p. 148.

El jardín griego y romano en la antigüedad clásica

En la Grecia clásica, el desarrollo de los jardines parece sufrir un relativo declive en comparación con los avances logrados por otras civilizaciones en este campo; una situación que contrasta con el espectacular progreso de los griegos en otras artes y campos de conocimiento. Se han apuntado diversas causas para este fenómeno; por ejemplo, se cita el hecho de que el sistema democrático griego no permitía la concentración de poder y de medios financieros suficientes como para afrontar la construcción de grandes jardines, similares a los de las clases dirigentes de Oriente Medio; también se ha sugerido que los griegos, como queda reflejado en su producción literaria, tenían

una mayor sensibilidad que otras culturas ante el paisaje natural, y por ello no eran tan dados a la manipulación de la naturaleza a través de la práctica de la jardinería (Baridon, 2005a, p. 180). Un tercer factor a tener en cuenta es la cuestión de la seguridad: las ciudades griegas mantenían frecuentes guerras contra sus vecinos (a causa de la ausencia de un poder central como en Egipto o Persia) y también contra potencias extranjeras. Esto obligaba a que las ciudades estuvieran protegidas por murallas, quedando relegado el disfrute del campo a la zona extramuros (Turner, 2005, p. 49).

Poco se conoce de la jardines de la Grecia arcaica. Turner se remite a la obra de Homero para estudiar las creaciones del periodo pre-clásico: la *Iliada* y la *Odisea* recogen al menos tres tipos de jardín: patios o jardines domésticos, jardines productivos, y bosques o arboledas sagradas (Turner, 2005, p. 53). Más información se dispone, en cualquier caso, de los jardines del periodo clásico y helenístico. Se puede afirmar que algunas de las realizaciones griegas en esta época supusieron notables avances, sobre todo en el plano de la funcionalidad. Según Rodríguez-Avial (1982, p. 18), es en el contexto griego donde los jardines adquieren por primera vez una función pública, que contrasta tanto con el jardín-huerto de finalidad productiva como con el jardín de recreo exclusivo de las clases privilegiadas. En Ate-

nas, el terreno urbano estaba estrictamente repartido entre los habitantes, por lo que no existía espacio para el desarrollo de jardines dentro de la ciudad; la vegetación se veía desplazada hacia los suburbios, donde se ubicaban las huertas y los denominados *gimnasios*. En palabras de Baridon, el *gimnasio* constituía una mezcla de “parque público, bosque sagrado y complejo deportivo” (2005a, p. 182); espacios tan conocidos como el Liceo (donde se ubicaba el primer jardín botánico), la Academia y los “jardines de los filósofos”, mencionados por Estrabón, entrarían dentro de esta categoría. Su vocación era claramente multifuncional, sirviendo la vegetación de marco idóneo tanto para la actividad física como para la reflexión filosófica. Sabemos que Platón, Aristóteles, Teofrasto o Epicuro establecieron de una u otra forma una vinculación entre la actividad intelectual y el disfrute de los jardines; no obstante, no se trataba de entornos que respondieran a un diseño formalizado, no eran mantenidos con regularidad, ni estaban adornados con flores, estatuas u otros elementos comunes a la jardinería posterior, sino que tendrían un carácter más natural (Cowell, 1978, p. 45). Para Bettini (1998, p. 315), es remarcable la permanencia de un valor sagrado de la vegetación en estas creaciones: al igual que para las civilizaciones anteriores, la presencia divina es percibida por los griegos en el ambiente natural de los jardines, como reflejo de una visión panteísta de la naturaleza.

En el periodo helenístico, la centralización del poder a manos de Macedonia cambia radicalmente el contexto para la realización de espacios verdes: a partir de ese momento se dan las condiciones de seguridad y prosperidad necesarias para el desarrollo completo del arte de la jardinería. El mundo griego se abre a las influencias asiáticas, y comienzan a proliferar en el contexto mediterráneo ciudades con grandes jardines como Bizancio, Siracusa, Nápoles, Marsella, Pérgamo, Alejandría o Antioquía (Turner, 2005, p. 61). Como ejemplo de la fastuosidad y del grado de refinamiento de las creaciones helenísticas, se suele citar el jardín creado por Hieron II, rey de Siracusa, alrededor del año 235 antes de Cristo: estaba ubicado en una nave diseñada a tal efecto, e incluía una cuidada y abundante vegetación y un gimnasio. Aunque se trata de una creación orientada fundamentalmente al placer, el elemento simbólico y religioso permanece aún en el diseño a través de la incorporación de un altar a Afrodita (Thacker, 1979, p. 19).

El jardín romano recogerá la influencia griega, e incorporará también numerosos elementos orientales, heredados de las civilizaciones persa o egipcia. Se trata, por tanto, de una creación de carácter eminentemente cosmopolita, abierta a las innovaciones e influencias exteriores; no obstante, al mismo tiempo se intentará mantener, al menos en el plano conceptual, un vínculo con las raíces originarias de la cultura romana. En este sentido, se puede afirmar que una de las dimensiones fundamentales del

jardín romano es su carácter identitario, de lazo de unión con la tierra nutricia y con los orígenes rurales de la civilización romana.

Los primeros jardines, íntimamente ligados a la herencia del *hortus*, serán asociados a menudo con una forma de vida y unos valores morales (sencillez, huida del lujo innecesario) que algunas personalidades romanas no dudarán en reivindicar en los periodos de mayor esplendor y fastuosidad del Imperio. Esta dimensión simbólica del jardín romano se plasma, por ejemplo, en los huertos y vergeles de la periferia urbana de Roma descritos por Varrón (Baridon, 2005a, p. 225; Cowell, 1978, p. 51). Sin embargo, las creaciones romanas no tardarán en adquirir con el paso del tiempo un carácter muy distinto, alejado de este sentido de “pertenencia a la tierra”. El jardín se transforma progresivamente en un espacio diseñado para hacer ostentación del poder, un instrumento para la exhibición de las clases más privilegiadas. El contexto político y económico favorece este cambio de significado: a diferencia de lo que ocurría en Atenas, la expansión de Roma y su estructura económica permiten el surgimiento de grandes dominios ligados a la concentración de capital (Cowell, 1978, p. 46). Surgen así las villas, con sus lujosos y refinados jardines, que son, antes que nada, símbolos de la ambición de sus propietarios. Estas magníficas construcciones pueden alcanzar grandes dimensiones, integrando una multitud de elementos compositivos: hipódromos, ninfeos, termas, teatros, etc.; el ejemplo más extremo sería la Villa de Adriano en Tívoli, un verdadero complejo de 160 hectáreas, que en la práctica constituye casi una pequeña ciudad (Thacker, 1979, p. 23) (ver imagen en página 23).

Las villas influirán en el desarrollo de los jardines de las ciudades, cuyas dimensiones serán necesariamente más modestas, pero que incorporarán muchos de los elementos presentes en aquéllas. Los restos de Pompeya y Herculano muestran cómo las casas urbanas, al contrario de lo que sucedía en la Grecia clásica, tenían espacio para el jardín: disponían de espacios abiertos interiores para la vida familiar o el entretenimiento (*atrium*, *peristilum*) o para el cultivo de vegetales y frutas (*hortus* o *xystus*) (Turner, 2005, pp. 67-68). La pintura de paisajes y escenas mitológicas se incorpora al diseño de estos espacios privados, así como el tratamiento ornamental de la vegetación; surge así el arte de la *topiaria*, que siglos más tarde será reivindicada en el Renacimiento y adquirirá un importante papel en el desarrollo posterior de la jardinería (Capel, 2002, p. 228).

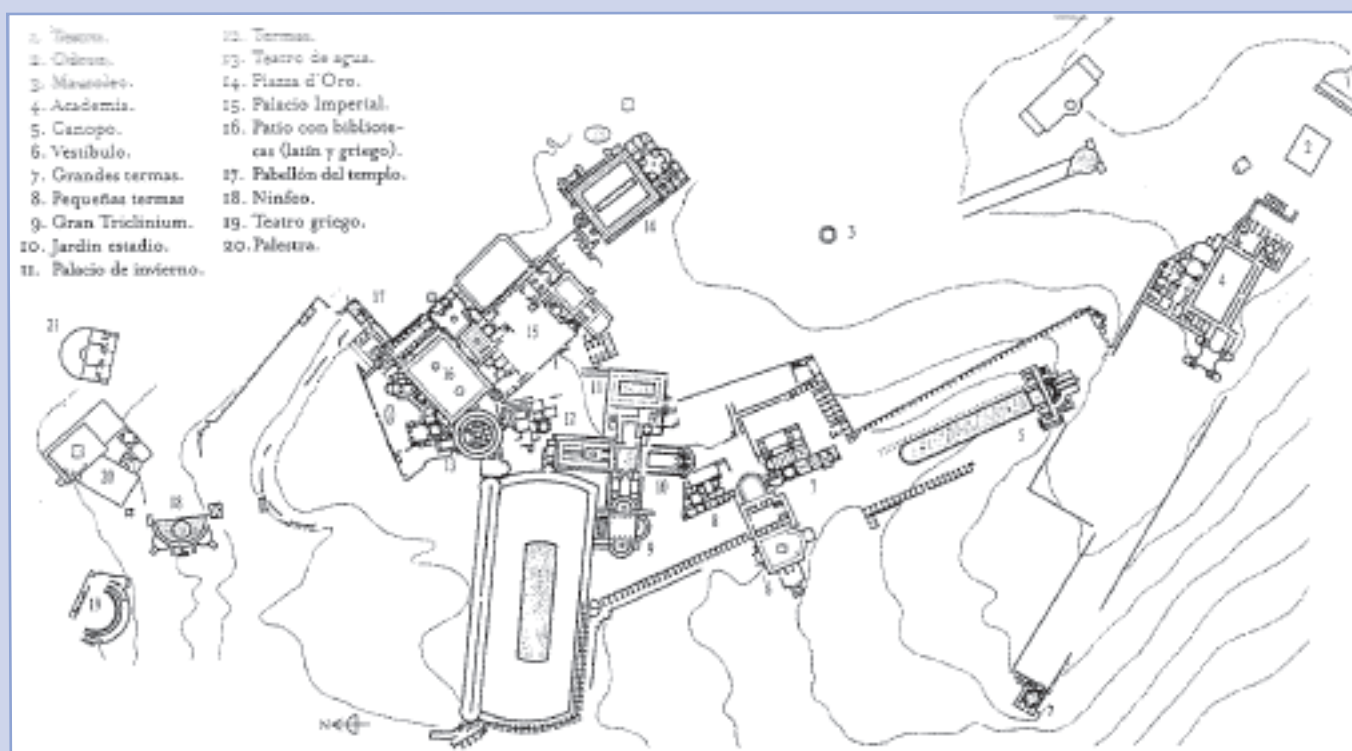
Hay que remarcar que algunas personalidades del mundo romano percibieron el jardín de las villas de una forma muy diferente al que se ha descrito: en ocasiones, el espacio ajardinado se constituye en una vía de escape para los urbanitas, el escenario ideal para disfrutar de una vida relajada, alejada de las molestias y el agobio de la metrópoli imperial. Al mismo tiempo, el jardín vuelve a asumir su función como marco para la re-

flexión, el debate y la actividad intelectual, hecho que queda perfectamente plasmado, por ejemplo, en los escritos de Cicerón, donde se defiende esta vinculación entre vida cultural y entorno natural. Desde un punto de vista estético, las villas se convierten a menudo en verdaderos museos de piezas de arte obtenidas en los rincones más remotos del Imperio, y suponen una fusión perfecta entre arquitectura, jardinería y arte.

Como recuerda Rodríguez-Avial (1982, p. 19), es en esta época en la que se producen las primeras iniciativas de transformar en espacios de

El jardín medieval en Occidente

Se puede afirmar, sin caer en una generalización excesiva, que durante la Edad Media el arte de la jardinería sufre en Occidente un notable retroceso con respecto a los niveles de refinamiento alcanzados en la antigüedad; se trata simplemente de un proceso paralelo al que ocurre con el resto de las artes y disciplinas de conocimiento. Ello no quita que, a lo largo del medioevo, se perciba una cierta evolución que conducirá finalmente a la



Jardín de la Villa de Adriano en Tivoli. Fuente: Baridon, 2005a, p. 211.

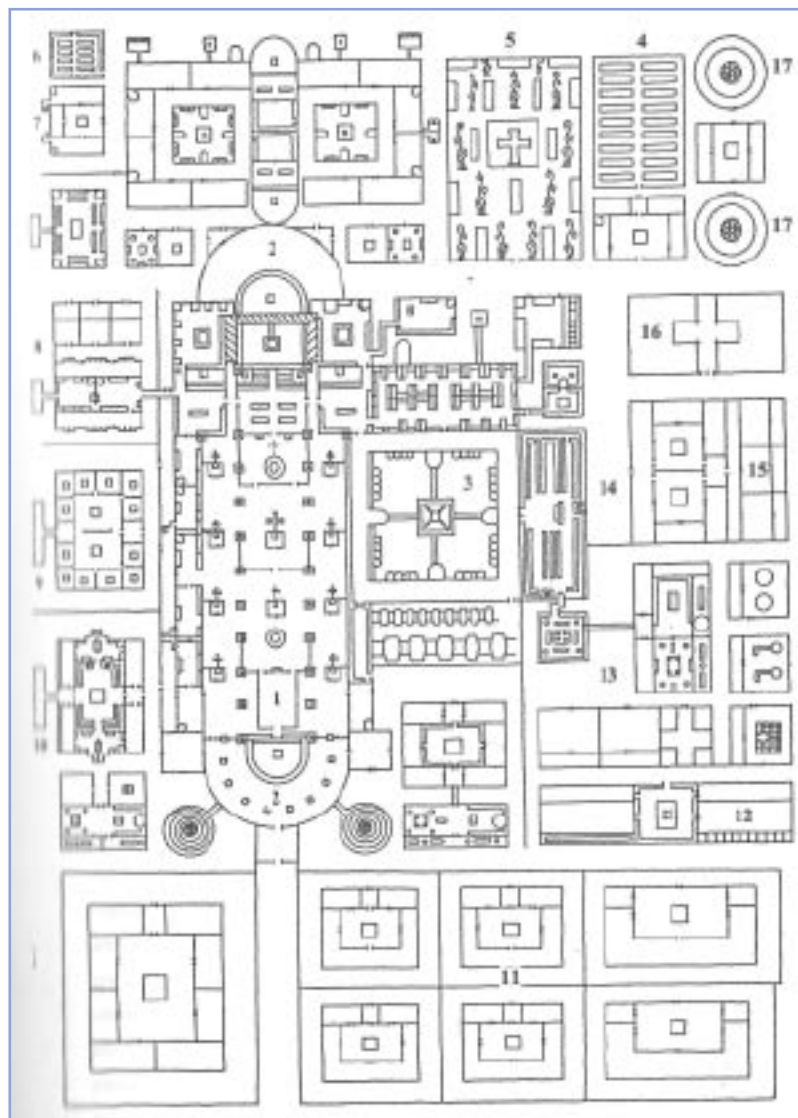
uso público jardines y espacios verdes que anteriormente han pertenecido a las clases privilegiadas. Uno de los primeros ejemplos de este fenómeno, el famoso pórtico de Pompeyo en Roma, pasará a ser un espacio público tras la muerte del cónsul. Diversos emperadores seguirán posteriormente esta pauta, dotando a sus creaciones de un nuevo sentido: el de la permanencia de su recuerdo y de su prestigio a través de la huella dejada en la metrópoli romana.

recuperación de las influencias clásicas en el Renacimiento. Es necesario identificar, por tanto, distintas etapas dentro de este proceso.

En la Alta Edad media, la representación de la vida vegetal se carga de contenidos religiosos, de significados sagrados. Más allá de la producción de recursos, la relación del hombre con el medio natural se limita estrictamente al plano simbólico: la naturaleza se aparece a la filosofía medieval como un "alfabeto" a través del cual Dios habla a los hombres

y revela el orden de las cosas (Turner, 2005, p. 109). Se pierde así el placer estético que las anteriores civilizaciones encontraban en la mera contemplación de las plantas y animales; la curiosidad científica ante los fenómenos naturales, que es el germen de las innovaciones en cuanto a las técnicas de cultivo o el uso del agua, se repliega ante el triunfo de las creencias y las supersticiones. La arquitectura se convierte en el marco idóneo para la representación iconográfica y sagrada de lo natural, en detrimento del jardín (Baridon, 2005b, p. 230). Si en algún lugar persiste la herencia de la tradición clásica es en los claustros y los huertos de los monasterios. Aunque tanto el *hortus* para la producción de alimentos como el *hortus* botánico, dedicado al cultivo de plantas medicinales, tenían una finalidad ante todo utilitaria, en su estructura reflejan elementos clásicos, como la configuración geométrica y la simetría de los parterres; estos rasgos quedan perfectamente plasmados, por ejemplo, en los planos de la abadía de Saint Gall (ver imagen). Algunos autores afirman que esta cuidada geometría del jardín medieval y sus subdivisiones constituye la base sobre la que se asentará siglos más tarde el desarrollo del jardín formal del Renacimiento (Thacker, 1979, p. 84).

El diseño de jardines comienza a mostrar signos de cambio a partir del llamado *renacimiento carolingio*, entre los siglos VIII y IX, y sobre todo a partir de los siglos XII, XIII y XIV (Baridon, 2005b, pp. 221 y ss.; Cowell, 1978, p. 88). A medida que se avanza hacia el Renacimiento, se percibe un progresivo reconocimiento o reivindicación de la naturaleza, del paisaje, como elementos a apreciar y a estudiar con independencia de su valor simbólico; son avances que van en paralelo a un mayor desarrollo del na-



Plano de los jardines de la Abadía de Saint Gall.

1 iglesia, 2 paraíso, 3 claustro, 4 jardín, 5 vergel-cementerio, 6 jardín medicinal, 7 enfermería, 8 casa del abad, 9 escuela, 10 alojamiento de huéspedes de paso, 11 animales, 12 cuadras, 13 panadería y cervecería, 14 refectorio, 15 almacenes, 16 granja, 17 corral.

Fuente: Heitz, 1980; citado por Baridon, 2005a, p. 261.

turalismo y el realismo en las artes, y un mayor progreso en el ámbito científico y técnico. El jardín de recreo, que comienza a desarrollarse en el interior del recinto fortificado de los castillos, empieza a ser glossado de nuevo en la literatura. En 1206, San Alberto Magno describe cómo crear un "jardín de placer", diseñado a base de formas geométricas, poblado de árboles provisosores de sombra y con una cuidada selección de flores que aportan colores y aromas agradables al entorno (Turner, 2005, p. 120). Petrarca y, posteriormente, los primeros humanistas del protorrenacimiento italiano reivindicarán el jardín como espacio idóneo para el diálogo filosófico, sin duda influenciados por la lectura de los clásicos. Desde los siglos XI y XII hay testimonios de la existencia de jardines en algunas casas privadas y en monasterios urbanos en las ciudades italianas; la abundancia de estos espacios se incrementará con el tiempo, siendo notable a finales de la Edad Media (Capel, 2002, p. 230). Los burgueses imitaban en sus creaciones los elementos y características propias de los jardines de los castillos: muros cubiertos de vegetación, pérgolas, asientos, parterres de hierba o de flores, fuentes y estanques, etc. (Turner, 2005, p. 129).

Estos espacios no constituían en su conjunto lo que hoy se denominaría una trama verde urbana: se trataba en su mayor parte de jardines cerrados, aislados mediante tapias y muros de la población que recorría las calles. No obstante, hay también lugar en la ciudad medieval para los espacios libres abiertos. Según indica Bettini (1998, p. 318), en numerosas ciudades centroeuropeas se produce en este periodo un proceso de expansión de las murallas de la ciudad, que lleva implícito la inclusión de espacios sin edificar en la zona de intramuros. La ampliación del recinto amurallado



Jardines de los Reales Alcázares. Sevilla

se llevaba a cabo en previsión de crecimientos futuros, lo que hacía que estos espacios permanecieran durante mucho tiempo sin construir, siendo ocupados en ocasiones por grandes conventos o, en la mayoría de los casos, permaneciendo como huertos urbanos semejantes a los situados en el exterior. Este hecho supone sin duda una penetración de lo natural, de la campiña, en el seno de la ciudad. Además, si exceptuamos las urbes de mayor importancia, en la mayoría de los casos la ciudad medieval poseía unas dimensiones modestas, lo que determinaba que los campos estuvieran como mucho a unos centenares de metros de distancia, y las actividades agrarias se imbricaban en la ciudad. Esta estrecha conexión entre lo rural y lo urbano, así como el carácter productivo de muchos espacios verdes de intramuros (se puede citar, por ejemplo, la existencia de prados públicos en el interior de las ciudades que, junto con los atrios de las iglesias, daban alimento al ganado y, a su vez, eran mantenidos en buen estado por la presencia de éste), llevan a autores como Mumford (1961) y Hough (1998) a defender la ciudad medieval como modelo de integración de la ciudad en el entorno. Mumford (1961; citado por Hough, 1998, p. 10) afirma que

la cantidad de espacio útil al aire libre por número de habitantes dentro de las urbes medievales no ha sido superada por ninguna forma posterior de ciudad. Algunos rasgos de la ciudad medieval como, por ejemplo, el mantenimiento de conexiones visuales con el campo o la existencia de numerosos espacios no construidos dentro de los límites de la ciudad (como los citados huertos o espacios ganaderos), no se perderán, en muchos casos, hasta la revolución industrial.

El jardín islámico

La enorme expansión que experimenta el Islam a partir del siglo VII favorece que el jardín islámico se configure a partir de una gran diversidad de elementos heredados de las culturas propias de los territorios conquistados. La herencia clásica y, sobre todo, la influencia de la tradición de Oriente Medio son especialmente relevantes en este proceso; como indicábamos anteriormente, la adopción del *Chahar Bagh* como elemento compositivo, es una clara muestra de ello. A pesar de todo, el jardín islámico consigue desarrollar

una identidad propia muy potente, gracias a la cual es posible identificar un carácter unitario incluso en realizaciones muy distantes geográficamente.

Esta personalidad queda perfectamente reflejada en su forma más fastuosa en los grandes jardines creados por monarcas o autócratas. Baste citar algunos ejemplos bien conocidos, como los jardines de Tamerlán en Samarcanda, o las creaciones andaluzas de la Alhambra, el Generalife o Medina Azahara (Capel, 2002, p. 228). Estas construcciones tienen una doble función: por un lado, suponen un medio idóneo para mostrar el poder del soberano e impresionar al visitante extranjero; por otro, tienen una clara finalidad hedonística, donde la combinación del lujo con una cuidada disposición de los elementos naturales supone un marco excepcional para el goce de los sentidos, una invitación a la sensualidad que, a diferencia de lo que ocurre en el Occidente medieval, no es en absoluto ilícita a los ojos de la religión. De hecho, dado que el paraíso coránico se identifica con un jardín colmado de placeres, se puede afirmar que la dimensión religiosa de la jardinería árabe se expresa a través de este carácter hedónico. La influencia de la religión se plasma también en la génesis de la estética de los jardines islámicos: la prohibición de la representación de animales impuesta por los *hadiths*¹ es uno de los factores que ayudan a explicar la tendencia a la geometría y a las formas abstractas características de las creaciones del arte islámico en general, y de los jardines en particular (Baridon, 2005b, p. 23).

Aparte del orden geométrico en la configuración de los espacios, otro elemento fundamental del jardín islámico es el uso del agua, cuyo papel fundamental está condicionado, al igual que ocurría en los jardines persas y egipcios, por la dura climatología de la mayoría de las regiones por las que se extiende el Islam. Las técnicas desarrolladas por egipcios y persas para el transporte y almacenamiento de agua experimentan en este periodo un progreso espectacular; en ocasiones, como ocurre con los jardines creados por el *sha* Jahan en Shalamar, se llegan a realizar impresionantes obras de ingeniería hidráulica, como la desviación de cauces fluviales o la construcción de grandes canales (Capel, 2002, p. 228). Al mismo tiempo, el trabajo del agua por parte de los jardineros islámicos tiene como objetivo la creación de ambientes frescos y agradables, en los que la temperatura ambiente en el jardín es moderada a través de la proliferación de estanques, fuentes y canales.

Según señala Capel (2002, p. 229), es posible observar, al menos para el caso del enorme conjunto monumental de Isfahan y sus imponentes espacios ajardinados, una embrionaria relación entre el jardín y el diseño urbano. Para este autor, se trataría de uno de los primeros ejemplos en los que se establece un claro vínculo entre la urbanística y la creación de espacios ajardinados, una relación que en Occidente se desarrollará sobre

1. Compilaciones de índole religiosa escritas después de la muerte de Mahoma.

todo a partir del Renacimiento y el Barroco con el nacimiento del denominado jardín formal. La jardinería deja también su huella en la ciudad islámica a través de los jardines urbanos de carácter privado, espacios que, a diferencia de los huertos y espacios verdes de muchas ciudades cristianas medievales, tienen un sentido más estético que productivo: destinados al aislamiento, la intimidad y el deleite de los sentidos, se conciben como una prolongación de la vivienda hacia el interior y mantienen la intimidad con respecto al exterior del edificio (Rodríguez-Avial, 1982, p. 19).

El jardín formal del Renacimiento a la Ilustración

A lo largo de la segunda mitad del siglo XV y durante el siglo XVI se produce en el ámbito occidental una evolución desde la perspectiva bucólica de los jardines protorenacentistas, marcada por la apreciación estética de la naturaleza y la vida rural, hacia unas preferencias más artificiosas y complejas, en las que lo natural se ve sometido al dictado del arte. Este proceso está condicionado por la renovada influencia de la tradición clásica, como queda de manifiesto, por ejemplo, en la reivindicación que León Battista Alberti hace de la *topiaria* romana. A la recuperación de la escultura vegetal se unirá la proliferación de grutas, ninfeos, esculturas y elementos arquitectónicos, lo que en ocasiones convertirá al jardín en un espacio de exhibición, de carácter casi museístico. Se retorna a la idea, sostenida por Aristóteles o Vitrubio, de que la naturaleza debe ser corregida y completada a través de la intervención humana. Esta línea de pensamiento facilita la progresiva interrelación entre jardinería y arquitectura, e incluso la supeditación de la primera a la segunda, a través de la incorporación de elementos como escalinatas, rampas o terrazas. El jardín del Belvedere, modelo de referencia para múltiples creaciones posteriores, es una muestra perfecta de la culminación de esta perspectiva, donde el jardín es "una construcción en donde la arquitectura supera a la naturaleza" (Capel, 2002, p. 232).

Por otro lado, se comienza a reivindicar el papel del paisaje como un factor a tener en cuenta. Alberti recomienda buscar localizaciones que permitan contemplar, desde lo alto la ciudad, las tierras del propietario, el mar o las montañas: un escenario natural que enmarque la delicadeza de la creación artística del jardín; el sol o la brisa son también elementos a considerar en el diseño (Thacker, 1979, p. 95). El cambio del *hortus conclusus* medieval, encerrado en sí mismo, al jardín renacentista abierto hacia su entorno físico y modelado por la arquitectura y el arte, es un potente símbolo del cambio de mentalidad de la época (Turner, 2005, p. 140). Si el jardín medieval pertenece por completo al mundo de la simbología cristiana, el jardín renacentista se abre a un mundo hedonístico y pagano (Thacker, 1979, p. 96).

El denominado jardín formal del Renacimiento, cada vez más complejo y extenso en su evolución, posee una serie de elementos característicos (formas regulares, trama ortogonal, fuentes, terrazas, laberintos, escaleras y rampas...) y una preocupación por el valor escénico, que lo convierten en campo de pruebas idóneo para el desarrollo de propuestas novedosas que luego serán adoptadas por el urbanismo. Así, el jardín de Villa Montalto, encargado por Sixto V en su etapa de cardenal, fue concebido como un ensayo ("resumen anticipado") de la posterior reordenación urbana de Roma (Capel, 2002, p. 237). Los jardines son planificados por primera vez a una escala generosa y con el mismo cuidado y detalle que los arquitectos o pintores aplicaban a sus obras (Cowell, 1978, p. 140).

El periodo manierista, primero, y luego el barroco, potenciarán el sentido dramático y escénico de los jardines; el jardín es el marco ideal para el desarrollo de la fiesta en todas sus vertientes: desfiles, teatros, carnavales, frecuentes en la corte y ahora también disponibles para el disfrute público (Capel, 2002, p. 239). Los avances en las ciencias también dejarán su huella en las realizaciones de esta época. El interés por la botánica fomenta la diversificación de la vegetación de los parques, a través de la introducción de especies ornamentales, gran parte de ellas exóticas; muchos jardines terminarán atesorando valiosas colecciones botánicas, que servirán como campo de estudio y experimentación en esta materia. El jardín es también un espacio para la innovación en materia de tecnología hidráulica, cuya finalidad consiste tanto en aportar agua a la abundante vegetación de espacios cada vez más extensos, como en alimentar fuentes y juegos de agua de una complejidad creciente (ver imagen en página 28). Es notable también la aparición en esta época de la perspectiva higienista, preocupada por la salubridad de los espacios, que más tarde será decisiva en el urbanismo del siglo XIX; asimismo, hay que mencionar los avances en el plano de la agricultura, sobre todo ligados al desarrollo de jardines



Jardines de los Reales Alcázares. Sevilla

en villas y casas de campo, donde la estética y el refinamiento se integran con la finalidad básicamente productiva del terreno.

En el periodo ilustrado el disfrute de los grandes jardines deja de ser patrimonio exclusivo de la corte y las clases sociales privilegiadas. Como indica Capel (2002, p. 250): "durante el siglo XVIII las ideas sobre el embellecimiento de la ciudad se amplían desde el entorno del palacio del príncipe hasta el conjunto del espacio urbano, en una amplia dimensión, teorizada por arquitectos y urbanistas (como Blondel, Patte o Lugier), que incluye desde las infraestructuras al ornato de los edificios y la construcción de jardines y paseos. Comodidad de la población, ornato y magnificencia del príncipe se aliaron para dar a las ciudades unas dotaciones que se van extendiendo desde las cortes a los núcleos más pequeños".

Adquiere así impulso el concepto de verde público, y el diseño de parques y jardines abiertos a la ciudadanía se introduce en el planeamiento de las ciudades, adquiriendo nuevas funciones. Las ideas aplicadas a los grandes jardines barrocos tendrán así una poderosa influencia en la planificación urbana de grandes capitales (Roma, París, Berlín) y en villas residenciales para la nobleza y la corte (Versalles, Postdam, San Petersburgo o Aranjuez) (Turner, 2005, p.167). Por la claridad con la que muestra esta perspectiva urbanística, se puede citar el *Dizionario delle Belle Arti del Disegno*, del urbanista italiano Francesco Milizia (1797; citado por Bettini, 1998, p. 344), en el que el autor expone las ventajas de la vegetación desde el punto de vista de la higiene urbana, ya que constituye "un elemento para la purificación del aire viciado". Añade: "los jardines públicos deben considerarse una necesidad fundamental de la ciudad". En la concepción del verde urbano de Milizia se esboza la noción de *sistema verde*, que englobaría, junto a los espacios ajardinados públicos, los jardines privados de las viviendas, y se completaría con un anillo verde en torno a las murallas de la ciudad, "que se pueden embellecer con caminos, bancos y parterres".

El desarrollo de grandes ejes o avenidas en el jardín barroco influye en la creación de avenidas en las periferias de las grandes ciudades (Turner, 2005, p. 166). Así, en Francia proliferarán los bulevares, viales arbolados que se proyectan hacia la campiña, fruto de la transformación de los antiguos baluartes defensivos. Para Bettini (1998, p. 320), el verde público adquiere en esta época un importante significado social, especialmente durante la Revolución Francesa, dado que los espacios verdes ya no son un disfrute exclusivo de las clases sociales elevadas: en jardines y parques públicos, el pueblo puede pasear libremente al lado del poderoso o del aristócrata, lo que nunca hubiera podido ocurrir en los exclusivos jardines de Versalles. El espacio verde adquiere, por tanto, un valor social e identitario, favoreciendo un proceso de "autoidentificación" en un doble sentido: como individuo, y como miembro de una sociedad (Rabreau, 1991, p.105; citado por Capel, 2002, p. 250).

Los paseos, "salones" y alamedas proliferan en las ciudades europeas y americanas, pero también ven la luz otras propuestas urbanísticas de gran interés, como los plantíos o plantaciones arbóreas de carácter multifuncional. Así, en su *Plan General de Mejoras* propuesto al Ayuntamiento de Gijón, Jovellanos expone la necesidad de plantar pinos en el arenal que se extiende fuera de la cerca de la ciudad y desde la orilla del mar a los caseríos de Ceares, justificando la iniciativa en base a cuatro beneficios sensibles: el aprovechamiento de la plantación como bien de propios de la ciudad, la fijación de las arenas y la reducción de los riesgos asociados a los movimientos de arenas, la mejora del suelo y la creación de claros para el pasto del ganado, y el embellecimiento estético (Capel, 2002, p. 252). Esta nueva perspectiva reconoce de forma explícita y con un claro carácter anticipatorio las funciones económicas, ambientales y territoriales del verde urbano.



Grabado del jardín de la Villa Aldobrandini o Belvedere en Frascati

El jardín paisajista y su evolución

Como se ha visto, el jardín formal, cuya máxima expresión es la escuela barroca francesa, es un espacio donde la naturaleza ha sido completamente domesticada a voluntad de su dueño, gracias al arte y la tecnología (Thacker, 1979, p. 143). En oposición directa a este modelo surge una nueva concepción del jardín como espacio natural, o más bien, como imitación o recreación de la naturaleza. Esta perspectiva, que en opinión de Capel (2002, p. 276) vendría a representar la idea de lo *dionisiaco* aplicada a la jardinería frente al carácter *apolíneo* del jardín formal, encuentra sus raíces en la antigüedad, especialmente en los bosques sagrados y el carácter religioso que las culturas antiguas otorgaban a la naturaleza virgen. La materialización explícita de esta asociación entre jardín y naturaleza se produce a través del llamado jardín paisajista, desarrollado en Inglaterra a partir de las últimas décadas del siglo XVII, y posteriormente difundido al resto del ámbito occidental. Surgido quizá como una respuesta a la monotonía del jardín formal, e inspirado por ideales primero neoclásicos y poste-

riormente románticos (Turner, 2005, p. 187), el jardín paisajista, también denominado informal, natural, o inglés por asociación con su país de origen, muestra una serie de rasgos (Capel, 2002, p. 277) que permiten caracterizarlo de forma inequívoca:

- En su forma, el jardín imita a la naturaleza, o mejor dicho, representa una imagen idealizada de lo natural, ligada a la ausencia de intervención humana. Se evita así el uso de formas regulares o de la línea recta, al ser elementos que no están presentes en la naturaleza. Eso sí, esta pretendida huida de lo artificial, de la manipulación antrópica del entorno, no impide que los diseñadores de estos espacios acometan transformaciones de gran calado en el medio, como la creación de lagos o bosques allí donde no existían.



Jardines de los Reales Alcázares. Sevilla



Jardines de los Reales Alcázares. Sevilla

- El diseño de los jardines muestra una especial preferencia por el paisaje rural. En el contexto británico, este rasgo parece, antes que nada, una consecuencia del tradicional aprecio inglés por el entorno campestre y por las áreas boscosas, pudiendo considerarse el jardín paisajista como una mera continuación de una tendencia histórica.

- El jardín paisajista prescinde de la dimensión simbólica e iconográfica del jardín formal, cuya estructura y elementos constitutivos a menudo están configurados como verdaderos códigos cargados de significado. Esto no quiere decir que la jardinería paisajista vacíe de contenido semántico a sus creaciones; pero sí es cierto, al menos, que ahora los significados que encierra el jardín están menos presentes y se manifiestan a otra escala (Capel, 2002, p. 279).

Si bien las bases fundamentales del estilo se desarrollan en Inglaterra entre finales del siglo XVII y mediados del XVIII, el jardín informal no tarda en extenderse a otros países, a lo largo del setecientos y hasta principios del ochocientos. En muchas ocasiones, la nueva tendencia obliga a transformar antiguos jardines de diseño formalista. Puede afirmarse que este tipo de intervención supone una novedad desde el punto de vista histórico, dado que, anteriormente, una vez un espacio era transformado por la acción humana, no se volvía a modificar a menos que ocurriera una catástrofe. La readaptación de los espacios existentes a las nuevas modas y corrientes de pensamiento y apreciación estética constituye, en opinión de Capel (2002, p. 284), un signo de que la humanidad entra en una nueva etapa; en cualquier caso, podría entenderse como un precedente de las intervenciones y reformas que, sobre espacios urbanos consolidados, se llevarán a cabo en muchas ciudades europeas sobre todo a partir del siglo XIX.

Los especialistas distinguen varias fases en la evolución del jardín paisajista, marcada sobre todo por una creciente influencia de los ideales románticos. En primer lugar, se desarrolla el denominado estilo Augusto: durante esta etapa inicial, los diseñadores tratan de reproducir en sus creaciones el paisaje idealizado de la antigüedad clásica (Thacker, 1979, p. 185). El entorno natural se puebla de estatuas, grutas, templos, puentes. La inspiración se busca sobre todo en los paisajes italianos, por medio del *Grand Tour*, y en las obras de los pintores paisajistas, sobre todo Claude Lorraine y Gaspard Dughed (Thacker, 1979, p. 185). Posteriormente, viene a desarrollarse el estilo conocido como "serpentina", cuyo máximo exponente es Lancelot "Capability" Brown. En esta nueva fase se pierde parte de la fascinación por el ideal clásico, y se incrementa el aprecio por las formas naturales e irregulares de bosques, lagos o prados; se incorporan al diseño elementos formales con un aspecto más orgánico, como filas sinuosas de árboles y láminas de agua de aspecto naturalizado (Thacker, 1979, pp. 209-210; Turner, 2005, p. 202). Por último, surge el estilo denominado

"pintoresco", que pretende constituirse como un punto intermedio entre las ideas de lo bello y lo sublime, planteadas por el poeta Edmund Burke y desarrolladas por Kant, y que rinde culto en sus formas al ideal de la "Madre Naturaleza" (Turner, 2005, p. 202).

En paralelo a esta evolución general, se percibe a partir de la segunda mitad del siglo XVIII una tendencia a un mayor grado de intervención humana en el paisaje, sobre todo mediante la introducción de edificios y otros elementos arquitectónicos. Se extiende así la moda de construir pabellones y edificaciones de inspiración griega o medieval, asociada a una revalorización cultural de lo antiguo; y también cobra fuerza la incorporación al paisaje natural de elementos exóticos, procedentes de culturas tan diversas como la china, la islámica o la turca. El jardín "se convierte en una enciclopedia" (Capel, 2002, p. 287), donde es posible encontrar una pagoda oriental, un pabellón de inspiración hindú o una construcción de estilo moscovita.

Este proceso evolutivo refleja la necesidad de un nuevo cambio: si el jardín informal surge en su origen como una reacción a la monotonía del jardín francés, el jardín de inspiración romántica pretende huir de la monotonía de los esquemas básicos del paisajismo. Se busca lo sorprendente, lo insólito; el jardín es un espacio para huir del mundo, de la rígida concepción racional de la realidad impuesta por la Ilustración.

El siglo XIX: el nacimiento del parque público

Aunque en épocas anteriores ya habían comenzado a aparecer en las ciudades paseos y espacios ajardinados de carácter público, es en el siglo XIX cuando se consagra definitivamente el concepto de parque público tal y como lo conocemos hoy en día. Los primeros grandes espacios públicos surgen de la donación o de la apropiación de jardines privados de la monarquía o la aristocracia, pero con el tiempo nacerá la necesidad de crear zonas verdes adaptadas específicamente a los requerimientos de una población creciente y de unas ciudades cada vez más extensas y *alienadas* de su entorno natural y rural. Se produce también una evolución en cuanto a los usuarios de los jardines urbanos, pues si en principio los grandes parques eran utilizados principalmente por la burguesía, poco a poco las clases populares comenzarán a hacer uso de estos espacios (Capel, 2002, p. 287).

En la ciudad de la revolución industrial, la existencia de espacios verdes es una necesidad tanto desde el punto de vista social como higiénico y sanitario. Es por ello que en el diseño se observa un desplazamiento del énfasis desde lo estético, que aún primaba en los paseos del XVIII, hacia lo funcional: los espacios verdes tienen una finalidad clara con respecto a la salubridad del espacio urbano, y cumplen una importante misión como mar-

co para las actividades de ocio y recreo de las clases trabajadoras. En cualquier caso, el ideal estético predominante en un principio sigue siendo el jardín paisajista. Este será el modelo seguido, por ejemplo, por una creación paradigmática de esta época, como es el Central Park de Nueva York, donde la perspectiva paisajista sirve como vehículo para la plasmación de una serie de ideales: para su creador, Frederick Law Olmsted, un parque constituía “la confluencia de todas las clases sociales, y en tanto que tal, un medio para reforzar el sentido de pertenencia a una comunidad; dicho de otra manera, el parque era expresión física de la



Central Park, Nueva York

democracia americana. Además, servía como medio de educación y regeneración gracias al contacto con la naturaleza, a la que atribuía la capacidad de elevar el alma” (Soria y Puig, 1996, p. 35). Olmsted no sólo incorpora nuevas funciones para el espacio verde público, sino que también desarrolla innovaciones en cuanto al diseño y la estructura del verde urbano; busca nuevas soluciones para la movilidad peatonal en dichos espacios, y, lo que es más importante, introduce el concepto de sistema verde como conjunto integrado de los diferentes espacios verdes urbanos. Para ello, Olmsted propone la conexión de los principales parques de la ciudad a través de las denominadas *parkways* (Soria y Puig, 1996, p. 36). Al igual que se ha señalado para épocas anteriores, el diseño de los parques sigue siendo durante el siglo XIX un campo de experimentación para el urbanismo.

A medida que aumenta el número y el tipo de espacios verdes presentes en las ciudades (jardines privados y parques públicos, jardines exclusivos para la aristocracia y zonas verdes para las clases populares, grandes espacios urbanos y jardines suburbanos ligados a residencias de clases acomodadas...), se produce una evolución natural de la estética dominante hacia un estilo ecléctico (Capel, 2002, p. 311; Thacker, 1979, p. 239). El jardín o el parque deben adaptarse a los gustos particulares de su propietario o de su usuario, lo cual fomenta la variedad de estilos y la mezcla de elementos y de referencias formales. La reivindicación de lo antiguo y de lo exótico llevada a cabo a raíz del movimiento romántico, ya apuntada anteriormente, facilita este proceso. Encontramos así creaciones que combinan rasgos estructurales propios del jardín formal con elementos característicos del jardín paisajista, así como edificios de inspiración clásica, gótica, islámica u oriental, en lo que se viene a denominar “estilo mixto” (Turner, 2005, p. 233).

Con el tiempo, los parques públicos irán dando respuesta a las nuevas necesidades de los ciudadanos, e incorporando equipamientos e instalaciones destinadas a suplir dichos requerimientos. Las áreas verdes incluirán así espacios destinados a la práctica de deportes, a la música o a la celebración de exposiciones. El jardín es también un ámbito que sirve para la *educación* del ciudadano: las clases trabajadoras disfrutaban en él de un ocio controlado y saludable, que el poder considera beneficioso como sustituto de actividades y hábitos, como la bebida, perjudiciales desde el punto de vista social; aparte de esto, se fomenta

que los grupos sociales menos favorecidos conozcan y asimilen las formas de comportamiento y los hábitos de las clases superiores más educadas.

La práctica del estilo paisajista condujo al nacimiento de una nueva disciplina: la arquitectura del paisaje. Olmsted se define como “arquitecto paisajista” cuando presenta su propuesta al concurso para la creación de Central Park en 1858 (Turner, 2005, p. 244). En el ámbito estadounidense, el término pasa a asociarse con la realización de proyectos públicos, como grandes parques o sistemas de espacios verdes, diferenciándose así de la mera labor de diseño de jardines. El primer europeo en denominarse a sí mismo como arquitecto del paisaje fue Patrick Geddes, uno de los teóricos más influyentes en el urbanismo del siglo XX (Turner, 2005, p. 244). El diseño del jardín paisajista abre así las puertas a una perspectiva mucho más amplia y ambiciosa: la planificación de espacios abiertos, de sistemas urbanos de espacios libres, e incluso de la articulación entre la ciudad y el campo.

El espacio libre en los modelos teóricos de desarrollo urbano

En las últimas décadas del siglo XIX el crecimiento demográfico de las ciudades y la consecuente necesidad de expansión de los núcleos urbanos hacen surgir nuevas tendencias en el planeamiento urbanístico, en las que se ven reflejados, por un lado, elementos relacionados con el desarrollo del jardín formal (tramas ortogonales, diagonales, etc.), y por otro, la actitud paisajista del jardín informal, que viene a representar un mayor respeto por la naturaleza en los procesos de crecimiento urbano (Capel, 2002, p. 339). Tomando como base la perspectiva paisajística, surgirán a partir de las décadas finales del siglo XIX y hasta mediados del XX una serie de propuestas

o modelos teóricos que representan una reacción contra lo que podríamos llamar un proceso conjunto de *desnaturalización* y *deshumanización* de la ciudad. Estas experiencias, que en ocasiones pueden ser tildadas de utópicas, pero cuya trascendencia e influencia posterior en el urbanismo es innegable, pretenden adecuar el diseño de los ámbitos urbanos a las necesidades materiales y espirituales del hombre, para lo cual, otorgan un papel central al espacio libre; el conjunto de los espacios verdes urbanos es considerado en ellas desde una perspectiva sistémica, es decir, conforman un todo unitario integrado en el tejido urbano, y desempeñan una funcionalidad básica en la integración entre la ciudad y su entorno.

Una de las primeras propuestas en este sentido surge a partir de las teorías del ingeniero y economista francés Le Play, cuyas ideas, expresadas en su obra *La organización del trabajo*, tuvieron una importante aceptación a finales del siglo XIX. Le Play propone como esencial para la salud física y psicológica del obrero la compaginación del trabajo de oficina con el trabajo agrícola. La conjunción de estas ideas con la visión de otros pensadores de la época que, como Ruskin, proponían un retorno a la naturaleza, configuraron un movimiento general que se plasmó en la creación de "ciudades verdes" para los obreros, segregadas de la ciudad y diseñadas con el objetivo de proporcionar a sus habitantes unas condiciones de vida saludables. Este tipo de ciudades cundió rápidamente en Alemania, promovidas por las grandes empresas y las sociedades industriales; existen también ejemplos de este tipo de desarrollo urbano en Inglaterra y Francia. Estas experiencias, según Fariello (1969), introducen algunos principios que posteriormente adquirirán una gran relevancia en el campo del urbanismo, como la edificación de tipo extensivo que no predomine sobre lo paisajístico, la delimitación de áreas en función de criterios de zonificación, la asignación de jardines particulares a cada vivienda unifamiliar, o la previsión de espacios verdes de uso público para el recreo y la práctica del deporte.

También en la línea de las teorías naturalistas e higienistas de la época, Arturo Soria propone su teoría de las ciudades lineales en 1882. En palabras de Rodríguez-Avial (1982, p. 402), "para Arturo Soria la ciudad ideal debe ser una larga franja urbanizada, de 500 metros de anchura, extendida entre dos ciudades antiguas y estructurada sobre un eje, en el que se disponen, además del tráfico rodado, ferrocarriles en distintos niveles como transporte colectivo". Con respecto al sistema verde urbano, se mantiene el tipo de edificación dispersa con viviendas unifamiliares rodeadas de vegetación, y se trazan dos bandas de vegetación boscosa, paralelas al eje central, como elementos definitorios de los límites de la ciudad. La teoría de la ciudad lineal tuvo una gran acogida en su tiempo y gozó de un importante desarrollo teórico posterior, pero en el plano práctico no llegó a culminarse; en este sentido, la ciudad lineal de Madrid se puede considerar

como un modesto ejemplo de aplicación de las ideas de Arturo Soria, distanciado de los planteamientos iniciales del autor.

De todos los modelos urbanísticos que surgen en este periodo, sin duda el más conocido e influyente es la "ciudad-jardín" de Ebenezer Howard. En palabras de Howard, "la ciudad y el campo deben esposarse, y de esta feliz unión surgirá una nueva esperanza, una nueva vida, una nueva civilización" (citado por Capel, 2002, p. 353). Las ciudades-jardín serían núcleos urbanos para unos 30.000 habitantes y otros 2.000 en la zona agrícola circundante; el tejido urbano abarcaría una extensión de 400 ha, ubicado en el centro de un territorio de 2.400 ha. La ciudad no sería tan sólo un núcleo residencial, sino que contaría con zonas industriales y con su propio centro comercial y social. La estructura corresponde a un modelo radiocéntrico, zonificado en diversas áreas anulares: jardín central, anillo de edificios públicos, parque central anular, anillo comercial y de oficinas, anillo residencial y anillo industrial periférico. Se añadía además un área exterior dedicada a faenas agrícolas (ver imágenes en página 34). Este cinturón constituiría un límite para la extensión de la ciudad: una vez alcanzado el límite de habitantes, el proceso de crecimiento exigiría la construcción de una nueva ciudad-jardín similar a la primera, ubicada más allá del anillo exterior; como culminación de este proceso de proliferación, encontraríamos un conjunto de ciudades autónomas en torno a una ciudad central, todas ellas bien comunicadas entre sí. Según Howard, "quien sea habitante del grupo, aunque en cierto modo viva en ciudades de poca extensión, vivirá en realidad en una ciudad importante y magnífica y disfrutará de todas sus ventajas" (citado por Capel, 2002, p. 355).

El modelo de ciudad-jardín tuvo un gran desarrollo teórico posterior, y fue materializado en numerosos casos, si bien con importantes variaciones con respecto a la idea inicial planteada por Howard, especialmente en lo que respecta a los planteamientos sociales y económicos del autor (Capel, 2002, p. 355). Una de las principales críticas que se puede hacer al modelo urbano de Howard, y que es extensible a la ciudad lineal de Soria, es que no lleva a cabo una conexión entre los distintos elementos de la trama verde (en un caso anulares, en el otro lineales, pero siempre aislados), por lo que no se podría hablar de un sistema de espacios libres en sentido estricto. Por otra parte, tanto la ciudad-jardín como la ciudad lineal constituyen una aproximación rígida al territorio, que no tiene en cuenta la esencial diversidad del mismo y la potencialidad que puede ofrecer cada espacio concreto para el desarrollo de determinadas funciones en el seno del tejido urbano.

Una de las propuestas teóricas que pueden ser consideradas como una derivación del modelo de ciudad-jardín de Howard es la denominada *Broadacre City*, desarrollada por Frank Lloyd Wright en 1934. Wright predice la desaparición de la ciudad densa y centralizada, condenada por su carac-

al planeamiento urbano, el impulso dado por el famoso arquitecto a los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna² (CIAM); habría que resaltar especialmente el papel del cuarto congreso, cuya influencia posterior se deberá a la difusión de la conocida Carta de Atenas. En dicho documento se definen una serie de exigencias de necesario cumplimiento para llevar a cabo la pretendida transformación de la ciudad; los espacios verdes constituyen una de estas exigencias, lo que es constatado al proclamarse que “el sol, el verdor y el espacio son las materias primas del urbanismo”. Exponemos a continuación algunas de las conclusiones de la Carta vinculadas con el espacio libre y las zonas verdes (Alonso Velasco, 1971; citado por Rodríguez-Avial, 1982, p. 51):

- “La población es demasiado densa en el núcleo histórico de las ciudades [...] En estos sectores urbanos comprimidos, las condiciones de habitación son nefastas por falta de suficiente espacio dedicado a la vivienda, por falta de superficies verdes disponibles.”

- “El crecimiento de la ciudad va devorando las superficies verdes limítrofes [...] Este alejamiento de los elementos naturales aumenta en la misma proporción el desorden de la higiene.”

- “Las superficies libres existentes son, por lo general, insuficientes. Cuando tienen una extensión suficiente, están a menudo mal distribuidas y son por tanto poco utilizables por la masa de los ciudadanos.”

- “Los terrenos que podrían afectarse al recreo semanal están a menudo mal conectados con la ciudad.”

- “Hay que exigir que todo barrio comporte la superficie verde necesaria para la disposición racional de los juegos y deportes de los niños, de los adolescentes, de los adultos.”

A pesar de la distancia temporal que nos separa de la publicación de la Carta de Atenas, y de que muchos de sus postulados hayan perdido parte de su valor, hay que reconocer la actualidad de muchas de sus afirmaciones y reivindicaciones con respecto al verde urbano. En este sentido, son de gran interés las funciones que la Carta atribuye a los espacios verdes, y que pueden ser resumidas en los siguientes puntos (Rodríguez-Avial, 1982, p. 52):

- Los espacios verdes son elementos reguladores del medio ambiente en el que transcurre la vida de los ciudadanos, especialmente en lo que respecta al ruido, la contaminación y el equilibrio entre clima, suelo y vegetación.

2. Los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna tienen su origen en 1928, por impulso de un grupo de arquitectos y urbanistas cuyo objetivo es transformar la ciudad para adecuarla al deseo de la población de desarrollar su vida en ambientes urbanos más humanos y habitables. El cuarto congreso, celebrado en Atenas en 1933, marca un hito en la historia del urbanismo, si bien no es hasta 1943 cuando sus conclusiones obtienen una amplia difusión a partir de la publicación en Francia de la llamada Carta de Atenas.

- Los espacios verdes tienen una estimable influencia sobre el estado psíquico del hombre, principalmente a través de la acción combinada de sus colores.

- Los espacios verdes constituyen el marco físico de gran parte de las relaciones sociales.

- Los espacios verdes constituyen el soporte físico de actividades propias del recreo y el descanso en su faceta al aire libre.

- Los espacios verdes contribuyen a la mejora estética de la imagen de la ciudad y al embellecimiento urbano.

Aparte de la influencia posterior, e incluso de la actualidad, de muchas de las ideas propugnadas por los CIAM y la Carta de Atenas, es necesario reconocer, tal y como señala Rodríguez-Avial (1982, p. 422), que una de sus aportaciones principales con respecto al verde urbano fue asignar al sistema de espacios verdes un papel primordial en el planeamiento urbanístico.

Desarrollos conceptuales recientes sobre el espacio libre: definición, tipología, estructura, funcionalidad

La concepción de los espacios libres en el momento presente se puede considerar heredera tanto de la noción de parque público surgida en el siglo XIX, como de los avances conceptuales aportados por el movimiento moderno. En cualquier urbe actual, la complejidad y diversidad de la trama de espacios verdes es cuanto menos notable, ya que recoge en su seno, además de las creaciones recientes, todo el conjunto de aportaciones que las épocas anteriores han ido haciendo a la ciudad. Así, es posible encontrar en un mismo contexto urbano jardines medievales de claustros, jardines renacentistas o barrocos y espacios abiertos de inspiración paisajista, intercalados con parques y zonas verdes de reciente creación. Por otra parte, la urbe actual ve surgir nuevas necesidades por parte de los ciudadanos, asociadas a los cambios en la forma de vida, las relaciones sociales, las preferencias con respecto al ocio o la escala de valores, que no son satisfechas por la trama verde existente, y que deben ser abordadas por las nuevas intervenciones. El espacio libre se enfrenta así al reto de asumir progresivamente nuevas funciones, que requieren aproximaciones formales y estructurales novedosas. En este sentido, destaca en el contexto actual el afianzamiento del discurso ambientalista, que no sólo reclama nuevas perspectivas de aproximación al estudio y la planificación del espacio libre, sino que incluso viene a abrir un nuevo debate sobre el significado y el alcance de este concepto. En los apartados siguientes se intentará dar una visión general de esta compleja realidad, atendándose a cuatro dimensiones básicas del concepto actual de espacio libre: su definición, su tipología y clasificación, su estructura y su funcionalidad.



Parque de la Corchuela. Sevilla

El concepto de espacio libre

Como se indicaba al inicio del capítulo, existe actualmente un amplio abanico terminológico que es posible utilizar para hacer referencia al espacio libre o a los diferentes elementos que lo conforman. Así, encontramos en la literatura y en la práctica urbanística conceptos relativamente amplios, complementarios al de espacio libre, como son los de espacio verde, zona verde, trama verde, verde urbano o espacio abierto; y términos más específicos, como parque o jardín, cuyo significado se ve acotado por el empleo de calificativos que hacen referencia a su régimen de propiedad o de accesibilidad (*privado o público*), a su posición dentro de la jerarquía del sistema de espacios (*de barrio, municipal o metropolitano*), o a su funcionalidad particular (*infantil, botánico, educativo, deportivo*). A menudo, estos términos son utilizados como sinónimos, sin atender a los rasgos diferenciadores; en otros casos, una misma expresión puede servir, en función del contexto o del autor, para denominar realidades distintas. Tal y como se indicó an-

teriormente, esta diversidad terminológica puede llevar en ocasiones a la confusión. Por ello, resulta clarificador mostrar algunas de las definiciones en uso de los conceptos de espacio libre y verde urbano.

El concepto de "espacio verde" o "verde urbano" es, en sí, bastante intuitivo, en la medida en que el adjetivo verde está asociado implícitamente a la presencia de la vegetación. Una definición específica es la que aporta Rodríguez-Avial: espacio verde es "cualquier espacio libre en el que predominen las áreas plantadas de vegetación, correspondiendo, en general, a lo que se reconoce como parques y jardines", entendiéndose como sistema de espacios libres el "conjunto de espacios urbanos al aire libre, destinados bajo todo tipo de conceptos al peatón, para el descanso, el paseo, la práctica del deporte y, en general, el recreo y el entretenimiento de sus horas de ocio" (Rodríguez-Avial, 1982, p. 13). El espacio verde es, por tanto, una parte del espacio libre cuyo elemento característico es la presencia de la vegetación; se excluye así cualquier espacio como aquellas plazas o paseos donde las plantas estén ausentes o jueguen un papel se-



Parque del Alamillo. Sevilla

cundario en la configuración del espacio. De esta definición se desprende también una vinculación esencial, tanto del verde urbano como del espacio libre en general, a las actividades de ocio y esparcimiento de la población; es manifiesta la permanencia de una concepción decimonónica de la funcionalidad del espacio libre. En esta misma línea se encuentra la definición de verde urbano que propone Michel Saillard: "espacio público o privado que ofrece con toda seguridad a los usuarios óptimas condiciones, tanto en lo que se refiere a la práctica de los deportes o juegos como a paseos, momentos de esparcimiento y reposo, y en el que el elemento fundamental de la composición es la vegetación" (Rodríguez-Avial, 1982, p. 57). Hasta el momento actual, este tipo de aproximación al concepto de espacio libre y de verde urbano parece ser el más firmemente asentado en la práctica del urbanismo.

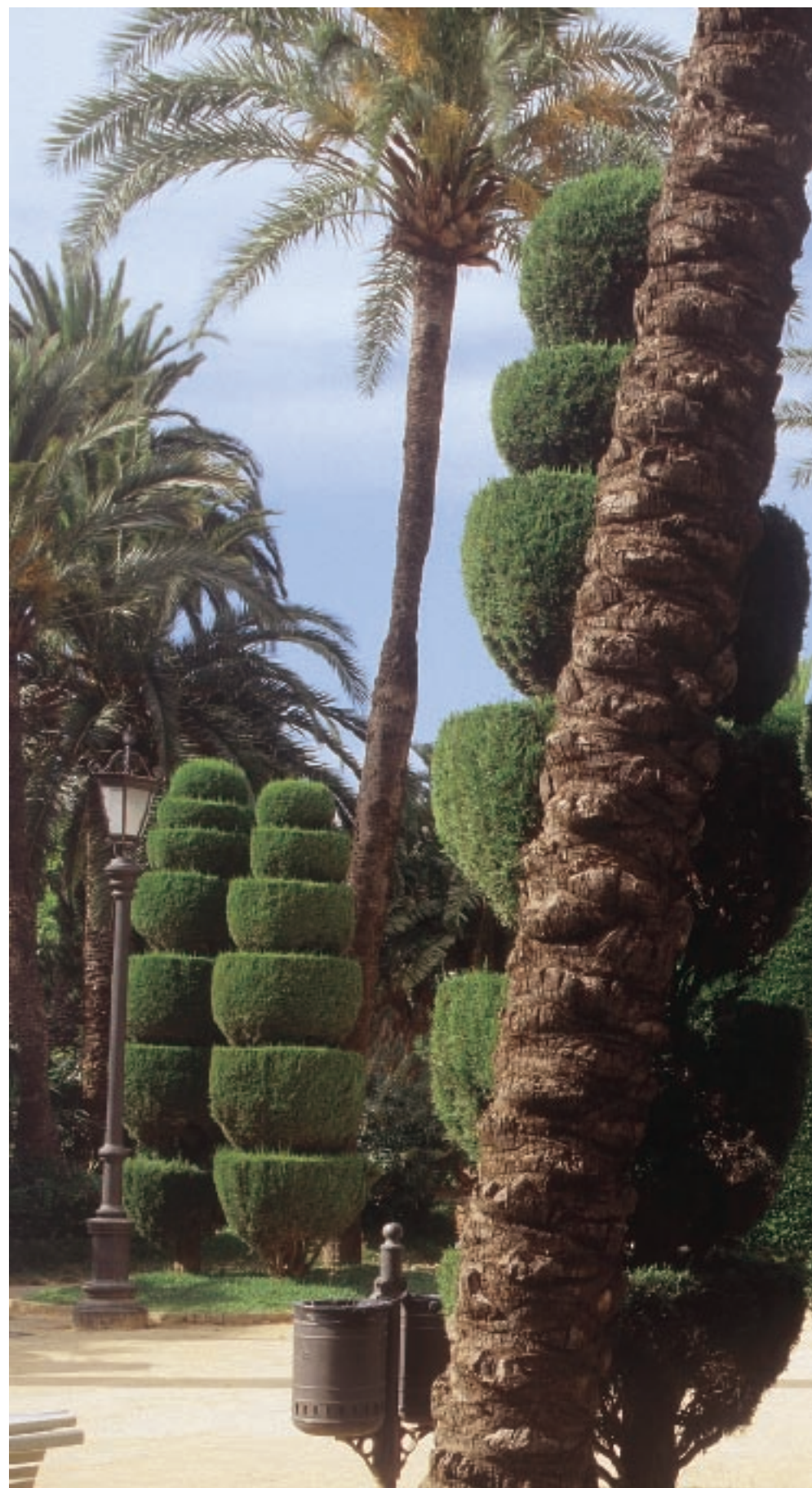
No obstante, una concepción más moderna del espacio libre debe tener en cuenta otro tipo de funciones aparte de las asociadas al uso público, como son las relacionadas con la calidad ambiental de la ciudad o con

la ordenación del territorio urbanizado. La definición que aportan Acosta y Burraco en su *Glosario básico de la ordenación urbanística y territorial* refleja esta triple dimensión del espacio libre: "los espacios libres son espacios abiertos, de carácter público, que juegan un papel básico en la satisfacción de las necesidades ciudadanas de ocio y esparcimiento y en la mejora de la calidad ambiental de la ciudad, además de representar un instrumento imprescindible en la ordenación, para la articulación de zonas o la reducción de la densidad, por ejemplo" (Acosta y Burraco, 1998, p. 42). En este caso se excluye de la definición el espacio privado, pero por otra parte se expande el alcance del concepto para integrar, al menos teóricamente, aquellos espacios abiertos que, sin tener una funcionalidad recreativa, son importantes desde un punto de vista ambiental o urbanístico. Este tipo de aproximación es cada vez más frecuente en la literatura y en la práctica urbanística, ya que recoge de forma explícita la función ecológica y territorial de las zonas verdes, ubicándose así en las coordenadas del discurso del desarrollo urbano sostenible. No obstante, la clasificación propuesta

por Acosta y Burraco para los diferentes tipos de espacio que componen el sistema de espacios libres resulta algo más restrictiva que la definición que acabamos de exponer. Cada una de las cuatro categorías descritas por estos autores (áreas de juego, recreo y estancia; jardines; parques urbanos; parques periurbanos y rurales) corresponde a un tipo de uso público de mayor o menor intensidad, pero no se recoge la existencia de espacios de funcionalidad exclusivamente ambiental o territorial. A pesar de que el valor ecológico del espacio libre tiene cada vez un mayor peso en el discurso actual del urbanismo, la práctica de la planificación urbana parece no haber conseguido superar del todo la inercia de una conceptualización más restrictiva y tradicional.

No faltan, sin embargo, aproximaciones más novedosas y, si se quiere, más ambiciosas al concepto de espacio libre, al menos en lo que respecta a la funcionalidad ambiental y territorial. Como ejemplo, podemos citar la definición recogida por Ramón Folch en el glosario de terminología territorial que acompaña el volumen *El territorio como sistema*, editado por dicho autor (Folch, ed., 2003). El espacio libre sería en este caso el "suelo no dedicado a usos urbanos o paraurbanos, es decir, espacio mayoritariamente exento de construcciones, sea de uso forestal, pastoral, agrícola o plenamente silvestre, con independencia del estatuto jurídico o del régimen de propiedad a que esté sometido" (Folch, ed., *ibid.*, p. 281). Evidentemente, esta definición está asociada a un aumento de escala en el análisis del fenómeno urbano, que nos obliga a desplazarnos desde una óptica meramente urbana a otra de carácter territorial, en la cual la ciudad no puede ser entendida sino como parte de un sistema que engloba también el entorno natural o rural en que se inserta la urbe. Por ello, Folch hace referencia al concepto de territorio urbano o metropolitano, del cual el espacio libre es una componente esencial, complementaria al espacio construido.

Es destacable el hecho de que en la acepción de Folch desaparece cualquier mención al uso público del espacio libre; no obstante, por otra parte cabría objetar que el concepto se define en términos negativos, como opuesto al suelo urbano o paraurbano. Parecería por tanto que el espacio libre se vacía de significado. Sin embargo, si se atiende a la descripción de las diferentes tipologías de espacio libre recogidas por el mismo autor, se puede observar que desde esta perspectiva sí se otorga un valor intrínseco al espacio libre. Así, para Folch es posible distinguir entre espacio libre agrícola, espacio libre forestal y espacio libre fluvial; cada una de estas categorías corresponde a un tipo de uso determinado y posee una serie de funciones propias, ya sean de carácter productivo, ecológico o territorial. Se evita, por tanto, caer en la terrible simplificación de considerar los espacios



Parque Genovés. Cádiz





Pinares de Aznalcázar. Sevilla

rurales o naturales como espacios “en negativo”, es decir, meros reservorios para el crecimiento urbano.

Folch lleva aún más allá la implicación ambiental del concepto, al afirmar que la *matriz biofísica* del territorio aflora en el seno del espacio metropolitano a través de espacio libre. Por matriz biofísica se entiende el “conjunto de vectores abióticos y bióticos (substrato, clima, geomorfología, suelo, flora, fauna) que subyace en todo territorio y que condiciona permanentemente las transformaciones antrópicas” (Folch, ed., 2003, p. 284). De ello se deriva papel del espacio libre como garante del mantenimiento de los procesos ecológicos ligados a este substrato biofísico, procesos necesarios para la provisión de una serie de funciones ambientales que influyen notablemente en las condiciones de vida en el medio urbano. La perspectiva ecológica y territorial nos lleva así a un planteamiento claro: es necesario superar el binomio campo-ciudad y adoptar una aproximación integral a la gestión y ordenación del territorio urbano o metropolitano. Este enfoque incita a que lo urbano y lo rural se aborden no sólo como sistemas interrelacionados, sino como componentes de un único “todo espacial” (Llop, 2003, p. 167).

La perspectiva aportada por Folch, con su consideración explícita del espacio rural y natural como elementos básicos del espacio libre, no tiene por qué ser percibida necesariamente como excluyente con respecto a las otras aproximaciones que se centran en los espacios de uso público. De hecho, la integración de estas dos perspectivas parece ser la opción de algunos de los planes de ordenación urbana aparecidos a partir de la década de los noventa, como indica Joaquim Sabaté (2003, p. 192). El sistema de espacios libres urbanos se percibe en ellos como un conjunto interconectado de parques, jardines y avenidas, articulados a su vez con parques periurbanos, espacios rurales y naturales del ámbito municipal, y otros elementos del medio físico como la red hidrológica. Se plantea así la configuración de una verdadera malla verde en el territorio urbanizado, que abarca desde el espacio rural al mismo corazón de la ciudad. Probablemente sea esta perspectiva, de naturaleza sistémica y claramente influenciada por la ecología del paisaje, la que mejor se adapte a los presupuestos del paradigma sostenibilista. A lo largo de los siguientes capítulos profundizaremos en esta aproximación integral y territorial al espacio libre.



Parque urbano. Jerez de la Frontera. Cádiz

Tipología y clasificación

La diversidad y, hasta cierto punto, ambigüedad terminológica que hemos puesto de manifiesto en el apartado anterior tiene su reflejo en las distintas aproximaciones a la clasificación tipológica del espacio libre. Como es lógico, en función de la definición asumida, las diferentes clasificaciones incluirán o excluirán determinados ámbitos. Por otro lado, no existe un criterio único a la hora de definir las categorías en las que se puede subdividir el espacio libre. Cada propuesta de clasificación pone el énfasis en uno o varios factores, siendo los más habituales el tamaño, el tipo de uso y la ubicación en el contexto urbano. Citaremos algunos ejemplos que nos permitirán obtener una idea general de la diversidad de enfoques existente.

En primer lugar, volvemos a hacer referencia a la clasificación propuesta por Acosta y Burraco (ver tabla 1). Se trata de una aproximación de carácter genérico, muy básica, que permite incluir cualquier tipo de espacio en una de las cuatro categorías consideradas. Los criterios de clasificación utilizados son principalmente el tamaño y el tipo de uso, dentro del cual

se incluyen funciones de naturaleza ambiental. En un extremo opuesto se encontraría el modelo de clasificación de la Asociación Española de Parques y Jardines (ver tabla 2). En este caso, la tipología propuesta tiene un carácter exhaustivo, recogiendo de forma pormenorizada prácticamente cualquier tipo de ámbito que pueda ser incluido, desde una perspectiva muy abierta, en el concepto de espacio libre o zona verde. Se tienen en cuenta espacios de carácter público y privado; espacios urbanos y periurbanos; espacios de uso público, de finalidad productiva, de carácter ornamental o simplemente espacios abiertos integrados en la trama urbana. La amplitud conceptual es tal que, por ejemplo, se incluye tanto el espacio forestal y agrícola como el arbolado viario o las rotondas y otros espacios ajardinados vinculados a las vías urbanas. La longitud del catálogo de espacios y la ausencia de un criterio fácilmente reconocible de clasificación constituyen probablemente los principales *handicaps* con respecto a la utilidad práctica de esta aproximación.

Por su parte, las clasificaciones desarrolladas por los planes de ordenación urbana tienen un carácter más funcional que las anteriores, adaptado a las necesidades concretas del proceso de planificación y a la realidad

Tabla 1. Clasificación de los espacios libres

Tipo de espacio	Definición
<p>Áreas de juego, recreo y estancia</p>	<p>Elementos de pequeñas dimensiones (superficie mayor de 200 m² y diámetro mínimo de 12 m), integrados en áreas de vivienda y accesibles mediante itinerarios peatonales. Tienen por objeto resolver las necesidades más básicas de estancia y esparcimiento al aire libre de la población residente.</p>
<p>Jardines</p>	<p>Áreas ajardinadas, o que poseen condiciones para la plantación de especies vegetales, de superficie media (mayor de 1.000 m² y 30 m de diámetro mínimo), dedicadas a resolver las necesidades de estancia, esparcimiento y juego a escala de barrio.</p>
<p>Parques urbanos</p>	<p>Grandes áreas ajardinadas o forestales que, además de cumplir las funciones de los espacios anteriores, permiten el desarrollo de otras actividades al aire libre, incluyendo equipamientos culturales o deportivos.</p>
<p>Parques periurbanos y rurales</p>	<p>Grandes zonas forestales, normalmente de base natural, que dan servicio a las áreas urbanas y que sirven como elemento de transición a otras áreas de mayor valor ambiental. Suelen tener un alcance supralocal, y su misión es permitir un mayor contacto con los elementos naturales y el mantenimiento y conservación de la biodiversidad. Normalmente disponen de instalaciones relacionadas con la educación ambiental.</p>

Fuente: Acosta y Burraco, 1998, pp. 42-43.

Tabla 2. Tipología de espacios libres y verdes en un término municipal. (Asociación Española de Parques y Jardines Públicos, 1995)

Espacios verdes privados de uso público	
	<p>Bosques Parques Viveros Terrenos abiertos de uso privado necesitados de protección Espacios agrícolas</p>

**Tabla 2. Tipología de espacios libres y verdes en un término municipal.
(Asociación Española de Parques y Jardines Públicos, 1995)**

Espacios verdes públicos	Espacios verdes privados
<p>Espacios periurbanos</p> <p>Naturales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protegidos - No protegidos <p>Bosques</p> <p>Parques metropolitanos</p> <p>Parques periurbanos</p> <p>Pantallas vegetales</p> <p>Cinturones verdes</p> <p>Espacios agrarios</p> <p>Espacios de interrelación</p> <p>Corredores</p> <p>Sendas</p> <p>Paseos</p> <p>Vías fluviales</p> <p>Espacios urbanos</p> <p>Parques</p> <p>Jardines</p> <p>Plazas</p> <p>Paseos</p> <p>Patios y espacios ligados a la edificación</p> <p>Espacios ligados al tráfico</p> <p>Medianas</p> <p>Franjas de protección y ornamento</p> <p>Rotondas</p> <p>Nudos e isletas</p> <p>Espacios singulares</p> <p>Históricos y/o culturales</p> <p>Ligados a monumentos o edificios históricos</p> <p>Arbolado viario</p> <p>Urbano</p> <p>Periurbano</p> <p>Espacios en equipamientos</p> <p>Centros docentes</p> <p>Centros socioculturales</p> <p>Instalaciones deportivas</p> <p>Cementerios</p>	<p>Espacios en suelo residencial</p> <p>Vivienda unifamiliar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aislada (jardín) - Adosada (jardín posterior) (jardín de puerta) <p>Edificación en bloque</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abierta (jardín de puerta) (jardín comunitario) - Manzana cerrada. Patios - Fachadas verdes y jardinería de terraza <p>Zonas de servicios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deportivas - Centros socioculturales - Comercial <p>Espacios en suelo industrial</p> <p>Pequeña y mediana industria</p> <p>Gran industria</p> <p>Centros de servicios</p> <p>Centros de almacenamiento y distribución</p> <p>Equipamiento social</p> <p>Espacios libres y deportivos</p> <p>Sistema general verde</p> <p>Espacios en suelo terciario (equipamientos y servicios)</p> <p>Social y sanitario</p> <p>Social</p> <p>Jardines de infancia</p> <p>Centros de la tercera edad</p> <p>Centros de discapacitados</p> <p>Sanitario</p> <p>Centros médicos</p> <p>Centros hospitalarios</p> <p>Áreas comerciales</p> <p>Áreas de ocio y recreo (golf, piscinas, camping, clubes privados, hípica, etc.)</p> <p>Áreas deportivas</p> <p>Centros socioculturales</p> <p>Centros docentes</p> <p>Hoteles</p> <p>Transporte (ferrocarril, autobuses, aeropuertos, etc.)</p>

Fuente: AEPJP, 1995; citado por Salvador Palomo, 2003, p. 229.

del contexto específico que es objeto de análisis en cada caso. El Plan de Sevilla, por ejemplo, pone un énfasis singular en el concepto de jardín histórico, como categoría especial de espacio libre cuyo rasgo principal es el valor patrimonial del ámbito en cuestión; en este caso, se puede observar una cierta supeditación de los criterios de clasificación a la existencia de una categoría preestablecida, justificada por la importancia capital de dicho tipo de espacio dentro del contexto de estudio (ver tabla 3). El resto de categorías de espacio libre definidas en el documento se basan en criterios de clasificación diferentes, relativos al tamaño, uso y localización del espacio. Se puede criticar una cierta ambigüedad en lo que respecta a los límites entre diferentes categorías, pudiendo existir espacios que, desde un punto de vista funcional, encajen en una clase y, desde un punto de vista de tamaño, se aproximen más a otra.

Este tipo de problemática puede ser solventada mediante la definición de unos valores concretos asociados a cada categoría. Un ejemplo de ello es la propuesta de clasificación del espacio libre desarrollada por el Plan Verde de Valencia (ver tabla 4). En este caso, se parte de una clasificación a dos niveles: en el primero de ellos se atiende a la localización y papel del espacio dentro del tejido urbano; se distinguen así áreas naturales (externas al sistema urbano), periurbanas o urbanas, y se incluyen también en categorías aparte las huertas urbanas y el arbolado viario. En un segundo nivel, los espacios incluidos en las anteriores categorías se clasifican en función del tamaño, definiéndose unos valores de referencia para facilitar la diferenciación entre unas clases y otras. Al tratarse de una aproximación orientada más a la ordenación del sistema verde que a un análisis de los espacios existentes, se fijan una serie de estándares o niveles óptimos asociados a cada categoría, a modo de objetivos de ordenación.

Las clasificaciones basadas en la creación de categorías excluyentes resultan a menudo insuficientes para abordar la complejidad intrínsecamente ligada a una concepción multifuncional del espacio libre. Existe otro tipo de aproximación, basada en el establecimiento de gradientes, que aporta una nueva perspectiva a la hora de entender la diversidad de espacios existente en las ciudades actuales. Como ejemplo de este enfoque podemos citar la propuesta desarrollada por Michael Hough en su obra *Naturaleza y Ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos* (1998, p. 111; ver esquema en página 48).



Vista del Paseo del Parque. Málaga



Tabla 3. Clasificación de los espacios libres de Sevilla

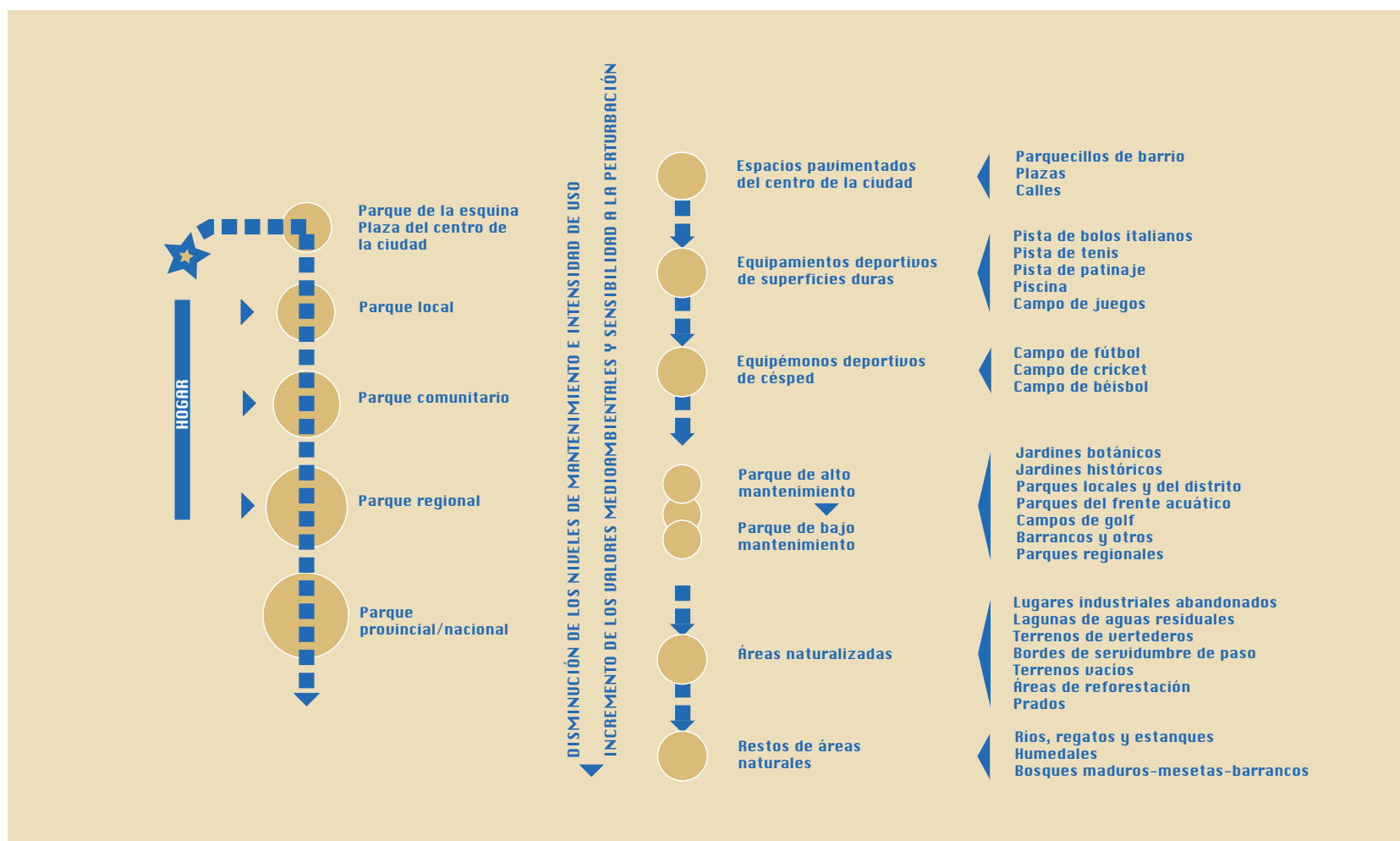
Tipo de espacio	Definición
<p>Zonas forestales</p>	<p>Espacios que están reforestados con plantas autóctonas o reforestadas con bajo mantenimiento y adaptadas a las condiciones climáticas de la ciudad; funcionando para el uso ciudadano o como pantallas ecológicas.</p> <p>Por lo general se trata de zonas de gran extensión situadas en el límite del suelo urbano, reforestadas y diseñadas con la premisa de realizar un número mínimo de labores de mantenimiento, por lo que la vegetación debe estar adaptada a las condiciones climáticas [...].</p> <p>El uso es recreativo, pudiendo existir zonas deportivas integradas e incluso áreas para realizar barbacoas en algunos casos.</p>
<p>Jardines históricos</p>	<p>Se incluyen en esta denominación aquellos jardines declarados como artísticos o de interés cultural.</p> <p>Son jardines que por lo general se ubican en el casco histórico o en sus proximidades [...]. Incluye jardines de tamaños muy variados, muy pequeños o relativamente grandes, con un diseño característico de cada caso [...] compuesto de una serie de especies vegetales entre las que predominan las especies exóticas y los cultivos de primor [...].</p> <p>En la mayoría de los casos, son utilizados para el esparcimiento de la población (paseo o, en las zonas reservadas para ello, juegos infantiles) y presentan gran interés turístico por encontrarse ligados a monumentos representativos de la ciudad.</p>
<p>Parques urbanos</p>	<p>Zonas verdes o ajardinadas de especial importancia para su disfrute por los ciudadanos debido a su tamaño o ubicación en la ciudad. Responden bien a un concepto tradicional de parque o bien a espacios más o menos abiertos en cuya concepción se ha tenido en cuenta la jardinería.</p> <p>Son espacios con una extensión de mediana a grande repartidos por la geografía urbana [...] que en muchos casos disponen de instalaciones deportivas integradas o próximas a ellos.</p> <p>Las especies principales, sin olvidar las autóctonas, son fundamentalmente especies naturalizadas, bien adaptadas a la vida en las ciudades en general y al clima sevillano en particular.</p>
<p>Parques metropolitanos</p>	<p>Se trata de espacios de gran extensión y escaso o nulo mantenimiento. Por las posibilidades que ofrecen a los usuarios o por su situación, dan servicio al área metropolitana de Sevilla y no sólo a la ciudad.</p> <p>Son áreas más o menos naturales en las que la actuación jardinera es mínima, limitándose a podas sanitarias. El mantenimiento consiste en la instalación de algún tipo de equipamiento, como bancos mesas y barbacoas, y en la limpieza y recogida de basuras.</p>
<p>Otros (plazas y paseos)</p>	<p>Se incluyen en esta categoría plazas (ajardinadas y arboladas) y jardines que por su pequeña extensión se estima que dan servicio únicamente al barrio e incluso a la manzana más inmediata.</p> <p>Se incluyen también los paseos arbolados de la ciudad que, pese a tener en algunos casos una importante función de nexo entre diferentes espacios verdes, no pueden ser considerados, por sus características, como tales.</p> <p>Igualmente, se incluyen los arcenes, medianas, islotes y glorietas, que pese a tener una importante función estética y sanitaria, no pueden ser usados directamente por la ciudadanía.</p>

Fuente: PGOU de Sevilla, documento de aprobación inicial, 2004; VIII. 9-10.

Tabla 4. Modelo de sistema verde propuesto por el Plan Verde de Valencia

Concepto	Superficie media mínima	m ² /habitante	Relación superficie %	Radio influencia
1. Áreas naturales Espacios naturales	2 ha	5	2,75%	2 km para 20 ha 5 km para 100 ha 10 km para 500 ha
2. Áreas periurbanas Parque periurbano (incluido bosques)	25 ha	5	2,75%	De 1 a 2 km
3. Áreas urbanas				
Parque urbano	10 ha	5	2,75%	1.000 m
Parque de distrito	5-10 ha	2,5	1,38%	500 m
Jardines (parques de barrio)	1-5 ha	2	1,1%	250 m
Jardines y plazas vecinales	1.000 m ² -1 ha	1,5	0,8%	100 m
Zonas de juegos	>1.000 m ²	1,5	0,8%	100-1.000 m (*)
Total		12,5	6,83%	
Paseo y reposo peatonal	1.500 m ²	2	1,1%	
Áreas libres		2	1,1%	400 m
4. Huertos urbanos Huertos de ocio	2 ha	1	0,55%	1.000 m
5. Arbolado	1,3 árboles / habitante			

Fuente: Salvador Palomo, 2003, p. 243.



Clasificación del espacio libre en función de la intensidad de uso y la sensibilidad ecológica.

Fuente: Hough, 1998, p. 111.

El autor analiza la variación simultánea de una serie de valores o características del espacio (grado de sensibilidad ambiental del espacio, valor ambiental, intensidad de uso) a través de un gradiente de localización que se extiende desde el centro de la ciudad hacia la periferia. Cada tipo de espacio libre tiene un lugar dentro de este gradiente. Se trata, desde luego, de una modelización muy simplificada de la realidad, ya que, por un lado, asume que todos los parámetros varían siempre de forma simultánea al desplazarnos del centro a la periferia, y, por otro, parece corresponder a un modelo de ciudad de tipo concéntrico, que en ningún caso puede considerarse universalmente válido. Algunas ventajas de esta aproximación son: el reconocimiento implícito de una variación continua y gradual de las características, funciones y tipos de uso de los espacios libres, que se adapta mejor a la realidad que la tradicional clasificación en grupos funcionales estancos; la asunción de una perspectiva que, en última instancia, busca una transición gradual y armónica entre lo urbano y lo natural; y la consi-

deración explícita de la componente ambiental y su relación íntima con los aspectos funcionales del espacio libre.

Aspectos estructurales

En el contexto actual, el espacio libre ha dejado de ser percibido como un conjunto de elementos aislados, para pasar a constituir, al menos en el plano teórico, un sistema, es decir, una entidad unitaria en la que los espacios individuales establecen vínculos entre sí, se complementan desde un punto de vista funcional, y se ordenan según un criterio jerárquico. Evidentemente, la realidad a menudo dista de estos planteamientos teóricos. Si analizamos un número suficientemente amplio de ciudades, nos encontraremos con una variada casuística en lo que respecta a la interrelación funcional de los espacios libres y a su distribución e integración en el tejido urbano. Rodríguez-Avial (1982, pp. 426-473) propone una clasificación tipológica que

recoge los modelos más abundantes de configuración espacial y funcional de las tramas verdes (en este caso, cabe remarcar que la propuesta se centra exclusivamente en el concepto de verde urbano, es decir, en el conjunto de espacios donde la vegetación juega un papel predominante). Una breve descripción de cada uno de estos modelos nos ayudará a entender la diversidad de situaciones que podemos encontrar a día de hoy.

En primer lugar, podemos encontrar lo que el autor denomina “distribuciones asistemáticas”. En este tipo de distribución, los espacios aparecen aislados, sin obedecer su disposición a ningún tipo de orden preestablecido. Se da frecuentemente en ciudades tradicionales, así como en ciudades que han experimentado un rápido crecimiento a lo largo del siglo XX. La principal desventaja que plantea este modelo es que, aun cuando la superficie total de espacios verdes sea suficiente desde un punto de vista cuantitativo, la ubicación de los mismos no será óptima. Este hecho determinará la existencia de sectores “sobredimensionados” y sectores “infradimensionados” en cuanto a la dotación y la accesibilidad de los ciudadanos a los espacios verdes.

A diferencia del modelo anterior, en el caso de las “distribuciones equilibradas” se establece una distribución ordenada de las áreas verdes, cuyas zonas de influencia cubren la totalidad del área urbanizada. Este importante matiz, que es producto de una voluntad planificadora, soluciona el problema anterior de disponibilidad de espacios verdes para los usuarios. Sin embargo, al igual que ocurre con las distribuciones asistemáticas, no se puede hablar aquí de una verdadera trama o sistema verde, dado que los espacios se siguen considerando como entidades independientes y aisladas. Se encuentran ejemplos de este modelo en algunas ciudades tradicionales y, en algunos casos, también en ciudades creadas en el siglo XX.

Por su parte, el modelo de “distribución organizada” se caracteriza por disponer los elementos que conforman el sistema de manera ordenada sobre ejes o direcciones preferentes. Es propio de ciudades tradicionales importantes en las que se ha intentado, mediante una intervención planificada, aumentar el nivel de orden a partir de una distribución anterior de tipo desorganizado. Se pueden encontrar distintas variantes de este modelo: distribuciones penetrantes (los espacios se ordenan a lo largo de ejes radiales que atraviesan el tejido urbano del centro a la periferia), anulares (los espacios conforman un anillo o cinturón verde alrededor del núcleo urbano), mixtas (se combinan las dos variantes anteriores) y paralelas (los ejes se establecen en paralelo y no de forma radial). El modelo anular ha obtenido una notable expansión, siendo numerosas las iniciativas de creación de *cinturones verdes* urbanos o metropolitanos.

A diferencia de los modelos anteriores, en el caso de los denominados “sistemas integrados” sí se puede hablar de una verdadera concepción sistémica del verde urbano. Las características básicas de este modelo de

distribución son la accesibilidad, dado que el área de influencia de las zonas verdes cubre la totalidad del ámbito urbano, y la continuidad existente entre los espacios, que confiere al sistema su carácter orgánico al convertirlo en “infraestructura de las actividades peatonales al aire libre”. Es posible reconocer diversas variantes del modelo: direccional preferente (domina una dirección de composición), malla indiferenciada (no hay establecida una jerarquía entre los diferentes elementos que componen el sistema), malla jerarquizada (existe un orden jerárquico entre los elementos, lo que potencia el funcionamiento orgánico del sistema) y malla predominante (en la que la trama verde adquiere una preponderancia clara sobre el tejido urbano). Para Rodríguez-Avial (1982, p. 446), el modelo óptimo es el de malla jerarquizada, ya que permite una máxima integración de la trama verde con el tejido urbano, a la vez que la jerarquización de las áreas dota a cada elemento de una función específica que repercute en una mejora de la funcionalidad del conjunto. Evidentemente, este tipo de estructura sólo puede darse en desarrollos urbanos recientes, nunca en ámbitos urbanos tradicionales.

Por último, cabe citar lo que el autor denomina como “tramas verdes diluyentes”. En desuso hoy en día, pero de indudable interés histórico, este modelo se asocia a la ciudad-jardín de Howard y a otros modelos urbanos que surgen de la evolución de ésta, como las ya mencionadas *Greenbelt* de Stein o *Broadacre City* de Frank Lloyd Wright. Como hemos visto, se trata de propuestas que otorgan un excesivo protagonismo al sistema de espacios libres, tanto que, a juicio del propio Rodríguez-Avial (1982, p. 473), llegan a “diluir la vida urbana en dicho sistema, impersonalizando la misma y debilitando las relaciones sociales”.

Desde un punto de vista ambiental, el modelo de trama verde integrada y jerarquizada parece ser el más compatible con los presupuestos de la sostenibilidad urbana, especialmente desde el punto de vista del uso público y la accesibilidad. El esquema de sistema integrado corresponde, en términos generales, con el modelo de configuración del espacio libre analizado por Sabaté y que, como se mencionó anteriormente, obtiene cada vez una mayor presencia en los planes de ordenación y en el discurso urbanístico. Por ejemplo, el informe *El Medio Ambiente Urbano en Andalucía*, publicado por la Junta de Andalucía (1997), también parece defender esta aproximación sistemática al espacio verde, haciendo especial énfasis tanto en la integración de los espacios en su contexto inmediato, como en la interconectividad del sistema: “cada uno de los elementos del sistema de zonas verdes debe diferenciarse formal y funcionalmente según la zona en que se implante, la posición territorial que ocupe en la ciudad y la finalidad de uso a que vaya destinado. La moderna concepción de los sistemas generales de zonas verdes comprende tanto la red de parques (urbanos, suburbanos o de distrito), como un conjunto de “pasillos verdes” que los comunican entre sí,

y permiten el desplazamiento de los ciudadanos en medios alternativos al tráfico rodado" (*ibid.*, p. 150). Por su parte, el documento *Diagnóstico ambiental de las ciudades andaluzas de más de 30.000 habitantes* (Junta de Andalucía, 2001) apunta a la falta de conexión entre las zonas verdes de las ciudades y el entorno periurbano como una de las principales problemáticas asociadas a la planificación urbana, y señala una serie de beneficios ligados al establecimiento de espacios lineales de conexión estructurados en red: preservar paisajes de alto valor (por ejemplo, márgenes de riberas fluviales), aminorar el impacto de determinados usos e infraestructuras (márgenes de redes de transporte), o mejorar el funcionamiento del clima urbano (favorecimiento de corrientes de aire, etc.).

Según Arturo Soria y Puig (1996, p. 43), sería posible avanzar aún un paso más en el concepto de continuidad aplicado a sistemas verdes urbanos, y perseguir no sólo la interconexión entre los espacios verdes de la ciudad, sino también la conexión del ámbito urbano con los espacios de alto valor natural, a través de un conjunto de *conectores verdes*. Como referentes directos de este tipo de propuestas podemos citar las *greenways* norteamericanas o las denominadas *vías verdes*, que, creadas a partir de la red ferroviaria en desuso, han experimentado en los últimos años un notable desarrollo a lo largo de la geografía española.

La aproximación territorial que desarrolla Folch (2003) se desmarca de las propuestas anteriores de conectividad en la medida en que no está centrada en la funcionalidad pública del espacio libre. Los espacios no urbanos (rurales o naturales) son tenidos en cuenta de forma explícita, pero no como ámbitos externos que deban ser conectados mediante elementos lineales para garantizar su accesibilidad y su disfrute por parte del ciudadano, sino como componentes de un todo unitario, el territorio libre. Como hemos visto, desde este punto de vista el espacio libre constituye, en última instancia, la matriz en la que se asientan los territorios urbanos; la consideración de las diferentes funciones ecológicas, territoriales y productivas del mismo hace de esta perspectiva sistémica una aproximación más completa y compleja que las anteriores. La interpretación del espacio libre como matriz



Parque de recreo infantil

implica que la conectividad deja de tener un sentido general, y que deba ser definida de forma específica, ya sea en términos de uso público o de conexión biológica entre diferentes hábitats urbanos y periurbanos.

Funcionalidad: aspectos sociales, ambientales y territoriales

Como se desprende de los apartados anteriores, para la mayor parte de los autores, técnicos y gestores urbanos el uso público sigue siendo la principal faceta funcional del espacio libre y, como consecuencia de ello, la finalidad recreativa se convierte en el principal criterio para su ordenación.

No se puede obviar la progresiva incorporación a la teoría y la práctica urbanística de otro tipo de funciones de carácter ambiental que, como vimos, ya eran apuntadas por el movimiento moderno; sin embargo, la falta de un marco teórico claro que mejore nuestro conocimiento de dichas funciones y, sobre todo, que sea capaz de proporcionar criterios claros de ordenación para la optimización de las mismas, impide que la dimensión ambiental obtenga un mayor protagonismo.

Algunas de las funciones ambientales que comienzan a ser reconocidas están directamente relacionadas con la calidad de vida de los ciudadanos. Así, se habla ahora del papel beneficioso de la vegetación en relación con la mejora de la calidad del aire, a través de la absorción de contaminantes atmosféricos, o de la regulación del clima urbano mediante la disminución del fenómeno conocido como "isla de calor urbano". Sin embargo, existe otro grupo de funciones que no están estrictamente vinculadas al bienestar ciudadano, sino que se centran en el mantenimiento de una serie de valores naturales en el medio urbano. Podemos citar en este sentido el papel que juega el espacio libre como soporte de la biodiversidad urbana, o la relevancia de las zonas verdes para el mantenimiento de los procesos hidrológicos y edafológicos naturales en el ámbito urbanizado. El espacio libre adquiere así importancia como garante de los equilibrios ecológicos entre el campo y la ciudad. Por ello, se ha llegado a afirmar que la naturaleza urbana está empezando a adquirir por fin *carta de ciudadanía*, "oficializándose" tras siglos de permanencia en la "clandestinidad" (Sal-

vador Palomo, 2003, p. 22). En cualquier caso, cabe señalar que, aunque de forma más indirecta, estas últimas funciones sí generan un beneficio al ciudadano, al incidir sobre la calidad ambiental global de la urbe.

Aparte de las funciones de corte ecológico, comienza a ganar cada vez más peso otro tipo de funcionalidad del espacio libre, en este caso vinculada a la ordenación del territorio. Dentro de este nuevo grupo de funciones encajarían aquellas relacionadas con la provisión de un sistema viario alternativo para los peatones y los ciclistas; asimismo, también se incluirían aquí aspectos relacionados con la calidad paisajística del medio urbano y de su entorno o con la mejora de espacios urbanos o periurbanos degradados o marginales. Otra función muy valiosa desde el punto de vista urbanístico es la relacionada con la planificación del crecimiento urbano: en este sentido, una adecuada ordenación del espacio libre puede servir como freno para el desarrollo urbano en determinados ámbitos ambientalmente sensibles, o bien actuar como zona tampón para proteger ámbitos de alta calidad de los impactos derivados de los usos urbanos.

La tabla 5, extraída del informe *El Medio Ambiente Urbano en Andalucía*, recoge de forma sintética toda esta gama de funciones territoriales, junto con las mencionadas funciones ambientales y con la tradicional funcionalidad de tipo social.

El estudio pormenorizado de la funcionalidad ambiental y de las perspectivas metodológicas que permiten su análisis se desarrollará en los capítulos III y IV.

El espacio libre ante la perspectiva de la sostenibilidad

A través de la revisión histórica que abre el presente capítulo, se ha tratado de mostrar cómo la funcionalidad y el diseño de los espacios verdes han evolucionado para adaptarse a las necesidades, los gustos y las creencias propios de cada época y cada contexto cultural. Este proceso evolutivo ha ido siempre acompañado, en cada etapa, de un cambio en la percepción

Tabla 5. Funciones de los espacios libres y zonas verdes

Mejora de la calidad ambiental	Ordenación del territorio	Prestaciones sociales directas
En general	En general	
<ul style="list-style-type: none"> - Protección frente a contaminación atmosférica y acústica - Disminución del efecto "isla de calor" del clima urbano - Disminución del efecto de "albedo" - Refugio de la flora y fauna silvestre - Favorecimiento del equilibrio ecológico de los ciclos naturales del agua y del suelo - Efecto positivo sobre la salud humana 	<ul style="list-style-type: none"> - Reserva de suelo para usos no urbanos - Movilidad para el tráfico no rodado - Mejora y configuración del paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> - Paseo, estancia y relaciones personales - Esparcimiento y ocio - Prácticas deportivas - Educación ambiental - Actividades alternativas en el medio urbano (huertas familiares) - Ubicación de equipamientos compatibles (escuelas, etc.)
En sectores urbanos	En sectores urbanos	
<ul style="list-style-type: none"> - Pulmón verde de áreas urbanas densas - Mantenimiento y mejora de espacios naturales o forestales existentes dentro de las ciudades - Reducción del impacto ambiental de determinadas infraestructuras y usos del suelo (carreteras, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Efecto colchón para aminorar impactos urbanos sobre espacios naturales o paisajes agrícolas singulares próximos - Separación de usos de suelo incompatibles - Revitalización de bordes urbanos degradados - Obstaculización de procesos no deseables de crecimiento urbano 	

Fuente: *El Medio Ambiente Urbano en Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 1997.

de la relación hombre-naturaleza. Se ha podido comprobar cómo el espacio ajardinado representa en determinados momentos históricos el valor sagrado que el hombre otorga a la naturaleza, mientras que en otros supone una muestra del dominio antrópico sobre el medio natural, ya sea con una finalidad productiva, como fuente de placer, o como signo de ostentación. En algunos casos, la naturaleza domesticada del espacio libre se interpreta como el entorno idóneo para la reflexión filosófica, para la inspiración poética o para la huida de los problemas cotidianos.

Los desarrollos conceptuales recientes muestran signos de que actualmente nos encontramos ante un nuevo cambio dentro de este proceso histórico. La sociedad actual exige nuevas funciones al espacio verde, y reclama también una nueva forma de relación entre la ciudad y el medio natural, más sensible a la problemática ambiental. No resulta demasiado arriesgado afirmar que se está comenzando a otorgar un nuevo significado al verde urbano, y que esta situación no puede entenderse si no es bajo la luz del paradigma del desarrollo sostenible, es decir, asumiendo la creciente concienciación ambiental de las sociedades urbanas. Si el espacio verde constituye en cada época un símbolo del vínculo entre hombre y naturaleza, en el momento actual la redefinición del espacio libre (más amplia, más integradora) parece adaptarse al nuevo pacto del ser humano con el medio ambiente que se desprende del concepto de sostenibilidad. El espacio libre se convierte así en un factor clave en la búsqueda de un desarrollo urbano más armónico y equilibrado con el entorno natural sobre el que se asienta. En palabras de Ramón Folch, "si una parte del modelo territorial sostenible es la ciudad mixta, es decir, compacta y diversa, la otra parte es un espacio libre complejo y maduro, con unos sistemas naturales entreverados de cultivos y pastos, conformadores de un mosaico paisajístico diversificado" (Folch, 2003, p. 38). Es esta aproximación al espacio libre la que se asumirá como base conceptual para el desarrollo de los capítulos siguientes.



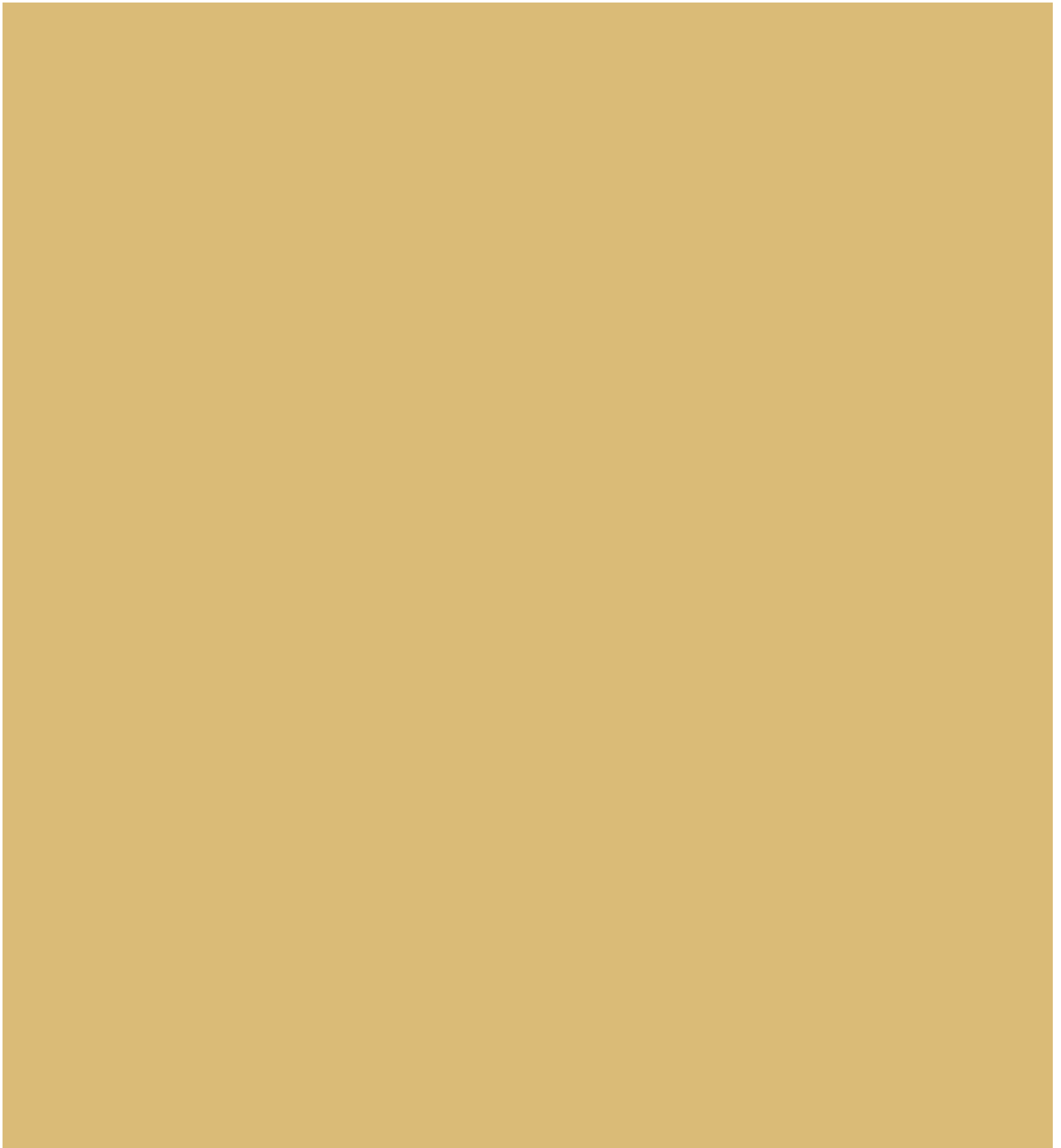
Molino de San Juan, Alcalá de Guadaíra. Sevilla





Capítulo II

Desarrollo sostenible y ecología urbana



Desarrollo sostenible: origen del concepto, perspectivas actuales

Como es sabido, el origen de la expresión “desarrollo sostenible”, o mejor dicho, su reconocimiento oficial, puede atribuirse al conocido Informe Brundtland, elaborado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo y publicado bajo el título de *Nuestro futuro común* en 1987. La definición que aporta este documento es quizá la más ampliamente aceptada en el panorama actual: “desarrollo sostenible es aquel que permite satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”. Algunos años después de su aparición, el concepto obtiene su consolidación definitiva en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, en 1992. Entre otros muchos aspectos, en Río se insistirá en la triple dimensión de la sostenibilidad: económica, ambiental y social. A pesar de la percepción común de que la noción de sostenibilidad está esencialmente ligada al pensamiento ecologista o *verde*, la componente económica del desarrollo sostenible es, para muchos autores, la de mayor trascendencia, dado que en esencia se trata de la respuesta de nuestra sociedad ante una crisis ecológica cuyas raíces se encuentran firmemente ancladas en el modelo económico vigente. En este sentido, el desarrollo sostenible buscaría “sustituir las pautas políticas centradas en un crecimiento de las variables macroeconómicas tradicionales (renta, producción...) por unas pautas que se centren más en una concepción integral (cualitativa y cuantitativa) del bienestar de las personas, respetando el patrimonio natural y cultural existente, de forma que se asegure su mantenimiento a largo plazo” (Serrano, 2004, p. 33). En esta misma línea, se puede interpretar la cuestión de la sostenibilidad como un problema de naturaleza fundamentalmente socioeconómica con claras consecuencias ambientales, del que surge un necesario proceso de cambio en el que la ecología no puede actuar en ningún caso como norte, pero sí como una herramienta imprescindible (Folch, 2003, p. 94).

A pesar de la actualidad de la cuestión, los primeros antecedentes del debate sobre la sostenibilidad del desarrollo se remontan al siglo

XVIII, precisamente en el campo de la economía. A mediados de ese siglo, el grupo de economistas franceses denominados *fisiócratas* abogaba por una dinámica de producción de riqueza que no supusiera “un menoscabo de los bienes de fondo” (Quesnay, 1758; citado por Naredo, 2004a, p. 2). Esta concepción del desarrollo, en apariencia absolutamente actual y sostenible, estaba en su origen ligada a la creencia de que las riquezas naturales, incluidas las vinculadas al reino mineral, experimentaban un crecimiento ilimitado. Cuando, posteriormente, la geología y la mineralogía desautorizan la idea del “crecimiento” terrestre, los economistas predicen la evolución de la economía hacia un inevitable estado estacionario, en el cual no será posible incrementar indefinidamente la producción. De manera similar al discurso que mantienen hoy en día las voces más críticas con el actual modelo de desarrollo, los economistas de la época admitían que un mundo físico limitado es incapaz de sostener un crecimiento ilimitado. El devenir posterior de la ciencia económica, fundamentalmente a partir de los economistas neoclásicos, significaría la ruptura definitiva del vínculo entre sistemas físicos y sistemas económicos planteado originalmente por los fisiócratas. El crecimiento ilimitado de la riqueza, desde la óptica neoclásica, es posible en un mundo físicamente limitado, pues la riqueza se reduce esencialmente al *universo pecuniario del valor*, con absoluta independencia del medio físico. De esta forma, ya no es necesario incluir la “cláusula ambiental” de los fisiócratas, dado que no es preciso conservar los “bienes naturales de fondo” para incrementar *ad infinitum* la riqueza de las naciones (Naredo, 2004a, p. 4). Evidentemente, la consolidación de esta doctrina ampara una dinámica de desarrollo totalmente autista frente a la erosión progresiva de los recursos naturales. Las reivindicaciones que se hacen hoy en día desde el campo de la sostenibilidad no harían más que reclamar, en definitiva, un reestablecimiento del vínculo perdido entre la economía y el medio ambiente físico (Naredo, *ibid.*, p. 5).

Las primeras voces críticas que manifiestan su preocupación por las consecuencias de un modelo de desarrollo insensible al deterioro progresivo del medio natural comienzan a aparecer a mediados del siglo XIX. El más destacado pionero del ambientalismo fue George Perkins Marsh, cuya

obra fundamental, *The Earth as Modified by Human Action* (1885), adelanta con carácter visionario algunas problemáticas ambientales actuales como la deforestación y la desertificación. A pesar de ello, el debate sobre la cuestión medioambiental, tal y como hoy lo conocemos, se remonta fundamentalmente a la segunda mitad del siglo XX. A mediados del siglo, el seminario *Man's Role in Changing the Face of Earth* (1955), dedicado a la memoria de Marsh, supuso una oportunidad para que distintos especialistas mostraran su preocupación por el peligroso potencial de destrucción de los recursos naturales asociado a la dinámica de la sociedad occidental. La celebración de este simposio constituye uno de los cimientos fundamentales sobre los que en las décadas siguientes se construirá el edificio del nuevo paradigma de la sostenibilidad. Durante los años sesenta y setenta se sucederán publicaciones de enorme impacto relacionadas con la problemática medioambiental y con la necesidad de plantear cambios para corregir una inminente crisis ecológica. Obras como *Silent Spring* de Rachel Carson (1963), *The Economics of the Coming Spaceship Earth* de Kenneth E. Boulding (1966) o *Design with Nature* de Ian L. MacHarg (1967) contribuyen desde distintos puntos de vista al despertar de la conciencia ecológica de la sociedad. Algunos de los eventos de mayor trascendencia dedicados al difícil casamiento entre desarrollo y conservación de la naturaleza se suceden a lo largo de la década de los setenta; entre ellos, destaca la puesta en marcha del Programa *Man and Biosphere* de la UNESCO, que trata de compatibilizar la conservación de la naturaleza con la reducción de la pobreza a nivel mundial; así como la Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Humano, a partir de la cual se promovió el lanzamiento del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); o la primera Conferencia de Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat I). En el plano económico, resultó de especial trascendencia el impacto producido por la publicación en 1971 del llamado *Informe al Club de Roma: Los Límites del Crecimiento*, también conocido como Informe Meadows, a través del cual se recupera la idea de que es imposible el crecimiento ilimitado en un mundo con recursos finitos. La necesidad de plantear límites al crecimiento preside la década de los setenta y se extiende hasta comienzos de la década siguiente; el Informe *Global 2000*, publicado por el Gobierno de los Estados Unidos en 1981, vendrá básicamente a reincidir en las mismas preocupaciones que el Informe Meadows.

En opinión de Naredo (2004a), en la década de los ochenta el componente crítico de años anteriores se irá diluyendo en un *ambientalismo* más tolerante y conformista con el modelo de desarrollo capitalista. En este contexto surge el mencionado Informe Brundtland, y ve la luz final-

Polígono industrial. Huelva





mente el concepto de *desarrollo sostenible*, que se impone de forma exitosa tras el fracaso de anteriores tentativas conceptuales de naturaleza similar (*ecodesarrollo*, *co-desarrollo*). El motivo del éxito de la noción de *desarrollo sostenible*, prácticamente omnipresente a lo largo de la posterior década de los noventa en medios de comunicación, programas políticos, cumbres y acuerdos internacionales, posiblemente constituya al mismo tiempo su mayor debilidad: la ambigüedad e indefinición que la caracterizan es la clave por la que parece satisfacer tanto a los partidarios del crecimiento económico *sostenido*³ (partidarios de un desarrollo económico no sometido a la idea de límite) como a los sectores ecologistas (que ven por fin reconocida de forma oficial sus aspiraciones de incorporar la componente ambiental al concepto de desarrollo). El término es utilizado a menudo de forma insustancial por parte de los propios estamentos políticos, con objeto de revestir de un cierto *maquillaje* ambiental iniciativas que no plantean los cambios estructurales necesarios para frenar la tan largamente anunciada crisis ecológica. Por ello, desde su misma génesis, no han faltado voces críticas con el significado o el uso del concepto de sostenibilidad; de esta forma, como describe Gaja (2002, p. 52), se ha criticado por un lado el proceso de vulgarización y vaciamiento del término; por otro, su excesivo sesgo ecológico y preservacionista; e incluso se ha denunciado el intento del *sistema* de asimilar (y anular) posiciones alternativas a través de la incorporación del concepto al discurso oficial.

A pesar de las críticas, no se puede obviar la relevancia de los avances conseguidos en materia de protección ambiental durante los años de vigencia de lo que podríamos denominar el paradigma sostenibilista; esto parece especialmente cierto en un ámbito como el europeo, en el que las políticas medioambientales comunitarias han supuesto mejoras significativas en aspectos básicos como la prevención y corrección del impacto ambiental de proyectos, la gestión del agua y de los residuos, la creación de redes de conservación de la naturaleza, etc. Sin embargo, a escala global los avances producidos son manifiestamente insuficientes, en especial en lo que respecta a la dimensión social de la sostenibilidad. Con independencia de la solidaridad intergeneracional recogida de forma explícita en la definición del Informe Brundtland, la equidad intrageneracional, es decir, la eliminación o disminución de la desigualdad entre naciones ricas y naciones pobres, continúa siendo el mayor obstáculo para la materialización de los

3. El término *sostenido* es habitualmente utilizado como sinónimo de *sostenible*. En realidad, la expresión *desarrollo sostenido* es etimológicamente más cercana a la idea de un crecimiento económico ilimitado y continuo que al verdadero sentido del desarrollo sostenible, esto es, un modelo de desarrollo sometido a los límites que impone la conservación de los recursos naturales.

presupuestos del desarrollo sostenible. El análisis de las pautas de desarrollo actual de nuestra civilización a través de un indicador como la *huella ecológica* (Wackernagel y Rees, 1996) muestra, por un lado, la insostenibilidad intrínseca del modelo de desarrollo occidental, y por otro, la imposibilidad de exportar dicho modelo a las regiones menos desarrolladas sin provocar con ello un colapso global. Según datos de 2004⁴, en Estados Unidos cada habitante requiere una superficie de 9,57 ha de espacio bioproductivo (con una productividad igual a la media mundial); en España la superficie requerida por habitante es de 4,90 ha. La estimación de la superficie disponible de tierras productivas por habitante del planeta Tierra es de 2,1 ha, y si descontamos el 12% de todo el espacio bioproductivo destinado por el Informe Brundtland a la biodiversidad y conservación de otras especies⁵, de tan sólo 1,8 ha (Wackernagel, 2001). Según estos cálculos, serían necesarios cuatro planetas semejantes al nuestro para abastecer a la población mundial si todos los habitantes de la Tierra alcanzaran el nivel de consumo de recursos medio de Estados Unidos. A pesar de las limitaciones intrínsecas a una metodología ambiciosa, compleja y a la vez simplificadora como la huella ecológica, el mensaje que se desprende de los resultados de su aplicación es de tal contundencia que invita a replantearse la vieja idea de los límites del crecimiento y a hacer que se ponga en duda la viabilidad del mismo concepto de desarrollo sostenible, al menos tal y como se ha venido poniendo en práctica hasta ahora. Por ello, casi veinte años después de su aparición, la idea de sostenibilidad requiere de una precisa redefinición, y necesita quizá más que nunca de instrumentos y metodologías destinados a darle un contenido efectivo, es decir, a facilitar una aplicación real de los preceptos de un paradigma tan exitoso en el plano teórico y político como aparentemente disfuncional en el plano práctico.

Sostenibilidad urbana: el papel de la ciudad en la crisis ecológica global

El debate planteado sobre la validez del concepto de desarrollo sostenible es extensible, en términos generales, a la noción de sostenibilidad urbana. La banalización del concepto, su utilización como mera etiqueta o instrumento publicitario para políticas que nada o poco tienen que ver con la armonización de las dimensiones ambiental, social y económica del progreso, es

4. *Ecological Footprints of Nations*, 2004, disponible en: www.redefiningprogress.org

5. Algunos científicos opinan que este porcentaje debe ser al menos un 25% y, en determinados lugares, hasta el 75%, simplemente para el mantenimiento de los servicios básicos que aportan los ecosistemas globales. Se trataría de una cifra conservadora, pero en cualquier caso superior a la mayoría de las propuestas en el plano político (Wackernagel, 2001).

una práctica especialmente frecuente en el ámbito de la política y la gestión urbanas. Las dudas sobre la funcionalidad y utilidad práctica del término se hacen, si cabe, más patentes si atendemos a los numerosos autores que sostienen que la ciudad, por su propia naturaleza, es en términos ecológicos un ente intrínsecamente insostenible; por ello, el término “sostenibilidad urbana” constituiría para algunos especialistas (Margalef, Greenbie) poco más que un oxímoron (Platt, 1994a, p. 11). A pesar de todo, nadie niega el relevante papel de la ciudad en el actual debate sobre la sostenibilidad: es imposible obviar la trascendental influencia de los procesos urbanos en las principales problemáticas ambientales a todas las escalas, incluida la global. La corrección de ciertas tendencias que podrían conducirnos hacia un posible colapso ecológico pasan inevitablemente por introducir cambios en nuestra forma de entender, de construir y de vivir la ciudad. Los objetivos del desarrollo sostenible

global requieren, por tanto, de una definición más precisa de la sostenibilidad urbana, orientada a la resolución práctica de problemas y alejada de ambigüedades y retóricas políticas. Tal y como se afirmó en la Cumbre de Río, “la batalla de la sostenibilidad se decidirá en las ciudades”⁶.

La problemática ambiental asociada a la ciudad es compleja y se manifiesta a muy distintas escalas. Los flujos de recursos (materiales, energía, alimentos) que entran en la ciudad para alimentar la actividad económica y vital que se concentra en su seno proceden no sólo del entorno circundante, como ocurría con las urbes al menos hasta finales del siglo XIX, sino de regiones cada vez más distantes, por lo que el impacto de la actividad urbana se extiende, de forma inevitablemente pareja al fenómeno de la globalización, a escala planetaria. La ciudad actúa así de forma parasitaria (Douglas, 1983; citado por Bettini, 1998, p. 81), provocando el



Las emisiones de gases contaminantes derivados del tráfico urbano suponen un impacto a escala regional y global, originando un deterioro en la calidad ambiental

expolio de recursos naturales a menudo lejanos. Igualmente, los flujos de residuos y desechos producidos por la actividad urbana tienen un alcance variable, en ocasiones global, como es el caso de los contaminantes atmosféricos generados por el tráfico y la actividad industrial. A pesar de ocupar aproximadamente un 2% de la superficie del planeta, las ciudades constituyen el origen de aproximadamente el 78% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Terradas, 2001, p. 13); igualmente, los gases contaminantes producidos en la ciudad pueden ser transportados en la atmósfera a través de miles de kilómetros, extendiendo sus efectos nocivos para la salud de las personas o los ecosistemas a regiones distantes (por ejemplo, de Norteamérica a Europa, o de latitudes medias al ártico)⁷. A una escala de mayor detalle, regional o subregional, el crecimiento urbano afecta de forma determinante al territorio sobre el que se asienta la ciudad. Los impactos a esta escala

abarcaban desde la fragmentación del paisaje y la pérdida de biodiversidad hasta la alteración de los procesos hidrológicos, la contaminación de suelos o la desaparición de masas forestales, efectos todos ellos potenciados por la dinámica de expansión difusa predominante en las urbes actuales. Finalmente, a escala estrictamente local, la ciudad puede ser considerada no sólo foco, sino también sumidero y punto de concentración de los efectos ambientales de la actividad humana, a causa de la concentración de personas y actividades productivas. El menoscabo de la calidad ambiental en el medio urbano (ruido, concentración de contaminantes) se ve frecuentemente agravado por los problemas de desigualdad económica e injusticia social asociados a las grandes aglomeraciones urbanas; una cuestión a la que el concepto de sostenibilidad urbana debe ser necesariamente sensible.

6. Declaraciones de Maurice F. Strong, Secretario General de la Cumbre de Río.

7. Esta cuestión es abordada por el proyecto *Megacities Impact on Global and Regional Environment* (MIRAGE): <http://mirage-mex.acd.ucar.edu/index.shtml>

Tabla 6. Evolución de la población urbana global			
Año	Población total (miles de personas)	Población urbana (miles de personas)	Porcentaje urbano (%)
1950	2.519.470	732.974	29,1
1960	3.023.812	993.521	32,9
1970	3.696.588	1.331.023	36
1980	4.442.295	1.739.826	39,2
1990	5.279.519	2.280.119	43,2
2000	6.085.572	2.863.982	47,1
2010	6.842.923	3.511.834	51,3
2020	7.577.889	4.236.446	55,9
2030	8.199.104	4.986.617	60,8

Fuente: *World Population Prospect: The 2004 Revision (population database)*. United Nations Population Division, 2005.

La creciente dimensión urbana del problema ecológico global es fácilmente perceptible a partir de las estadísticas relativas a la evolución de la población mundial. A día de hoy, aproximadamente un 50% de la población mundial habita en ciudades. Los datos señalan un incremento constante del porcentaje de población urbana a escala global. Si en 1900 la población urbana suponía un 14% de la población total, medio siglo después el porcentaje alcanzaba el 29% (Platt, 1994a, p. 2). Según las proyecciones realizadas por Naciones Unidas (2005), este valor volverá a duplicarse para el año 2030 (ver tabla 6), fecha en que la población urbana supondrá más de un 60% del total. Este incremento no se debe exclusivamente a la dinámica poblacional de los países más desarrollados, sino que responde a una tendencia de carácter global. De hecho, las regiones

con un menor nivel de desarrollo han experimentado un mayor incremento relativo de su población urbana en el último medio siglo, y mantendrán esta tendencia en las décadas venideras (ver tabla 7), si bien no conseguirán alcanzar en términos globales el elevado porcentaje de población urbana del conjunto de los países más prósperos (80,2% en 2025).

Es necesario prestar atención a la dinámica de crecimiento de las grandes aglomeraciones urbanas, donde la problemática ambiental y social se agudiza de forma sensible. En 1950, sólo ocho ciudades superaban los cinco millones de habitantes; de entre ellas, únicamente Nueva York y Tokio constituían lo que se ha venido a denominar megalópolis (ciudades de más de diez millones de habitantes). En el año 2000, se podían contabilizar ya dieciocho megalópolis y cuarenta y dos ciudades con una población superior

Tabla 7. Evolución de la población urbana (%) por regiones								
Año	África	Asia	Europa	Latinoamérica y Caribe	Norteamérica	Oceanía	Regiones más desarrolladas (1)	Regiones menos desarrolladas (2)
1950	14,9	16,6	51,2	41,9	63,9	60,6	52,5	17,9
1975	25,3	24	66	61,2	73,8	71,7	67,2	26,9
2000	37,1	37,1	72,7	75,5	79,1	72,7	73,9	40,5
2025	50,7	51,4	78	83,5	84,8	74,5	80,2	54,2

1: Europa, Norteamérica, Australia, Nueva Zelanda y Japón. 2: África, Asia (excepto Japón), Latinoamérica, Melanesia, Micronesia y Polinesia.

Fuente: *World Population Prospect: The 2004 Revision (population database)*. United Nations Population Division, 2005.

a cinco millones. Las proyecciones realizadas por Naciones Unidas sitúan en 22 el número de megalópolis y en 61 el número de ciudades mayores de cinco millones de habitantes para 2015. En contra de lo que podría parecer en un principio, la mayoría de las grandes aglomeraciones urbanas están situadas en países en desarrollo (de las 18 megalópolis actuales, sólo cinco

están dentro de las regiones más desarrolladas), lo que supone un agravante para las problemáticas socioambientales (ver tabla 8). A pesar de todo, la gran mayoría de la población urbana mundial se concentra actualmente (y, a tenor de las previsiones, se seguirá concentrando en un futuro) en núcleos urbanos de medio o pequeño tamaño (Naciones Unidas, 2005).

Tabla 8. Evolución de las ciudades de más de 10 millones de habitantes

1975		2000		2015	
Ciudad	Población (miles de hab.)	Ciudad	Población (miles de hab.)	Ciudad	Población (miles de hab.)
Tokyo	26.615	Tokyo	34.450	Tokyo	36.214
New York-Newark	15.880	<i>Mexico City</i>	18.066	<i>Mumbai (Bombay)</i>	22.645
<i>Shanghai</i>	11.443	New York-Newark	17.846	<i>Delhi</i>	20.946
<i>Mexico City</i>	10.690	<i>São Paulo</i>	17.099	<i>Mexico City</i>	20.647
		<i>Mumbai (Bombay)</i>	16.086	<i>São Paulo</i>	19.963
		<i>Calcutta</i>	13.058	New York-Newark	19.717
		<i>Shanghai</i>	12.887	<i>Dhaka</i>	17.907
		<i>Buenos Aires</i>	12.583	<i>Jakarta</i>	17.498
		<i>Delhi</i>	12.441	<i>Lagos</i>	17.036
		Los Angeles 2	11.814	<i>Calcutta</i>	16.798
		Osaka-Kobe	11.165	<i>Karachi</i>	16.155
		<i>Jakarta</i>	11.018	<i>Buenos Aires</i>	14.563
		<i>Beijing</i>	10.839	<i>Cairo</i>	13.123
		<i>Rio de Janeiro</i>	10.803	Los Angeles 2	12.904
		<i>Cairo</i>	10.398	<i>Shanghai</i>	12.666
		<i>Dhaka</i>	10.159	<i>Metro Manila</i>	12.637
		Moscow	10.103	<i>Rio de Janeiro</i>	12.364
		<i>Karachi</i>	10.032	Osaka-Kobe	11.359
				<i>Istanbul</i>	11.302
				<i>Beijing</i>	11.060
				Moscow	10.934
				Paris	10.008

Fuente: *World Urbanization Prospect: The 2003 Revision*. United Nations Population Division, 2004. En cursiva las ciudades pertenecientes a regiones menos desarrolladas.

A pesar de que el fenómeno urbano ha alcanzado en el cambio de milenio unas dimensiones excepcionales, inéditas en la historia de la humanidad (si exceptuamos el caso excepcional de la Roma imperial, ninguna ciudad había alcanzado el millón de habitantes hasta el siglo XIX), los efectos negativos del proceso de urbanización eran ya evidentes a mediados del siglo XIX, como demuestran los informes de autores como Chadwick (1842) para las ciudades inglesas o Griscom (1848) para el caso de Nueva York (Platt, 2004a, p. 3). La perspectiva higienista dominaría los primeros intentos de corregir la problemática ambiental urbana, dando lugar a disposiciones legales como la *British Public Health Act* (1848) e influyendo en el nacimiento de la planificación urbana moderna. Posteriormente, surgirían diversas iniciativas de planificación y propuestas de nuevos modelos urbanos (véanse, por ejemplo, los proyectos de Howard o Le Corbusier, analizados en el capítulo anterior) con la intención de recobrar el equilibrio perdido entre naturaleza y ciudad, causante para muchos de gran parte de los males del urbanismo. Esta tesis era recogida por Mumford en su clásico texto "La Historia Natural de la Urbanización" (1956), aportación del autor al ya citado simposio *Man's Role in Changing the Face of Earth*. Las ideas de Mumford o de Sears, también presente en el seminario, sentarán las bases de la reflexión posterior sobre la sostenibilidad urbana. En el ámbito estadounidense, destaca el papel de movimientos como el llamado *City Beautiful* en el desarrollo y planificación de ciudades más verdes y sostenibles. Si bien esta tendencia hacia un urbanismo ambientalmente sensible sigue vigente en los años sesenta con nuevas iniciativas, según autores como Platt, en los años setenta se producirá una cierta migración del interés ambientalista desde la escala urbana a la nacional, y en los ochenta a la global, perdiéndose gran parte de la confianza en el urbanismo como instrumento para la mejora ambiental de la ciudad (Platt, 1994b, p. 21). Sin embargo, como veremos en el apartado siguiente, en los años setenta comienza a desarrollarse una aproximación diferente a la tradicional perspectiva urbanística para abordar la problemática ambiental urbana: se trata del desarrollo de estudios basados en la ecología urbana, puestos en marcha fundamentalmente a partir del Proyecto 11 del Programa MaB de la UNESCO.

En cualquier caso, es a tenor de la aparición y exitosa acogida del concepto de desarrollo sostenible cuando la reflexión sobre el medio ambiente urbano experimenta su impulso definitivo. El documento de consenso de la Cumbre de Río dedica su capítulo 28 a los asentamientos humanos, reconociendo que muchos de los problemas y soluciones apuntadas en la Cumbre tienen sus raíces en la colaboración de las autoridades locales. Si bien el tratamiento dado en la Cumbre a la problemática del medio ambiente urbano parece insuficiente, poco después esta misma cuestión se convertirá en un asunto insistentemente abordado desde el plano político

y académico⁸. La publicación del *Libro Verde de Medio Ambiente Urbano* (1990) por la Unión Europea, las tres Conferencias Europeas de Ciudades Sostenibles (Aalborg, 1994; Lisboa, 1996; Hannover, 2000), la Segunda Conferencia Hábitat sobre Asentamientos Humanos (1999) o la Conferencia Euro-Mediterránea de las Ciudades Sostenibles (Sevilla, 1999), son algunos de los hitos recientes más reseñables en este sentido. Entre ellos, destaca especialmente la Primera Conferencia de Ciudades Sostenibles, cuyo documento de conclusión, la Carta de Aalborg, sentó las bases para la elaboración de los llamados "planes de acción local hacia la sostenibilidad", más conocidos como Agendas 21 Locales, por parte de numerosos municipios europeos. Sin lugar a dudas, la Agenda 21 Local es en la actualidad la herramienta más conocida y ampliamente utilizada para mejorar la gestión sostenible de las ciudades.

A pesar de los avances experimentados en estos últimos años, y al igual que sucede con el concepto más general de desarrollo sostenible, la sostenibilidad urbana requiere de la implementación de nuevos instrumentos metodológicos que permitan profundizar en el conocimiento de los problemas ambientales urbanos, así como del desarrollo de políticas que materialicen y hagan efectivo el discurso de lo sostenible más allá de la mera "publicidad ambiental". Por ejemplo, el análisis de los procesos ecológicos en el medio urbano o el estudio de la influencia de los patrones espaciales de crecimiento urbano en la sostenibilidad del territorio urbanizado son cuestiones que requieren de una urgente labor de investigación. En este sentido, la ecología urbana, como disciplina orientada al estudio del funcionamiento ecológico de los asentamientos humanos, y la planificación territorial y el urbanismo, como instrumentos de ordenación e intervención en los procesos de crecimiento urbano, se muestran como dos herramientas básicas y complementarias para afrontar de forma eficaz el reto de la sostenibilidad urbana.

Ecología urbana: el estudio de la ciudad desde la perspectiva ecológica

De una forma sencilla, la ecología urbana puede ser entendida como el estudio de los ecosistemas urbanos (Terradas, 2001, p. 33), o bien, si se prefiere, como la investigación ecológica desarrollada en asentamientos humanos

8. Platt (1994, p. 10) argumenta que en la Cumbre de Río se puso el énfasis en el impacto de las ciudades en la biosfera y en la componente tecnológica del hecho urbano, pasándose por alto la importante función de los sistemas naturales en el seno de las áreas urbanas. Según el autor, se pierde así una oportunidad de recuperar el legado de pioneros como Howard, Geddes o Mumford.

(Niemela, 1999, p. 58). Se trata, en cualquier caso, de una disciplina necesaria para implementar la noción de sostenibilidad a los procesos de planificación y gestión de las ciudades, ya que aporta a nuestro conocimiento del hecho urbano una perspectiva adicional, la ecológica, tan imprescindible para comprender la problemática ambiental de las ciudades como marginada o ignorada en la práctica urbanística habitual. En ocasiones, el concepto de ecología urbana es utilizado como sinónimo de desarrollo urbano sostenible (Sukopp, 2002, p. 373), lo cual, a nuestro juicio, es un error. Como se dijo anteriormente, la sostenibilidad urbana constituye un reto de marcado carácter transversal y multidisciplinar, en el que la componente ecológica es sólo uno de los factores a tener en cuenta. La ecología urbana no debe, por tanto, ser entendida como una disciplina de enfoque reduccionista, cuya pretensión es simplificar o constreñir el estudio de la ciudad a los límites de la ciencia ecológica; al contrario, el objetivo de la ecología urbana es aportar una nueva perspectiva de análisis, esencial para entender la dimensión ecológica de los procesos urbanos, y necesariamente complementaria y compatible con el resto de perspectivas que, desde ámbitos tan diversos como la geografía, la sociología, la economía o la arquitectura, se aplican normalmente al estudio de la ciudad.

Si queremos definir de forma precisa el concepto de ecología urbana, es necesario remitirnos en primer lugar a la propia definición de ecología. Según Margalef, la ecología es la "biología de los ecosistemas" (1991, p. 2), pudiendo definirse un ecosistema como "un sistema formado por individuos de muchas especies, en el seno de un ambiente de características definibles, e implicados en un proceso dinámico e incesante de interacción, ajuste y regulación, expresable bien como intercambio de materia y energía, bien como una secuencia de nacimientos y muertes, y uno de cuyos resultados es la evolución a nivel de las especies y la sucesión a nivel del sistema entero" (Margalef, *ibid.*, p. 2). La ecología urbana sería, entonces, la



El avión común (*Delichum urbica*) es una especie frecuentemente ligada al espacio urbano, que construye sus nidos en paredes y aleros de edificios

biología de los ecosistemas urbanos: desde la óptica ecológica se considera la ciudad como un sistema ecológico artificial, que puede ser definido en términos estructurales y funcionales, y que está constituido por componentes tanto bióticos como abióticos, así como por los ciclos y la transformación de materia y energía que se desarrollan en su seno. El ecosistema ciudad tiene una organización espacial propia y unas pautas distintivas de cambio en el tiempo, las cuales resultan en patrones de comportamiento de las especies, de dinámica de poblaciones y de formación de comunidades que son específicos del medio ambiente urbano (Sukopp, 2002, p. 373).

Asimilar la ciudad a un sistema ecológico supone una ruptura con la tradicional contraposición entre naturaleza y ciudad, dos términos que secularmente han sido considerados en esencia como opuestos y excluyentes⁹. La ciudad ha sido siempre percibida como un producto de la tecnología, que representa como ningún otro artefacto humano la antítesis de lo natural. Hasta tal punto ha calado esta dicotomía ciudad-naturaleza en nuestra forma de entender el hecho urbano, que los urbanistas, los planificadores y los gestores de nuestras ciudades apenas han prestado atención (salvo, claro está, notables excepciones) a la dimensión ecológica del desarrollo urbano. Por su parte, los ecólogos han asumido también este discurso, restringiendo tradicionalmente su ámbito de estudio al medio natural o rural, y considerando en general la ciudad como un *desierto ecológico*.

La ruptura de la dicotomía ciudad-naturaleza se produce al entenderse que la ciudad "no representa nada más que un nuevo medio [...] adaptado a las necesidades de la especie humana, y no a las de las especies vegetales y animales" (Rublowsky, 1967; citado por Sukopp y Werner, 1991, p. 18). Un medio, eso sí, con una serie de rasgos peculiares que

9. Para una reflexión sobre la oposición ciudad-naturaleza, ver: Lefevre, H. (2000) "Town and Country", *Writings on cities*. Blackwell Pub., Massachussets.

nos permiten diferenciarlo de otros ecosistemas y que abarcan desde las condiciones climáticas, el ciclo de nutrientes o el flujo energético hasta la estructura espacial y el inventario biológico; estas peculiaridades no son más que el fruto de ese proceso de adaptación del entorno, mediante la cultura y la tecnología, a nuestros requerimientos específicos. La relación de las características ecológicas del sistema urbano ha sido abordada, entre otros, por Salvo y García-Verdugo (1993, p. 11) y por Sukopp y Werner (1991, pp. 19 y 77); en términos generales, podemos sintetizarlas en los siguientes puntos:

- Pequeña producción primaria; desequilibrio en favor de los organismos consumidores y baja actividad de los detritívoros; utilización y consumo de energía secundaria a gran escala por parte del hombre.
- Importación y canalización de agua; disminución de las aguas subterráneas debido a su extracción y a la construcción de superficies impermeables.
- Gran importación y exportación de materiales; producción de una gran cantidad de residuos, parcialmente compuestos por materiales dañinos al medio ambiente y no descomponibles.
- Alteraciones de la topografía provocadas por movimientos de tierra a gran escala y por obras; elevación en varios metros de la superficie del suelo por el denominado *estrato cultural*; cambios en el perfil del suelo y en su formación natural debidos a los procesos de pavimentación, excavación, rellenado y compresión.
- Fuerte contaminación del aire, el suelo y el agua.
- Cambio en el equilibrio térmico, que se manifiesta a través del efecto "isla de calor" urbana; desarrollo como consecuencia de ello de un microclima típicamente urbano, caracterizado por una mayor temperatura y sequedad relativa.
- Espacio estructurado muy heterogéneamente y en mosaico.
- Cambios fundamentales en las poblaciones vegetales y animales; marcado descenso de las especies autóctonas de flora y fauna; aumento de la presencia de especies adaptadas a las condiciones urbanas.

En cualquier caso, este conjunto de características no impide que la ciudad pueda ser analizada en los mismos términos que un ecosistema natural. Jaume Terradas (2001, pp. 37-50) demuestra que es perfectamente viable estudiar un sistema urbano en función de los contenidos de cualquier manual de ecología; así, por ejemplo, es posible aplicar al ámbito urbano los conceptos ecológicos de jerarquía y escala, estudiar el medio físico que subyace a los procesos urbanos, analizar la dinámica poblacional de la urbe, su estructura y su funcionamiento metabólico, o abordar los intercambios de información y los mecanismos de regulación que controlan el funcionamiento y la evolución del sistema.

A día de hoy, el hecho de que la ciudad pueda ser considerada como una parte más de la biosfera y, como tal, ser analizada por la ecología es algo ampliamente aceptado en el mundo académico; sin embargo, esta idea fue objeto de una fuerte controversia en los años setenta (Sukopp y Werner, 1991, p. 19), periodo en el que la ecología urbana fue definida formalmente como una disciplina independiente dentro del marco de la ciencia ecológica. Es a comienzos de esta década cuando empiezan a proliferar los estudios sistemáticos del clima, el suelo, el agua y los organismos en el medio urbano, fundamentalmente a partir del desarrollo del ya citado Proyecto 11 del Programa *Man and Biosphere* de la UNESCO¹⁰. Los antecedentes de la ecología urbana se remontan, sin embargo, siglos atrás, tal y como recuerda Sukopp, pudiendo afirmarse que los contenidos de esta ciencia ya existían mucho antes de su formalización terminológica y su aceptación en el ámbito académico e institucional (Sukopp, 2002, p. 383).

Orígenes y evolución de la ecología urbana

En Europa central y occidental, la primeras investigaciones ecológicas en la ciudad se centraron fundamentalmente en biotopos particulares del medio urbano: se buscaba la naturaleza en la ciudad, pero no se consideraba la naturaleza urbana como un todo. Estos estudios pioneros se desarrollaron preferentemente en jardines y parques, o bien en sitios alterados por el hombre pero recolonizados por la naturaleza, tales como ruinas, muros, etc. En el siglo XVII encontramos los primeros registros de flora en Londres (Johnson, 1629 y 1632) para un área de brezal; en el caso de París¹¹, la flora urbana fue estudiada repetidamente en los siglos XVII y XVIII (Cornut, 1635; Tournefort, 1698; Vaillant, 1727). Cabe señalar que las primeras floras urbanas impresas no se restringían a una zona particular *intramuros*, sino que incluían áreas alejadas del centro urbano; no será hasta el siglo XIX cuando aparezcan obras centradas exclusivamente en la flora *intramuros* de la ciudad. El número de publicaciones sobre la flora y la fauna urbanas experimentó un lento crecimiento a lo largo de este siglo, para

10. "El Proyecto 11 (Aspectos ecológicos del uso de la energía en sistemas urbanos e industriales) se centró originalmente en el estudio del flujo de la energía, materiales, agua y desechos en las ciudades, con un enfoque de ecosistemas, y las interacciones entre las ciudades y sus regiones de influencia (*hinterland*). Los estudios derivados de este proyecto incluyeron no sólo los aspectos ecológicos, sino también cuestiones de biología humana y variables socioculturales, psicosociales y económicas" (Jardel, 2001, p. 2).

11. Numerosos botánicos y naturalistas ilustres llevaron a cabo estudios florísticos en París durante los siglos XVIII y XIX, entre ellos, Linneo, Rousseau, Buffon o Humboldt (Jolinon, 1997; citado por Sukopp, 2002, p.375).

incrementarse posteriormente con rapidez en el siglo XX, especialmente en su segunda mitad (Sukopp, 2002, pp. 373-375).

Aparte de la diversidad biológica, otros aspectos de la ecología de la ciudad comienzan a ser estudiados por primera vez a partir del siglo XIX: tal es el caso del clima (análisis de las diferencias entre el clima urbano y el del entorno rural por Howard, 1833), la emisión de gases (estudios de la relación entre el contenido de azufre del carbón y los daños producidos por el SO₂ por Stöckhardt, 1850) o los efectos de los compuestos contaminantes (estudio de la correlación entre el incremento de la contaminación atmosférica y el retroceso de los líquenes epifitos; Grindon, 1859 y Nylander, 1866); este tipo de estudios se prolongarán en el siglo XX (Sukopp, 2002, pp. 376-377).

Aunque las primeras síntesis sobre ecología urbana se publican ya en la primera mitad del siglo XX (Weidner, 1939; Rudder y Linke, 1940; Peters, 1954), por parte de autores vinculados a los campos de la biología, la geografía o la medicina, no es hasta mediados del siglo XX cuando la ciudad comienza a ser percibida como una unidad desde el punto de vista ecológico, analizándose en profundidad la variedad de biotopos, organismos y comunidades en distintas ciudades como Londres (Fitter, 1946; Gill y Bonnett, 1973), París (Jovet, 1954), Nueva York (Kieran, 1959; Rublowsky, 1967), Viena (Kühnelt, 1955; Schweiger, 1962), etc. A partir de los años setenta, como se ha dicho, comienzan a desarrollarse estudios urbanos complejos desde un punto de vista ecosistémico. Duvigneaud (1974) aplicó la metodología utilizada en el análisis de ecosistemas forestales y de lagos para el estudio de Bruselas, analizando los *input* y *output* de materia y energía para el sistema urbano (Sukopp, 2002, pp. 378). Destacan también los análisis realizados para las ciudades de Hong Kong (Boyden *et al.*, 1981) y Tokio (Miyawaki *et al.*, 1975; Numata, 1977), donde se abordan cuestiones como la salud y el bienestar humano y las conexiones entre cultura y naturaleza. Como se ha comentado, el Proyecto 11 del Programa *Man and Biosphere* de la UNESCO fue decisivo para la consolidación de este enfoque ecosistémico (Jardel, 2001, p. 2). Tanto los estudios desarrollados en el seno del Programa MaB como el resto de las investigaciones llevadas a cabo en materia de ecología urbana desde los años setenta hasta la actualidad, han ido incorporando progresivamente un enfoque interdisciplinario aplicado a la planificación urbana; asimismo, han contribuido al desarrollo de modelos de la relación entre urbanización y cambio ambiental, y han abordado aspectos como la gestión de espacios verdes, la mejora en el uso de la energía, el agua y otros recursos y el tratamiento y reciclaje de desechos (Celecia, 2000).

Para completar esta breve revisión del origen y evolución del concepto de ecología urbana, es necesario hacer referencia a otras aproximaciones al término provenientes de otras disciplinas no vinculadas a la ciencia eco-

lógica. A este respecto, cabe destacar el trabajo desarrollado fundamentalmente entre los años 1920 y 1930 por investigadores como Robert E. Park, Ernest Burgess, Roderich McKenzie o Louis Wirth, integrantes de la denominada Escuela de Chicago. Estos autores aplican al estudio de la sociología urbana conceptos y términos pertenecientes a la ecología; su enfoque claramente sociológico hace que se les enmarque en la llamada *ecología humana*¹². Desde el punto de vista estrictamente ecológico, la aproximación que realizan al estudio de las poblaciones urbanas tiene escaso valor, y sus resultados son percibidos por diversos autores como “poco fructíferos” (Terradas, 2002, p. 29), o fruto de una “escasa cultura ecológica” (Bettini, 1998, p. 60). En cierto modo, mucho más cercana a la perspectiva de los ecólogos urbanos se encuentra la postura de autores como Geddes, Sears o Mumford. Este último es probablemente el primero en realizar un estudio de la evolución del fenómeno urbano a través de la historia, tomando como base una reflexión sobre la adaptación de la ciudad al medio físico en que se inserta (Mumford, 1956). Por su parte, el arquitecto y urbanista griego Konstantinos Doxiadis intentó desarrollar una ciencia integral de los asentamientos humanos conocida como Ekística, presentada en su obra *Ecology and Ekistics* (1977); su concepción de las ciudades como entidades en sí mismas, así como la integración de algunos elementos ecológicos en sus planteamientos, supusieron sin duda avances positivos en relación con la aproximación sostenibilista al estudio del hecho urbano¹³.

Ecología urbana y sostenibilidad: diferentes aproximaciones

En función del ámbito geográfico donde nos situemos, la ecología urbana presenta diferentes matices en sus planteamientos y su aplicación. Como es lógico, en países subdesarrollados el objetivo principal es la mejora de las condiciones de salubridad y la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, centrándose los estudios en la agricultura y silvicultura urbana, la depuración de las aguas o la eliminación de residuos. Por otra parte, es posible encontrar diferencias entre los enfoques desarrollados en Europa y Estados Unidos; por ejemplo, la investigación sobre el arbolado o el bosque urbano (*urban forest, urban forestry*), desarrollada con profundidad en el ámbito

12. Para profundizar en el enfoque desarrollado por la Escuela de Chicago y la ecología humana, ver: Park, R.E. (1999) *La ciudad y otros ensayos de ecología urbana*. Ediciones del Serbal, Barcelona.

13. No se puede afirmar lo mismo con respecto a *Ecumenópolis*, propuesta defendida por el mismo Doxiadis, consistente en la creación de una ciudad global como resultado de la fusión de las distintas megalópolis mundiales.

estadounidense (McBride y Jacobs, 1976; Grey y Deneke, 1975; Rowntree, 1986), es poco habitual en la mayoría de los países europeos (con excepciones como Suecia u Holanda), donde parece haber una mayor pre-ocupación por los impactos de la urbanización en las masas forestales exteriores a los asentamientos humanos (Sukopp, 2002, pp. 379-380).

A pesar de la diversidad global existente en cuanto a la acepción del concepto de ecología urbana y al desarrollo de diferentes aproximaciones teóricas y metodológicas, sería posible definir algunos elementos comunes que expresen los objetivos generales de los estudios ecológicos en el medio urbano. Terradas (2001, p. 32) destaca tres ideas sobre las cuales varios estudios desarrollados en EE.UU. ponen un especial énfasis; se trata de cuestiones que, por su interés y su carácter general, se podrían hacer extensivas al conjunto de estudios desarrollados en la actualidad en el marco de la ecología urbana:

- ¿Cuáles son los flujos de materia y energía en la ciudad y cómo cambian con el tiempo?
- ¿Cómo se relaciona la estructura espacial de los factores ecológicos, físicos y socioeconómicos con el funcionamiento del ecosistema ciudad?
- ¿De qué manera los habitantes de las metrópolis pueden desarrollar un uso y comprensión de la misma como sistema ecológico, para mejorar la calidad de su medio y de su vida cotidiana?

Con el objeto de profundizar en nuestro estudio de los beneficios potenciales resultantes de incorporar la ecología urbana a la planificación y gestión de las ciudades, resulta útil distinguir entre dos corrientes científicas fácilmente reconocibles en la literatura especializada; cada una de estas tendencias se correspondería a grandes rasgos con una de las dos primeras cuestiones expuestas por Terradas: el análisis de los flujos de materia y energía, por un lado, y por otro, el estudio de la estructura espacial del ecosistema urbano.

El primero de estos enfoques pone el énfasis en los ciclos urbanos del agua, los materiales y la energía, preocupándose fundamentalmente



Las zonas baldías y espacios urbanos degradados presentan, con un adecuado tratamiento y ordenación, una interesante potencialidad para el desarrollo de diversas funciones ambientales

por los impactos producidos en la biosfera tanto por la entrada de *inputs* al sistema ciudad (consumo de recursos), como por los *outputs* del sistema (emisión de contaminantes, generación de residuos). Se parte de la base de que la ciudad puede ser considerada desde un punto de vista trófico como un ecosistema artificial, de tal forma que es posible, en palabras de Wolman (Bettini, 1998, p. 81), llevar a cabo un análisis del *metabolismo urbano* de forma similar a como se realiza un análisis de los flujos de materia y energía para un ecosistema natural como puede ser un bosque o un lago.

La segunda aproximación se centra en el punto de vista de la ecología descriptiva y demográfica, a través del análisis de las poblaciones

urbanas, la tipificación, clasificación y cartografía de las comunidades y el estudio tanto de la evolución en el tiempo, como de la expresión espacial del ecosistema urbano. Citando a Bettini (1998, p. 131), este enfoque se caracterizaría por su percepción de la ciudad como *mosaico de hábitats*, es decir, como un territorio con una estructura espacial compleja y heterogénea, en el que la presencia y la actividad humanas interactúan con la biodiversidad urbana e influyen en los procesos ecológicos existentes.

Ambas aproximaciones a la ecología urbana se pueden considerar, a grandes rasgos, paralelas a los dos principales líneas de actuación de las políticas e iniciativas orientadas a la sostenibilidad urbana (Platt, 1994a, p. 11). Por un lado, están las políticas preocupadas por el metabolismo urbano, es decir, por el impacto de los flujos de materia y energía del sistema urbano en la biosfera, que tendrían como objetivos la mejora de la gestión de ciclos urbanos de agua y residuos, la racionalización del consumo energético, la planificación sostenible del transporte o las medidas de control de las emisiones contaminantes; este es el campo de trabajo habitual de las administraciones dedicadas a la gestión ambiental urbana. Por otro lado, la actuaciones vinculadas a lo que se ha venido a denominar como *urban greening* (reverdecimiento de la ciudad) tendrían su foco de interés en la mejora de la calidad ambiental de la urbe a través del mantenimiento de un cierto grado de "naturalidad" (en el sentido de presencia de elementos naturales) en el seno de la ciudad, fundamentalmente a través del diseño y la gestión

de los espacios verdes urbanos. Ambos enfoques no son estrictamente interdependientes: al contrario, presentan numerosos vínculos de interrelación, como se mostrará en el capítulo siguiente a través del concepto de “servicio ecológico”. En cualquier caso, representan dos líneas de acción imprescindibles e insustituibles para el progreso hacia la sostenibilidad urbana.

Analizaremos en los apartados siguientes las bases teóricas de ambos enfoques; en el conjunto de la obra se prestará una atención especial al segundo de ellos, ya que presenta una vinculación más directa con la funcionalidad ecológica del espacio libre, y dado también que, por la importancia que otorga a la dimensión espacial de los fenómenos ecológicos, resulta de especial interés para su aplicación a través de los instrumentos de ordenación territorial y planeamiento urbano.

La ciudad como ecosistema artificial: análisis del metabolismo urbano

Analizados desde el punto de vista termodinámico, “los ecosistemas, como los organismos, son sistemas alejados del equilibrio que se autoorganizan a costa de provocar incrementos en los niveles de desorden o entropía en el medio que los rodea” (Terradas, 2001, p. 35). Esto quiere decir que los ecosistemas obtienen energía del medio exterior, que es devuelta posteriormente al mismo en formas no aprovechables; por este motivo, se consideran estructuras disipativas. Sin este aporte continuo de energía, el ecosistema no puede mantener o aumentar un orden interno. Algo parecido ocurre con los materiales, extraídos del exterior del sistema, y devueltos en forma de partículas no aprovechables. Es evidente que las ciudades y los sistemas socioeconómicos de escalas superiores son estructuras disipativas, al igual que los ecosistemas naturales. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, resulta fundamental analizar este comportamiento de los sistemas urbanos, dado que no es sino este metabolismo energético y de los materiales lo que determina el impacto más directo de la ciudad en el medio natural. Partiendo de la asimilación entre ciudad y ecosistema, es posible llevar a cabo un estudio del metabolismo urbano de la misma forma en que se realiza para un ecosistema natural.

Esta perspectiva es desarrollada, entre otros, por E.P. Odum. En su obra *Basic Ecology* (1983), Odum define el ecosistema como “la unidad que incluye todos los organismos de un área determinada (la comunidad biótica) que interactúan con el medio físico de tal manera que un flujo de energía conduzca a una estructura trófica definida, a una diversidad biológica y a un ciclo de la materia (un intercambio de materia entre lo vivo y lo inerte) en el interior del sistema” (Bettini, 1998, p. 79). Partiendo de esta definición, Odum asimila la ciudad a un “ecosistema heterótrofo”, fuertemente depen-

diente de su medio externo para la consecución de alimento, energía y materiales, por contraposición a un ecosistema autótrofo como podría ser un bosque. El paralelismo tiene, no obstante, ciertas limitaciones: es necesario tener en cuenta las siguientes diferencias fundamentales entre el funcionamiento trófico del ecosistema-ciudad y el de un ecosistema natural.

- En primer lugar, la tasa metabólica del ecosistema ciudad es más intensa por unidad de área que la de un ecosistema natural. Esto determina la existencia de un mayor flujo de entrada de energía concentrada (en su mayor parte, combustibles fósiles) al sistema. Desde un punto de vista cuantitativo, la densidad energética (consumo de energía por unidad de superficie y por año) de un ecosistema urbano es unas 1.000 veces superior a la de un ecosistema forestal (Odum, 1983).

- Por otro lado, el ecosistema ciudad necesita, además, del ingreso de materiales especiales (como metales para uso industrial y comercial), y no sólo de aquellos verdaderamente imprescindibles para el sostenimiento de la vida, como en el caso de un ecosistema natural.

- El ecosistema ciudad origina una tan considerable como dañina emisión de productos de desecho, muchos de los cuales son productos químicos sintéticos más tóxicos que los materiales naturales de los que proceden. Como indica Nebbia, a diferencia de los ecosistemas naturales, “el ecosistema ciudad utiliza, metaboliza y reelabora materiales que son sustancialmente extraños a la vida que se desenvuelve en el interior de la ciudad. Los residuos deben por lo tanto ser exportados o tratados con procesos técnicos y los desechos finales son completamente diferentes a los utilizados que habían entrado en la ciudad y a partir de los cuales se han formado. La producción de desechos “dentro” de un ecosistema ciudad está, pues, generalmente acompañada de efectos ambientales negativos, de un empeoramiento de la calidad del ambiente, de contaminación” (Nebbia, 1998, p. 219).

- Finalmente, el metabolismo endosomático (que engloba los procesos de transformación de materiales y energía en el interior del cuerpo de los organismos integrados en el ecosistema) tiene en el ecosistema urbano una menor relevancia en términos cuantitativos que el metabolismo exosomático (que englobaría los flujos y procesos no vinculados a la actividad interna de los organismos), incrementándose esta diferencia cuanto más desarrollada tecnológicamente es una sociedad (Terradas, 2001, pp. 45-46).

Los ambientes de entrada y salida de los flujos de energía y materiales no sólo son cuantitativamente más importantes en el ecosistema artificial ciudad que en un ecosistema natural autótrofo (Bettini, 1998, p. 77), sino que muestran también una mayor magnitud que en un ecosistema natural heterótrofo. Además, desde un punto de vista cualitativo, queda patente la diferente naturaleza de los ciclos y flujos en el seno del ecosistema

urbano y en un ecosistema natural, si bien no está claro que exista una mayor complejidad en el caso del ecosistema ciudad. Algunas características del ecosistema ciudad, entre las que se encuentra el uso ineficiente de los recursos (energía, agua), llevan a algunos autores a afirmar que la ciudad constituye un sistema inmaduro (Haughton y Hunter, 1994; citado por Bolund y Hunhammar, 1999, p. 293).

Según Nebbia (1998, p. 219), existe una estrecha relación entre los flujos ecológicos y los flujos económicos en la ciudad. “En la ciudad, materia y energía son importadas bien del ambiente natural externo a la ciudad, bien de la actividad productiva, que también es externa a la ciudad. La materia y energía que entran en una ciudad alimentan tanto la actividad que se desarrolla en su interior (negocios, oficinas, empleos), como la actividad de consumo de las familias y servicios: transportes, calefacción, iluminación de edificios, etc. Tanto la actividad productiva como la de consumo transforman la materia —es decir, bienes ambientales y económicos— en residuos y desechos —esto es, en bienes negativos— que terminan más o menos rápidamente en el ambiente exterior. Una porción de los residuos y desechos puede alimentar alguna actividad de tratamiento y reciclaje, que puede considerarse también como actividad productiva, en el interior de la ciudad.”

Wolman, en su artículo *The metabolism of cities* (1965), es pionero en introducir el concepto de metabolismo urbano para definir el análisis de los ciclos de materia y energía que se producen en la ciudad. Para Wolman, existe una gran variedad de flujos que atraviesan el ecosistema urbano, si bien en todas las ciudades dichos flujos tienen en común tres *inputs*: agua, alimentos y combustibles; y tres *outputs*: aguas residuales, residuos sólidos y contaminantes atmosféricos. El estudio del balance de estos componentes para una ciudad-modelo de un millón de habitantes permitió a Wolman describir de forma cuantitativa la importante presión que una ciudad ejerce sobre el medio natural y sobre sus propios habitantes, a través tanto de los requerimientos energéticos y materiales de los flujos de entrada, como de los impactos provocados por las características nocivas de los flujos de salida. Douglas, en su obra *The Urban Environment* (1983), emplea esta misma aproximación metabólica al análisis de la ciudad, llegando a la conclusión de que la ciudad muestra un comportamiento de carácter parasitario con respecto al medio externo, dada la presión que ejerce sobre los recursos naturales debido a sus necesidades energéticas y materiales. Odum desarrolla una aproximación similar a la de Wolman, calculando los flujos de entrada a una ciudad estadounidense media: la estimación de los requerimientos diarios *per cápita* para un distrito metropolitano norteamericano son aproximadamente los alimentos producidos por una hectárea de cultivo, la cantidad de ma-

Vista desde el Conquero de Huelva





dera producida por media hectárea de bosque, y 8.000 litros de agua (Odum, 1983, p. 67). Presumiblemente, los requerimientos *per cápita* de las ciudades en materia de energía, agua y otros recursos habrán sufrido un incremento notable desde la publicación de estos estudios; esta tendencia hacia una mayor insostenibilidad (debida a un incremento en la dependencia de recursos externos) queda patente si se comparan datos históricos de consumo, tal y como se ha realizado en Barcelona para los años 1985 y 1995 (Terradas, 2001, p. 99-104).

La cuantificación de dichos flujos es importante para determinar los efectos de las actividades que se desarrollan en el interior del ecosistema ciudad sobre la salud humana, el patrimonio o la biodiversidad urbana; esta relación entre procesos ecológicos y efectos derivados puede servir como base para la solución de algunos de los problemas actuales de la planificación urbana, en la medida en que permite contrastar los beneficios ligados a una actividad (productiva, comercial, de transporte) con sus efectos negativos sobre los valores naturales y sociales. El conocimiento que tenemos de los flujos

ecológicos es claramente insuficiente para la mayoría de las ciudades. Con objeto de paliar esta carencia, se han venido desarrollando en los últimos años una serie de métodos de caracterización del funcionamiento ecológico de las ciudades, a través fundamentalmente del uso de indicadores. Quizá el más conocido de ellos sea la ya mencionada "huella ecológica". Este indicador, o conjunto de indicadores, desarrollado por Rees en 1992, intenta cuantificar la superficie de tierra o agua necesaria para proveer de alimento, materiales y energía y albergar los desechos de una población determinada. De esta forma, la huella ecológica representaría la medida inversa de la capacidad de carga de un territorio (Alberti y Bettini, 1998, p. 209), esto es, el máximo de población que puede albergar un territorio indefinidamente (es decir, en condiciones de sostenibilidad). La complejidad del indicador



Los indicadores de contaminación atmosférica proporcionan información sobre los niveles de calidad del aire que disfrutan en el medio urbano

en sí y de la metodología para su cálculo ha determinado su aplicación preferente a una escala nacional, aunque ha sido también aplicada a numerosas ciudades. Por ejemplo, los resultados del cálculo de la huella ecológica de la aglomeración urbana de Sevilla muestran que la superficie bioproductiva requerida por la metrópoli andaluza es de 3,26 ha por habitante, lo cual equivale a afirmar que es necesario un territorio 23,5 veces superior al espacio urbano para abastecer el funcionamiento de la ciudad (Calvo y Sancho, 2001).

El uso de indicadores como la huella ecológica y otros que nos sirven para caracterizar y cuantificar los flujos ecológicos de la ciudad tiene una utilidad evidente: incitar a la reflexión sobre la manifiesta insostenibilidad de nuestra forma de vida urbana. Aparte de ello, constituyen un instrumento muy eficaz para establecer comparaciones entre distintos casos o analizar tendencias en el tiempo. Sin embargo, el empleo de indicadores entraña ciertos riesgos, como la extendida tendencia de *sacralizar* las cifras obtenidas, obviando las importantes limitaciones que conlleva resumir toda una realidad compleja

en un conjunto de datos extremadamente sintéticos y aproximativos, fruto de metodologías normalmente complejas que entrañan con frecuencia un fuerte grado de simplificación. Es por ello que, desde el punto de vista de autores como Terradas, los indicadores tienen hoy en día más interés político que estrictamente científico (Terradas, 2001, p. 109).

Una conclusión fundamental obtenida del estudio de los flujos urbanos es que la ciudad no tiene una ecología separada del campo que la circunda (Bettini, 1998, p. 79). De esta afirmación se desprende la consideración de Odum de la ciudad como ecosistema incompleto, dado que, como afirma el autor, "una ciudad sólo puede ser considerada un ecosistema completo si se consideran incluidos en él los ambientes de entrada y de salida" (Bettini, *ibid.*, p. 67). Esta cuestión era ya anticipada por Mumford en

su análisis histórico de la ciudad (Mumford, 1956), si bien partiendo de un enfoque no estrictamente ecológico, sino geográfico e histórico. Aunque la humanidad incrementa su potencia tecnológica y se haga progresivamente urbana, el hombre mantiene intacta su relación de dependencia con la naturaleza (Bolund y Hunhammar, 1999, p. 293). La supuesta independencia del hombre frente a la naturaleza a través de la tecnología es una ilusión sustentada en la ocultación (que no sustitución ni eliminación) de los flujos ecológicos en la ciudad; es decir, se basa en el carácter de invisibilidad que adquieren para el ciudadano los procesos naturales que permiten su supervivencia (Hough, 1998, pp. 29-30). La ignorancia de los vínculos entre el medio urbano y el natural, junto con la ausencia de un reconocimiento adecuado de los servicios no económicos (es decir, no tenidos en cuenta por el mercado) prestados por los ecosistemas, están en el origen de muchos de los atentados contra el medio ambiente cometidos en pro del desarrollo urbano. Una educación ambiental que refuerce el conocimiento de los flujos ecológicos urbanos y ponga de manifiesto la dependencia de la ciudad con el territorio no urbanizado que la circunda, sería uno de los medios más efectivos para fomentar la cultura de la sostenibilidad entre la ciudadanía.

La reflexión sobre la interdependencia ecológica entre ciudad y entorno tiene también implicaciones profundas con respecto a la gestión urbana. Como dice Bettini: "La gestión de la ciudad como ecosistema quedará en pura teoría hasta que no se rompa la dicotomía urbano/rural, que promueve una constante guerra política y la búsqueda de satisfacciones unilaterales a corto plazo, hasta que los líderes urbanos no antepongan los intereses comunes a los particulares, procurando, mediante la propia gestión, ese efecto benéfico de *feedback* que hasta ahora ha sido muy difícil de conseguir en la política urbana" (Bettini, 1998, p. 79). Sin embargo, esta ruptura de la oposición de la dicotomía campo-ciudad es más compleja de lo que puede parecer *a priori*, si consideramos que, a diferencia de antaño, los ambientes de entrada y salida que completan el ecosistema urbano no son necesariamente limítrofes al área urbanizada. Como se ha comentado, en una economía globalizada, la presión de la ciudad sobre los recursos naturales adquiere cada vez más una escala planetaria, aparte, claro está, de la naturaleza intrínsecamente global de determinados impactos del metabolismo urbano, como la emisión urbana de gases de efecto invernadero y su contribución al cambio climático. El fenómeno urbano en sí puede ser entendido como una única red interconectada de ecosistemas a escala global (Bolund y Hunhammar, 1999, p. 294). Podemos afirmar, por tanto, que los flujos de materia y energía ligados a esta red no se corresponden actualmente con un espacio físico más o menos delimitado como es la ciudad y su territorio circundante, y mucho menos con los límites administrativos de la ciudad. Este contexto dificulta el análisis del metabolismo urbano, teóricamente viable

en la ciudad histórica, que poseía unos límites bien definidos y mantenía una relación intensa de interdependencia con su entorno rural inmediato. La ciudad de la globalización establece, en cambio, vínculos con la red global de flujos económicos; al mismo tiempo, desde un punto de vista espacial, las urbes actuales difuminan progresivamente sus límites, tendiendo a fundirse desordenadamente con el entorno físico y a unirse funcionalmente (que no administrativamente) a otras urbes en un continuo proceso de conurbación.

Si desde un plano funcional la ciudad actual es parte de una red global, su impacto en la biosfera sólo podría ser abordado teniendo en cuenta el conjunto de los sistemas urbanos a escala global; por ello, desde la perspectiva del metabolismo urbano, la propuesta de Bettini de gestionar conjuntamente el ecosistema urbano *completo*, incluyendo los ambientes rurales y naturales de entrada y salida, parece a día de hoy una mera utopía. En cualquier caso, parece claro que el objetivo de la sostenibilidad urbana, al menos en lo que se refiere al impacto en la biosfera de los flujos urbanos de materia y energía, exige un planteamiento eminentemente global, por lo que se hace indiscernible en la práctica del concepto general de desarrollo sostenible.

La ciudad como mosaico de hábitats: ecología del paisaje urbano

El debate sobre si la ciudad en su conjunto puede ser considerada un ecosistema, o bien sólo pueden tener tal consideración las áreas que presenten un cierto grado de naturalidad (zonas verdes, jardines, riberas fluviales, etc.), ha estado presente desde los inicios de la ecología urbana en la década de los setenta. Los partidarios de este segundo enfoque consideran la ciudad como un mosaico de hábitats, un paisaje ecológico extraordinariamente fragmentado en el que las manchas o teselas de hábitat natural (o seminatural) están intercaladas en una matriz edificada, de escaso interés ecológico si no es como fuente de presiones y perturbaciones para los procesos ecológicos que subsisten en el medio urbanizado. Muchos estudios se centran en la actualidad en esta línea, poniendo el énfasis no en el funcionamiento trófico de la ciudad como un sistema unitario, sino en la diversidad de hábitats y comunidades bióticas que es posible encontrar en la ciudad y en el análisis de su interacción con el hombre. Se trata, por tanto, de una perspectiva que considera la ciudad como hecho físico, como realidad espacial, y que se instrumentaliza a través de un enfoque territorial que enlaza con el concepto ecológico de paisaje, esto es, la "traducción espacial del ecosistema" (Richard, 1975).

Cabe preguntarse cuál es la necesidad de estudiar y, a la postre, gestionar o proteger la biodiversidad urbana y los retazos de naturaleza

que persisten en la ciudad. Aun en el momento actual, está fuertemente extendida la opinión de que la naturaleza no cumple en la ciudad un papel más allá que el meramente estético. Desde la tradicional óptica de la oposición ciudad-naturaleza, aún predominante no sólo en el conjunto de la sociedad, sino también entre los responsables del diseño, la gestión y la ordenación de nuestras urbes, lo natural sólo tiene cabida en la ciudad como una recreación artificial de las formas de la naturaleza (Fernández Alba, 1992), destinada casi exclusivamente al goce estético y al ocio. La irrupción del paradigma de la sostenibilidad, y el relativamente reciente descubrimiento de una biodiversidad urbana mucho más rica e interesante de lo que se pensaba, ha añadido a las razones estéticas otras más profundas, de índole ética, vinculadas a la conservación de la naturaleza. No obstante, estos motivos éticos que

justificarían la presencia de lo natural en la urbe pueden ser contestados con el argumento de que la ciudad constituye, en última instancia, el hábitat de la especie humana, por lo que el mantenimiento de otras especies en el medio urbano no debería tener más que un carácter utilitario y manifiestamente secundario. Sin embargo, habitualmente se pasa por alto una perspectiva funcional, de naturaleza marcadamente antropocéntrica, que fue puesta de manifiesto ya en la Carta de Atenas, y que hace referencia a la notable influencia de la naturaleza en la calidad de vida de los ciudadanos. Los servicios ecológicos que presta el mantenimiento y desarrollo de ciertos componentes de naturalidad en el tejido urbano son un factor decisivo para mejorar las condiciones ambientales en unas metrópolis cada vez más densas, opresivas, contaminadas y alienadas de su entorno natural.

Por otro lado, desde el urbanismo y la ordenación del territorio se viene reclamando desde hace tiempo la necesidad de lograr una adecuada articulación física entre la ciudad y el territorio circundante. La dinámica de expansión de la ciudad pone en peligro numerosos valores naturales del espacio rural y natural circundante; por ello, el estudio y la protección de



Las huertas urbanas suponen un importante recurso como espacios para la sociabilidad y para el contacto directo de los ciudadanos con los ciclos de la naturaleza

los espacios de los ámbitos urbanos y metropolitanos con valor ecológico deben ir destinados no ya a mejorar la calidad de vida en el núcleo de la ciudad, sino a preservar funciones y procesos ecológicos en las zonas de crecimiento urbano en la periferia. A nuestro juicio, esta necesidad de mantener los procesos ecológicos periurbanos, junto con la conveniencia de potenciar la calidad de vida de los ciudadanos mediante el mantenimiento de procesos ecológicos intraurbanos, justifica sobradamente el esfuerzo vertido en el estudio, la gestión y la protección de la denominada "naturaleza urbana".

Al igual que sucede con el análisis de los flujos de materia y energía en el ecosistema urbano, el estudio ecológico del paisaje urbano permite descubrir una serie de características que lo diferencian del paisaje natural o rural. Algunos autores opinan que la única diferencia entre

los ecosistemas urbanos y los naturales se limita al grado de influencia de la actividad humana (Gilbert, 1989; Sukopp y Numata, 1995; Walbridge, 1997); ahora bien, el grado de influencia humana se materializa en una serie de peculiaridades que son específicas de los ecosistemas urbanos. El análisis comparativo de las diferencias entre los procesos ecológicos en el medio urbano y el medio rural y natural parece ser un enfoque fructífero para la investigación en ecología urbana, especialmente para la aplicación de los resultados en planificación urbana y mantenimiento de *áreas verdes* (Niemela, 1999, p. 60).

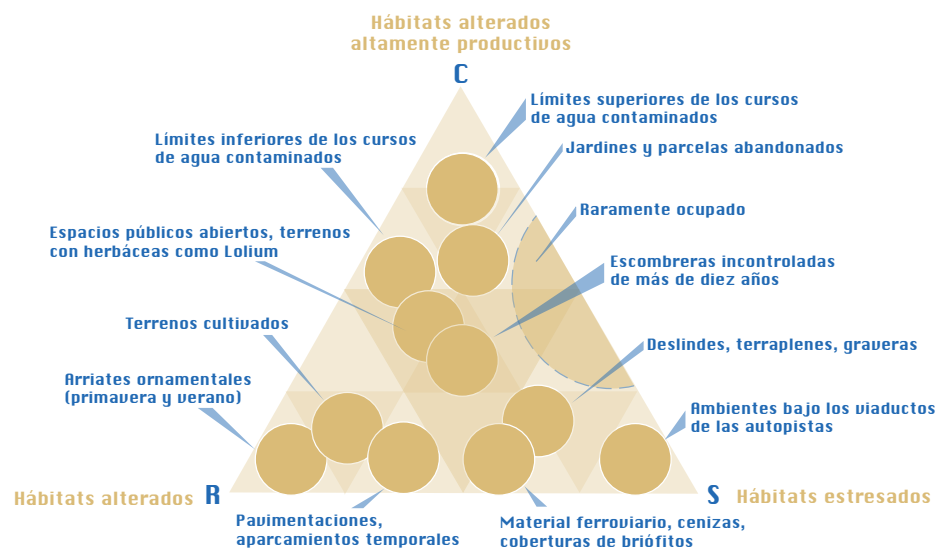
El rasgo más fácilmente perceptible de los ecosistemas urbanos es que en conjunto forman un mosaico heterogéneo y escasamente interconectado, debido a la barrera casi infranqueable que supone la matriz edificada. El aislamiento de las manchas de hábitat urbano dificulta la dispersión, por lo que factores como el tamaño o la existencia de corredores entre espacios adquieren una gran importancia de cara al mantenimiento de las poblaciones de flora y fauna. Debido al carácter fragmentario y a la influencia de la matriz urbanizada, el proceso de sucesión de los ecosistemas

urbanos presenta una gran diversidad entre unos espacios y otros. En palabras de Sukopp, se trata de sistemas no equilibrados, en los que los procesos estocásticos tienen una mayor relevancia que los deterministas. La sucesión en ecosistemas urbanos está sujeta a una intensa influencia humana, extremadamente variable y fuertemente vinculada a la historia de cada espacio concreto. Esto determina que las comunidades urbanas no experimenten un proceso de sucesión de carácter

direccional, sino dominado por el azar y eventos impredecibles; por este motivo, no existen condiciones de clímax en el medio urbano (Sukopp, 2002, p. 381). Debido a estos fenómenos azarosos, es posible encontrar dos manchas de hábitat adyacentes que se encuentren en muy distintos estadios sucesionales (Niemela, 1999, p. 61)

Una de las principales razones de la naturaleza azarosa de la sucesión en ecosistemas urbanos es la alta frecuencia con que se produce la introducción o invasión de nuevas especies. El transporte o el cultivo de especies exóticas, junto con el carácter intensamente alterado de muchos de los espacios verdes urbanos, facilita el proceso de invasión (Niemela, 1999, p. 61). Aparte de esto, los cambios en los hábitats producidos por el hombre favorecen los procesos de extinción, ya sea de forma fulminante o progresiva. Por ello, los ecosistemas urbanos suponen ejemplos extremos de comunidades producidas por sucesivas invasiones, y no por un desarrollo co-evolucionario (Sukopp, 2002, p. 381).

La estructura heterogénea del paisaje urbano, las perturbaciones antropogénicas y la invasión de especies no autóctonas determinan que la flora y la fauna en la ciudad sean más diversificadas que en el campo circundante (Matthey *et al.*, 1987; citado por Bettini, 1998, p. 144). Una muestra de esta riqueza biológica urbana es el hecho de que sea posible encontrar más especies de plantas en zonas urbanas que en superficies de iguales dimensiones de las áreas circundantes; por ejemplo, entre las 80 y 100 especies de avifauna que anidan y pueden hallarse en cualquier zona de Gran Bretaña, es factible encontrar de 70 a 80 en las ciudades (Informe Dobrís, 1995). A escala de manchas de hábitat, la diversidad es elevada, debido a que muchas especies inmigrantes encuentran condiciones favorables en los



Modelo C-S-R de Grime (1979). Fuente: Grime, 1979; citado por Bettini, 1998, p. 143

biotopos urbanos alterados por el hombre; a escala de paisaje, la diversidad entre las distintas manchas es con frecuencia elevada, debido a la heterogeneidad intrínseca de las mismas, pudiendo encontrarse desde áreas seminaturales a espacios fuertemente modificados por la acción antrópica. En cualquier caso, los ecosistemas urbanos parecen confirmar la "hipótesis de la perturbación intermedia" (*intermediate disturbance hypothesis*), que predice que la diversidad es mayor en espacios

moderadamente alterados (como podrían ser muchos espacios abiertos urbanos) que en los altamente modificados por la acción humana (como el centro urbano) y los carentes de perturbación (como un bosque) (Niemela, 1999, p. 62).

Según demuestra Niemela, partiendo de las características referidas y del supuesto de que la diferencia fundamental entre los ecosistemas urbanos y el resto es el grado de intervención humana, no sería necesario elaborar una teoría ecológica específica para el medio urbano (Niemela, *ibid.*, p. 62). Las teorías y metodologías de estudio serán por tanto aquellas que, dentro de la ciencia ecológica, se adapten mejor a las peculiaridades del paisaje urbano. Atendiendo al grado de aislamiento de las manchas de hábitat, resultan de especial interés aproximaciones como la biogeografía de islas o la teoría de las metapoblaciones. Un ejemplo de modelo ecológico convencional adaptado al contexto urbano es la modificación que realizó Gilbert (1989) del modelo C-S-R de Grime (1979) para comprender la diversidad de hábitats urbanos (ver esquema). El sistema de clasificación CSR permite comparar plantas con características de historias de vida contrastantes. Se representa en un triángulo equilátero, cuyos lados indican el aspecto más importante del ciclo de vida de la especie que se desea clasificar. Las tres coordenadas a tener en cuenta son: la competencia interespecífica (C), el efecto relativo de la presión ambiental o estrés (S), y el carácter ruderal de las plantas (es decir, su capacidad para absorber los recursos liberados por la perturbación). Los tres aspectos son ponderados de forma que la suma de ellos sea igual a uno (Vega Peña, 2005)¹⁴. La versión

14. Ver: *Algunos conceptos de la ecología y sus vínculos con la restauración*. Ernesto Vicente Vega Peña. Consultable en: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/467/vega.html>

de Gilbert muestra el espectro de la vegetación potencial en los hábitats urbanos en función de estas tres variables: como se observa en el esquema, los hábitats urbanos comprenden desde los parques y jardines convencionales hasta los espacios baldíos, los descampados o las zonas de aparcamiento, ocupados por vegetación espontánea (Bettini, 1998, p.143).

Una aproximación de enorme interés para el estudio de los hábitats urbanos es la que ofrece la ecología del paisaje. Esta disciplina puede definirse como el estudio de las interacciones entre patrones paisajísticos y procesos ecológicos, y más específicamente, de la influencia de dichos patrones en los flujos de agua, energía, nutrientes y biota (Turner, 1989; citado por Castro Nogueira *et al.*, 2002, p.19). La ecología del paisaje realiza dos aportaciones

esenciales para abordar la gestión de los ecosistemas a escala territorial: en primer lugar, establece relaciones entre la estructura del paisaje y procesos ecológicos relevantes por constituir bienes y servicios ambientales; en segundo lugar, proporciona un marco jerárquico para interpretar la estructura, función, cambio y estabilidad considerando la escala de análisis y estableciendo relaciones entre distintas escalas (Castro Nogueira *et al.*, 2002, p. 20). Esta disciplina se ha aplicado fundamentalmente a los espacios naturales y rurales, mostrándose especialmente útil para el diseño de estrategias de mejora de la conectividad biológica entre poblaciones aisladas a través del paisaje agrícola. Sin embargo, su aplicación al contexto urbano, tanto para el diseño de redes verdes metropolitanas como para la conservación de funciones ecológicas en el territorio sometido a las dinámicas de crecimiento urbano, es perfectamente viable (Sukopp, 2002, p. 382). Los siguientes factores caracterizan la aplicación actual de la ecología del paisaje (Burel y Baudry, 2002): (a) considerar el espacio de forma explícita, (b) reconocer al hombre como parte integrante del sistema ecológico, y (c) reconocer la heterogeneidad espacial y temporal de los medios estudiados. Estos tres elementos son imprescindibles para abordar el estudio de un medio ecológico complejo, fragmentado y heterogéneo como la ciudad, y no menos



importante, para implementar los resultados de la investigación en los instrumentos de planificación urbana.

Una aproximación al análisis ecológico del paisaje urbano se ha llevado a cabo, por ejemplo, mediante la elaboración de cartografía ecológica para distintas ciudades europeas. Probablemente, la primera iniciativa en este sentido haya sido la creación del mapa ecológico de Bruselas, en los años setenta, por Duvigneaud y Denaeyer-De Smet, (Terradas, 2001, p. 30). Otro ejemplo notable es el de I municipio de Lidingö, en el extrarradio de Estocolmo, donde se desarrolló un proyecto general para economizar el uso del suelo y el agua en el área urbanizada y alcanzar una mejor integración de los elementos naturales en la planificación de los usos

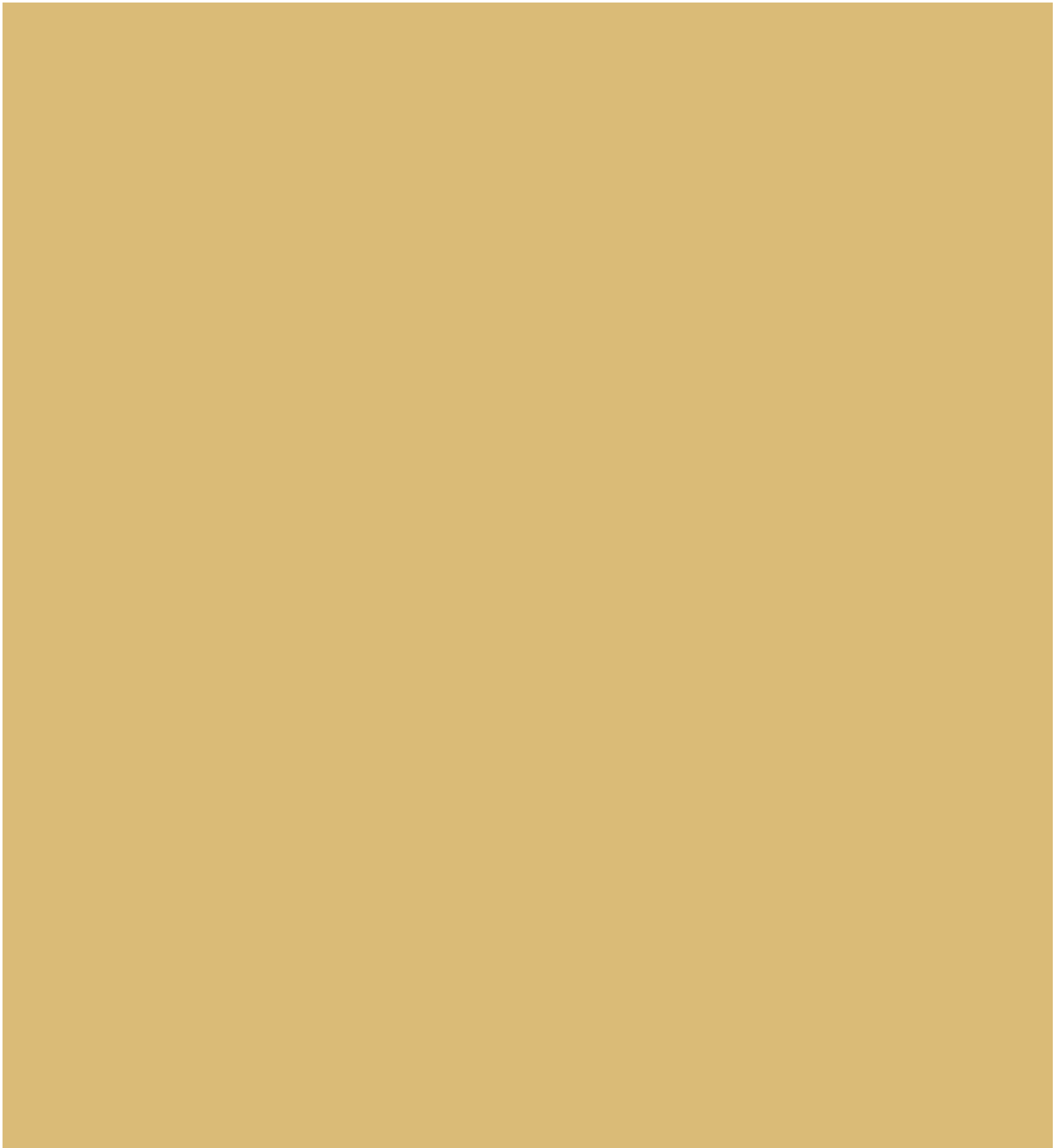
de suelo, para lo cual, entre otras medidas, se levantó una cartografía con información exhaustiva sobre la vegetación y se señalaron pasillos ecológicos para conectar los diversos biotopos de la población con las áreas de reproducción de las afueras (Informe Dobrís, 1995). En el contexto español destaca el caso de Barcelona, que cuenta ya con dos versiones del mapa ecológico de su municipio, la primera de 1978 y la segunda de 1993. En esencia, como indica Terradas (2001, p. 31), se trata de una reelaboración de la cartografía de usos de suelo, modificada para obtener una leyenda con significado ambiental explícito, y a partir de la cual es posible obtener múltiples posibilidades analíticas mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica.

El papel esencial que juega la dimensión espacial en el análisis de los hábitats y del mosaico ecológico urbano, facilita sin duda la integración de esta perspectiva en los procesos de planificación y ordenación del espacio urbano. La incorporación de la componente ecológica en su vertiente más espacial, es decir, ligada a los conceptos de paisaje y territorio, a los instrumentos de planificación urbana y territorial, es probablemente un factor decisivo para buscar una equilibrada relación urbano-rural y hacer frente a las problemáticas ligadas a las dinámicas de crecimiento de las ciudades.



Capítulo III

La funcionalidad ambiental del espacio libre



Funcionalidad ambiental y servicios ecológicos de los ecosistemas urbanos

El proceso de urbanización conlleva una alteración profunda y a menudo irreversible del medio físico, indispensable para la adaptación del entorno a las condiciones óptimas para el desarrollo de la vida y las actividades humanas. Sin embargo, aun en el seno de un espacio tan fuertemente antropizado como el urbano, la matriz biofísica subyacente es capaz de emerger de forma más o menos inalterada a través del sistema de espacios libres (Folch, 2003a, p. 35). No sólo contribuyen a ello los espacios naturales originarios que puedan subsistir en el contexto urbano, como masas forestales o restos de vegetación riparia original en las márgenes fluviales, sino también espacios naturales o seminaturales en mayor o menor medida transformados o creados por la mano del hombre, como es el caso de parques y jardines, huertas urbanas y terrenos cultivados, solares con vegetación espontánea, etc.

Si exceptuamos los espacios con una clara vocación de uso público, el resto de espacios libres, sean de carácter rural o natural y ubicados tanto en el centro como en la periferia urbana, han sido tradicionalmente marginados por la planificación, que ha llegado en la práctica a considerarlos *vacíos territoriales*. En su conjunto, conformarían lo que podemos denominar el *negativo* de la ciudad: un espacio de funcionalidad nula o irrelevante en la dinámica de la ciudad, y siempre disponible para su consumo inmediato en los procesos de crecimiento urbano. Desde la perspectiva de la ecología urbana, sin embargo, este enfoque se muestra completamente erróneo. Al permitir la emergencia de la matriz biofísica en un contexto netamente artificial, estos espacios garantizan la provisión de una serie de funciones ambientales fundamentales de cara a la consecución de los objetivos de la sostenibilidad urbana. Para analizar esta funcionalidad con cierta profundidad, resulta especialmente clarificador remitirse al concepto de *servicio ecológico* (*ecosystem service*), término utilizado fundamentalmente a partir de los años noventa para hacer referencia a los beneficios que los ecosistemas

aportan al ser humano, y que en términos generales puede ser empleado como sinónimo de *función ambiental*¹⁵.

Según Daily (1997), los servicios ecológicos pueden ser definidos como “los procesos que producen, de forma directa o indirecta, bienes y servicios de los cuales se beneficia el ser humano”. El concepto abarca un amplio abanico de procesos, algunos con una relación explícita con la subsistencia y el bienestar humano, como la producción de suelos fértiles o la provisión de alimento y materias primas, y otros quizá menos inmediatos pero igualmente importantes, como el mantenimiento de un balance gaseoso óptimo para el desarrollo de la vida humana. Muchos de estos servicios, y especialmente los del segundo grupo, no son tenidos en cuenta por los mercados, o bien no son cuantificados de forma adecuada en términos comparables a los servicios económicos y al capital manufacturado, por lo que se les da un peso muy reducido en las políticas y los procesos de toma de decisiones. Con objeto de demostrar la importancia de los servicios ecológicos y del capital natural para la subsistencia del hombre y para el mantenimiento de los niveles de bienestar actualmente disfrutados por la sociedad occidental, Constanza y otros (1997) propusieron desarrollar una valoración económica de 17 procesos (ver tabla 9). Cabe señalar que, en términos absolutos, el valor de los servicios ecológicos a escala global sería potencialmente infinito, debido a que en su ausencia sería imposible desarrollar ninguna actividad económica, y también a que muchos de estos servicios son virtualmente insustituibles por la tecnología. No obstante, es posible estimar su valor marginal, es decir, la tasa de cambio del valor de un servicio al variar su tasa de provisión con respecto al nivel actual. El valor estimado por Constanza y otros para los 17 servicios ecológicos evaluados es 1,8 veces superior al Producto Nacional Bruto global. Se trata de una

15. A comienzos de la década de los 90, De Groot (1992) identificó el papel crítico de las funciones ambientales de los ecosistemas para el bienestar humano. Más tarde, Daily (1997) recogió en un volumen una serie de ensayos, con una importante componente cuantitativa, sobre dichas funciones o *servicios de la naturaleza* (*nature's services*).

Tabla 9. Servicios ecológicos globales

Servicio ecológico	Función	Ejemplo
Regulación gaseosa	Regulación de la composición química de la atmósfera	Balance CO ₂ /O ₂ para la protección UVB, niveles de SO _x
Regulación climática	Regulación de la temperatura global, la precipitación y otros procesos climáticos regulados biológicamente a escala global o local	Regulación de gases invernadero, producción de DMS e incidencia en la formación de nubes
Regulación de las perturbaciones	Mantenimiento de la integridad de la respuesta de los ecosistemas a las fluctuaciones ambientales	Protección contra tormentas, control de escorrentías, recuperación frente a sequías y otros aspectos de la respuesta de los hábitats a la variabilidad controlados fundamentalmente por la estructura de la vegetación
Regulación hidrológica	Regulación de los flujos hidrológicos	Aprovisionamiento de agua para la agricultura, la industria o el transporte
Provisión de agua	Almacenamiento y retención de agua	Provisión de agua por cuencas, reservorios y acuíferos
Control de la erosión y retención de los sedimentos	Retención de suelo dentro de un ecosistema	Prevención de pérdidas de suelo por el viento, la escorrentía y otros procesos de eliminación
Formación de suelo	Procesos de formación de suelo	Meteorización de la roca y acumulación de materia orgánica
Mantenimiento del ciclo de nutrientes	Almacenamiento, ciclos internos, transformación y adquisición de nutrientes	Fijación de nitrógeno, mantenimiento de ciclos de P, N y otros nutrientes
Tratamiento de residuos	Recuperación de nutrientes y eliminación de compuestos en exceso	Tratamiento de residuos, control de la contaminación, detoxificación
Polinización	Movimiento de los gametos florales	Provisión de polinizadores para la reproducción de las poblaciones vegetales
Control biológico	Regulación de las poblaciones	Control de las poblaciones de presas por los depredadores; reducción de las poblaciones de herbívoros
Provisión de refugio	Provisión de hábitat para especies residentes o migratorias	Espacios de cría y de invernada, hábitat para especies migratorias, hábitats regionales para especies locales
Producción de alimentos	Fracción de la producción primaria neta extraíble como alimento	Provisión de pescado, carne, cultivos, frutas, disponibles mediante la caza, recolección, agricultura de subsistencia o pesca
Producción de materias primas	Porción de la producción primaria neta extraíble como materias primas	Producción de madera, combustible o forraje
Recursos genéticos	Fuente de recursos y productos biológicos únicos	Medicina, productos para la ciencia de los materiales, genes para la resistencia a patógenos vegetales o pestes de los cultivos, especies ornamentales (variedades ornamentales de plantas, mascotas)
Recreo y ocio	Provisión de recursos para actividades recreativas	Ecoturismo, pesca deportiva y otras actividades recreativas al aire libre
Cultura	Provisión de recursos para usos no comerciales	Valores estéticos, artísticos, educacionales, espirituales y científicos de los ecosistemas

Nota: se incluyen tanto bienes (*goods*) como servicios ecológicos (*services, processes*) en sentido estricto. Fuente: Constanza *et al.*, 1997, p. 254.

estimación probablemente inferior al valor real de estos procesos, pero que, en cualquier caso, pone de manifiesto la urgente necesidad de proteger y conservar el funcionamiento de los sistemas ecológicos a escala global.

Según queda reflejado en su artículo, Constanza y otros no consideran que el medio urbano pueda proveer ninguna función ambiental relevante, aparte de los beneficios de naturaleza cultural y recreativa ligados al uso público del espacio libre. Es obvio que las ciudades dependen de la provisión de determinados servicios que no tienen su origen en el propio ámbito urbano: muchos de los procesos ecológicos que generan un servicio con incidencia en la ciudad tienen una dimensión eminentemente global, como la captura de CO₂, o bien son transferidos desde sus lugares de origen hasta el medio urbano, ya sea de forma natural, como el transporte atmosférico de gases, o artificial, como el transporte antrópico de productos naturales (Bolund y Hunhammar, 1999, p. 298). Sin embargo, algunos procesos, como el efecto de regulación microclimática a través de la vegetación o la disminución de la escorrentía superficial gracias a la vegetación, proporcionan un beneficio directo en el mismo ámbito donde se desarrollan, y por tanto dan lugar a servicios ecológicos de escala local, aplicables al medio urbano. Partiendo de esta lógica, Bolund y Hunhammar (*ibid.*, p. 299) llevaron a cabo una selección de los servicios ecológicos que tienen una especial trascendencia en las ciudades y que son a su vez proporcionados por ecosistemas urbanos. Tomando como referencia el caso de Estocolmo, estos autores seleccionaron nueve servicios ecológicos que serían relevan-

tes en esta ciudad y que, en términos generales, pueden ser extrapolables a cualquier ámbito urbano y metropolitano (ver tabla 10).

A la luz de lo expuesto en la tabla 2, es conveniente destacar algunos aspectos específicos de los servicios ecológicos urbanos. Como se ve en la tabla, los servicios ecológicos pueden ser prestados de forma simultánea por diferentes tipos de ecosistemas urbanos, o lo que es lo mismo, por espacios libres de diversa naturaleza. Aunque la contribución específica de un espacio concreto a la magnitud total del servicio sea en ocasiones mínima, el valor agregado de la contribución de los distintos ecosistemas urbanos puede ser notable; es necesario, por tanto, adoptar una perspectiva global, de escala urbana o metropolitana, para entender la funcionalidad ecológica del espacio libre. El impacto de estos servicios puede ser considerado despreciable a nivel planetario, pero a escala local constituye un factor significativo para la calidad de vida de los ciudadanos y para la sostenibilidad urbana. Por este motivo, la toma en consideración de los procesos ecológicos urbanos, hasta ahora poco valorados o directamente ignorados por los responsables de la planificación y la gestión de las ciudades, se torna una tarea esencial a la luz del paradigma del desarrollo sostenible; una tarea que, además, se reviste de un carácter urgente, dados el dinamismo y la magnitud que está adquiriendo en la actualidad la expansión del fenómeno urbano en todo el planeta.

No cabe duda de que la gestión sostenible de los servicios ecológicos es un objetivo inalcanzable si no se conoce en grado suficiente el fun-

Tabla 10. Servicios ecológicos urbanos

Función	Arbolado urbano	Parques y zonas de césped	Bosques urbanos	Terrenos de cultivo	Zonas húmedas	Cauces fluviales	Lagos/mar
Filtrado del aire	X	X	X	X	X		
Regulación microclimática	X	X	X	X	X	X	X
Reducción del ruido	X	X	X	X	X		
Drenaje de la precipitación		X	X	X	X		
Tratamiento de aguas residuales					X		
Valores recreativos y culturales	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Bolund y Hunhammar, 1999, p. 299

cionamiento de los ecosistemas que los proveen (Limburg y Folke, 1999, p. 180). Es necesario estudiar los flujos de materia y energía que dan soporte a los diferentes servicios, y tratar de comprender los vínculos existentes entre el ecosistema considerado y otros sistemas naturales o artificiales, especialmente la interacción del ecosistema con el ser humano. La investigación debe abordar también el análisis cuantitativo de la contribución específica de cada función ecológica a los índices de calidad de vida y sostenibilidad, con objeto de optimizar los recursos disponibles para la potenciación de la funcionalidad ambiental. En definitiva, el conocimiento de la dinámica de los servicios ecológicos urbanos constituye la única vía posible para potenciar su influencia en el bienestar de los ciudadanos y en la calidad ambiental de la urbe, así como para proteger los procesos que los originan frente a la dinámica excluyente del mercado.

En los siguientes apartados se lleva a cabo un repaso a las diferentes funcionalidades que cumple el espacio libre de cara a la mejora ambiental de la ciudad. En general, se utilizará el término servicio ecológico como sinónimo de función ambiental, pero se preferirá este último concepto, al considerarse más fácilmente compatible con el concepto de *funcionalidad* (que incluye funciones sociales, urbanísticas) habitualmente aplicado al espacio libre urbano. La clasificación de las distintas funciones ambientales que hemos desarrollado tiene un carácter más sintético que la expuesta por Constanza y otros o Bolund y Hunhammar; por ejemplo, el tratamiento de aguas residuales y las funciones de drenaje se han unificado aquí en un único bloque relativo a las funciones hidrológicas de los ecosistemas urbanos. Por otro lado, algunas funciones ambientales como la protección frente a procesos de erosión o la provisión de alimento por medio de cultivos urbanos no han sido incluidas de forma explícita, ya que no se consideran generalizables al conjunto de las urbes globales; en cualquier caso, estas funciones se abordarán de forma más o menos indirecta en relación con otros servicios. Por otra parte, una adición importante con respecto a Bolund y Hunhammar es la consideración de funciones relacionadas con el mantenimiento de la biodiversidad urbana. Está claro que la flora y fauna urbanas suponen una mínima proporción de la biodiversidad a escala global, pero desde nuestro punto de vista esta función es interesante no tanto desde un punto de vista cuantitativo, como cualitativo, especialmente desde una perspectiva regional y local.

Por último, hay que remarcar que las distintas funciones abordadas presentan un elevado grado de interdependencia; por ejemplo, las funciones relacionadas con la calidad del aire o la regulación climática dependen de la composición, abundancia y estructura de la flora urbana, que a su vez se encuentra interrelacionada con el mantenimiento de la biodiversidad y con los procesos hidrológicos urbanos, por lo que su consideración indivi-

dualizada responde más a la necesidad de facilitar la comprensión de los distintos servicios ambientales que a la verdadera naturaleza compleja de los procesos ecológicos urbanos.

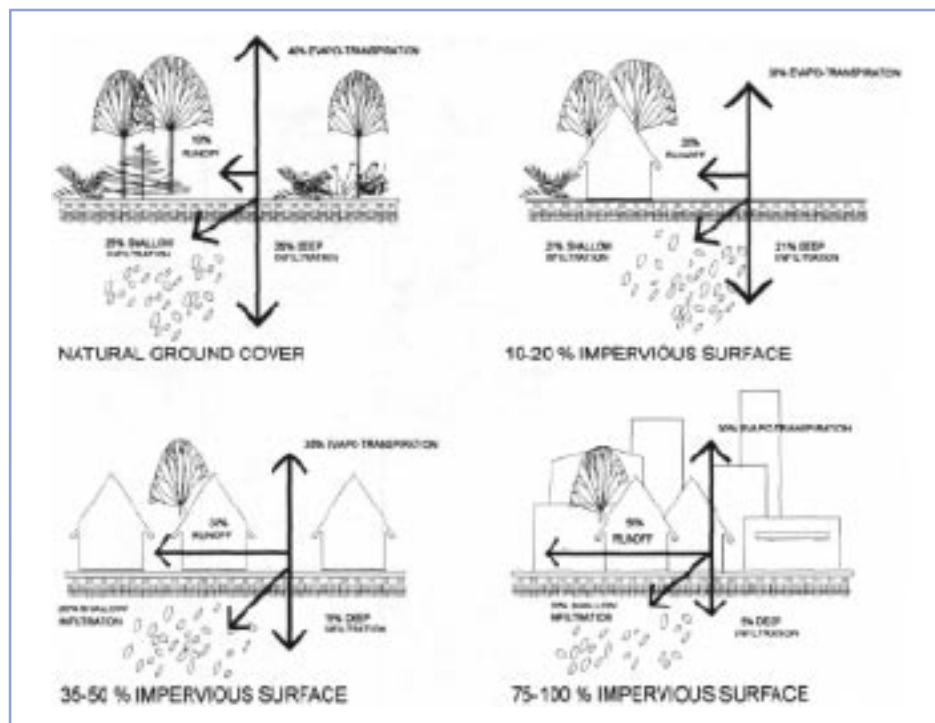
Funciones relacionadas con el ciclo hidrológico

A pesar de que el agua es un componente esencial e imprescindible del sistema urbano, la fuerte relación de interdependencia entre la actividad urbana y el ciclo hidrológico natural es algo que a menudo pasa desapercibido para el ciudadano. En parte, esto es debido al carácter prácticamente “invisible” que en el sistema urbano adquieren tanto los flujos hídricos como los impactos que provoca la actividad humana sobre el ciclo del agua. La modificación de los componentes del ciclo hidrológico para garantizar el suministro de agua o para controlar el transporte del recurso en el medio urbano tienen consecuencias ambientales que exceden ampliamente los límites del sistema ciudad y que, por tanto, no son percibidos por el habitante de la urbe. Los objetivos de una planificación urbana sostenible deberían incluir la voluntad de hacer más visibles los procesos hidrológicos, como instrumento de concienciación, y el propósito de afrontar la gestión del agua a una escala supramunicipal, adaptada a la escala natural de los procesos.

Podemos definir tres factores básicos que determinan la influencia de la actividad humana en la hidrología de un territorio. El primero es la necesidad de un abastecimiento adecuado en cuanto a cantidad y calidad; ello implica una serie de intervenciones en el medio destinadas a la extracción del recurso, su almacenamiento y su canalización. El segundo factor lo constituye la necesidad de eliminar el recurso sobrante del medio antrópico tras su utilización; el impacto en este caso está ligado a la disminución de la calidad del recurso que es devuelto al medio natural. El último de los factores sería el cambio de uso de suelo y, más concretamente, la impermeabilización del territorio asociada al proceso de urbanización. Este último constituye el principal vector de alteración del ciclo natural del agua en el medio urbano, hasta el punto de que se pueda hablar de la creación de un “nuevo medio ambiente hidrológico” en la ciudad (Hough, 1998, p. 39). Se trata, además, de un factor que puede ser controlado de forma efectiva mediante una adecuada ordenación del espacio libre.

Para analizar la función hidrológica del espacio libre, es necesaria una comprensión previa de las características hidrológicas del medio urbano. La sustitución de la cobertura natural por superficies y estructuras de carácter impermeable propias de la ciudad produce una alteración profunda en la circulación del agua de lluvia durante y después de la precipitación, fundamentalmente como consecuencia de dos factores: en primer lugar, la

pérdida de cobertura vegetal conlleva una disminución tanto del grado de intercepción de la precipitación por parte de la vegetación, como del volumen de agua evacuado del sistema urbano por evapotranspiración; en segundo lugar, la capacidad de infiltración de suelo se ve también reducida como consecuencia de la reducción de la superficie permeable. Como resultado de la conjunción de ambos factores, se produce un aumento notable del volumen y la velocidad del agua transportada por escorrentía superficial, que acaba drenando en el alcantarillado y otros sistemas de canalización. La imagen superior



Componentes del ciclo urbano del agua en función del grado de impermeabilización

Fuente: Arnold y Gibbons, 1996, p. 244.

muestra de forma gráfica la evolución de los distintos componentes de la circulación del agua en función del grado de impermeabilización del suelo.

La canalización del agua produce un aumento en el pico de caudal de los ríos, incrementándose el riesgo de desbordamiento e inundación y potenciándose los procesos de erosión en los cauces (Faulkner, 2004, p. 96). El aumento del volumen de flujo y del volumen de sedimentos, junto con el carácter fuertemente puntual de estas descargas, propicia cambios en la estructura geomorfológica de los cauces, tales como un incremento de la anchura y del carácter lineal de los mismos (Arnold y Gibbons, 1996, p. 245). La reducción en el proceso de infiltración determina una menor recarga del acuífero, disminuyendo el nivel freático y el aporte del agua subterránea a los cauces fluviales (Arnold y Gibbons, *ibid.*, p. 245). No menos importante es el efecto de la impermeabilización en la calidad del agua, a través de la llamada *contaminación difusa (non point source pollution)*. A diferencia de los focos de vertido de carácter puntual, el fenómeno de la contaminación difusa no tiene un origen determinado, sino que es generada por el arrastre de contaminantes de diversa naturaleza por el agua de escorrentía y su posterior canalización a través de los sistemas de drenaje. Este tipo de contaminación ha llegado a ser reconocida como la principal amenaza para la calidad del agua en EE.UU. (EPA, 1994; citado por Arnold y Gibbons, *ibid.*, p.245). Algunos de los principales componentes de este tipo de contaminación son

los organismos patógenos, los nutrientes (nitrógeno y fósforo), elementos y compuestos tóxicos (metales, pesticidas), sedimentos (originados por la erosión del suelo) y materiales de diversa naturaleza (plásticos y otros residuos).

El análisis de todos estos impactos se realiza, a menudo, a través de modelos basados en el corto plazo y la escala local, diseñados para abordar fenómenos puntuales como las tormentas de alta intensidad y su influencia en la calidad del agua y los picos de descarga. Sin embargo, la verdadera magnitud de estos problemas asociados a la urbanización se pone de manifiesto

a través de la aplicación de modelos basados en el largo plazo y con una referencia espacial más amplia. Por ejemplo, el análisis de los efectos derivados del proceso de urbanización en una cuenca hidrográfica en el estado de Indiana, EE.UU., para un periodo comprendido entre 1973 y 1991, arroja unos resultados contundentes: un incremento del 18% de las áreas urbanizadas y otras superficies impermeabilizadas en este periodo ha conducido a un aumento de un 80% en el valor medio del volumen de escorrentía, y más de un 50% en el aporte anual de plomo, cobre y zinc. La carga de nutrientes (nitrógeno y fósforo) disminuyó, sin embargo, en un 15%, debido fundamentalmente a la pérdida de suelo agrícola (Bhaduri *et al.*, 2000).

La alteración de los componentes del ciclo hidrológico tiene también efectos en la vegetación asociada a cauces fluviales externos al sistema urbano. Un estudio llevado a cabo sobre la urbanización de una cuenca del estado de California muestra cómo los efectos derivados del cambio de uso de suelo (aumento de los valores medios anuales de descarga, incremento de escorrentía en el periodo seco debido al agua de riego, aumento de la magnitud de las inundaciones y cambios en la morfología de los cauces) está promoviendo la sustitución de especies vegetales nativas por otras mejor adaptadas a las nuevas condiciones hidrológicas (White y Creer, 2006). Como consecuencia indirecta de este proceso, la composición de la fauna de los ecosistemas riparios y de zonas húmedas también muestra notables signos de cambio.

A menudo, las medidas tomadas para solucionar la problemática originada por las inundaciones y desbordamientos suelen consistir en intervenciones río abajo, es decir, en el lugar en el que se manifiesta el impacto y no en el origen del mismo. Las medidas suelen incluir la protección de las llanuras de inundación urbanizadas y la estabilización artificial de las orillas del cauce; con frecuencia, se trata de intervenciones muy duras con un gran impacto en la dinámica natural de los cauces. Lejos de proporcionar una solución eficiente a los problemas anteriormente comentados, este tipo de actuación genera además nuevos impactos sobre la vegetación y la fauna asociadas al ecosistema ripario (Hough, 1998, p. 41).

Si se observa la evolución de las áreas urbanas europeas en lo que respecta al consumo de suelo agrícola y natural periurbano y su sustitución por superficies artificiales, queda patente que la tendencia actual contribuye a potenciar los impactos ligados a la impermeabilización e interrupción del ciclo hidrológico natural. El incremento en el número de áreas verdes urbanas que experimentan muchas ciudades no es suficiente para compensar esta pérdida de suelo permeable; en algunas ciudades la situación es aún más grave, al observarse incluso una disminución de la superficie verde urbana, tal y como demuestran los resultados del proyecto Murbandy/Moland (ver tabla 11). En cualquier caso, la planificación urbana debe poner un mayor énfasis en la ordenación del espacio no construido, preservando las funciones hidrológicas esenciales del espacio libre, y potenciando la creación de un sistema verde adecuado para dar respuesta a estos problemas. En este sentido, no sólo es necesario una extensión suficiente de espacio, sino unas pautas de diseño que sean sensibles a la potencial funcionalidad hidrológica de estos espacios.

De todo lo anterior se desprende que el principal servicio hidrológico que ofrece el espacio libre es la provisión de superficie permeable en el tejido urbano, favoreciendo el proceso de infiltración frente a la escorrentía y moderando la velocidad del flujo de agua. Esta funcionalidad es viable tanto para espacios verdes públicos como para parques residenciales o jardines privados. Según Hough, "urbanizaciones de baja o media densidad en Norteamérica han adoptado la práctica de llevar por tierra el flujo de agua, mediante superficies apropiadas que atraviesan las laderas de césped y los canales, como una alternativa a los colectores tradicionales, ya que se ha demostrado que es más económico y más beneficioso para la calidad del agua" (Hough, 1988, p. 77). El tipo y grado de cobertura vegetal de los espacios es también determinante para el control de la circulación del agua, influyendo en la intercepción de la precipitación y en el volumen de agua eliminada del sistema urbano por evapotranspiración.

[Dehesa de Tablada con el puente del V Centenario. Sevilla](#)





Tabla 11. Evolución de las superficies artificiales y permeables entre las décadas de 1950 y 1990 en distintas ciudades europeas

Ciudad	Área total (Km ²)	Área urbanizada total (Km ²)		Superficie verde urbana total (Km ²)		Incremento de la superficie artificial (%) durante el periodo de estudio	Pérdida de superficie natural y agrícola frente al área total (%) durante el periodo de estudio
		1950s	1990s	1950s	1990s		
Algarve	781,5	32,2	119,1	0,2	0,7	270,4	11,4
Bilbao	169,6	27,4	61,4	0,7	1,9	124,2	20,6
Bratislava	462,7	40,8	123,3	1,1	2,1	202,6	18,1
Bruselas	1308,8	318,6	560,3	15,7	17,9	75,9	19,3
Copenhague	665,0	242,7	386,1	9,3	16,0	59,1	19,4
Dublín	676,8	163,1	319,3	21,2	52,1	95,8	22,7
Dresde	1256,7	231,1	314,1	52,1	44,0	36,0	7,3
Grenoble	193,4	31,1	91,4	4,1	5,1	193,5	31,2
Helsinki	1041,5	135,0	326,0	13,3	29,3	191,0	25,6
Iraklion	29,8	9,0	21,7	0,1	0,1	139,7	41,3
Lyon	311,6	122,8	222,6	17,6	14,5	81,2	32,7
Marsella	328,3	93,5	150,2	9,5	4,6	60,7	17,6
Milán	325,2	114,5	233,4	4,3	16,6	103,8	37,0
Munich	797,8	246,7	357,0	20,8	30,9	44,7	14,3
Nicosia	75,9	24,8	52,0	0,7	1,2	109,6	36,6
Oporto	1975,0	51,3	121,5	2,3	5,2	136,8	35,7
Padua-Venecia	515,5	69,7	188,9	4,4	9,7	171,0	23,1
Palermo	223,1	27,8	86,5	3,5	5,6	211,0	26,0
Praga	797,6	186,9	288,4	11,0	13,5	54,4	13,2
Ruhrgebiet	352,6	219,8	273,9	4,6	12,2	24,6	18,8
Setúbal	22,6	3,3	11,2	0,2	0,2	243,3	33,1
Sunderland	199,7	84,6	106,7	11,0	16,1	26,1	12,9
Tallín	1070,1	88,3	182,1	7,1	15,5	106,1	10,0
Viena	841,8	249,7	341,1	14,8	19,5	36,6	11,5

Fuente: Comisión Europea (2002): *Towards an Urban Atlas: assesment of spatial data in 25 european cities and urban areas*, p. 49.

La inversión en espacios abiertos para la eliminación del agua de lluvia puede compensar los costes asociados a la canalización tradicional, si se tiene en cuenta el gasto adicional para corregir los impactos derivados de este sistema. Para ello, sin embargo, debe llevarse a cabo un análisis previo con respecto a la permeabilidad del suelo y el grado de cobertura óptimo para el desarrollo de la funcionalidad hidrológica. Por ejemplo, en la proyección de un nuevo desarrollo urbano en Woodland (área cercana a Houston, Texas) se han establecido una serie de indicadores útiles para tal fin: el *factor de cubrición permitida*, que indica la densidad de urbanización permitida en función de la permeabilidad de cada tipo de suelo con el objeto de no afectar el grado de drenaje; el *factor de aclaramiento permitido*, que indica, para cada tipo de cobertura vegetal, el porcentaje de área que puede ser despejado sin afectar los parámetros ambientales; y el valor de *tolerancia paisajística*, como resultado de la unión de los dos anteriores (Hough, 1998, p. 87). La aplicación de dichos indicadores resulta de especial interés en la planificación de los sistemas verdes urbanos.

Aparte de favorecer la filtración natural en el suelo, otra funcionalidad potencial que ofrece el espacio libre es el establecimiento de estanques de almacenamiento para el control del flujo hídrico. La retención de agua en reservorios y su lenta reincorporación al sistema contribuye a evitar los problemas asociados al elevado volumen y la rapidez de las descargas en un medio altamente impermeabilizado. Las opciones viables para la creación de este tipo de infraestructuras variarán en función de las características de cada lugar. Los estanques de carácter permanente, modelados de forma natural, tendrán un mayor grado de adecuación donde se disponga de un abastecimiento continuo, y donde las afluencias y pérdidas permitan unas condiciones estables. Presentan además la ventaja de ofrecer una serie de funciones complementarias, como la creación de hábitat para flora y fauna acuáticas o la provisión de un espacio para el ocio y el desarrollo de actividades recreativas (pesca, paseo en barca). La conservación de lagunas o pantanos de origen natural y su defensa frente a las presiones antrópicas mediante su incorporación al sistema de espacios libres metropolitanos puede proporcionar esta misma funcionalidad hidrológica, ambiental y recreativa.

En áreas urbanas de mayor densidad o donde resulte inapropiado el modelo de almacenamiento permanente es posible la incorporación de estanques de almacenamiento temporal. La lógica que subyace a este modelo es la misma que en el caso anterior: recoger el exceso de agua y liberarla lentamente, siguiendo el principio de retardo en el regreso a la masa receptora y contribuyendo a suavizar los flujos altos. Las infraestructuras para el almacenamiento temporal se pueden diseñar, al igual que en el caso anterior, de forma compatible con otros usos del espacio. Por ejemplo, un estanque

ubicado en un parque público puede ser diseñado para acumular el agua de lluvia tras una tormenta y posteriormente drenar por completo el contenido, pudiendo ser utilizado como espacio de juego. Los dispositivos de almacenamiento temporal presentan una mayor flexibilidad para su ubicación, siendo ésta viable en espacios abiertos de muy distinta naturaleza, como parques, terrenos de juego infantil, campos de golf, aparcamientos, etc.

Los espacios verdes pueden contribuir asimismo a la mejora de la calidad de las aguas y a luchar contra el problema de la contaminación difusa. La incorporación de masas de agua y zonas húmedas al sistema de espacios libres potencia esta funcionalidad. Las plantas acuáticas juegan un papel relevante en este proceso de filtración de los contaminantes. Según Hough, "el carácter altamente productivo de la ecología de los pantanos promueve la absorción de nitratos y fosfatos por las plantas acuáticas. Las investigaciones llevadas a cabo en el Mississippi han mostrado que, anualmente, 0,4 hectáreas de jacintos de agua absorben 1.600 Kg de nitrógeno, 360 Kg de fósforo, 12.300 Kg de fenoles y 43 g de oligoelementos altamente tóxicos" (Hough, 1998, p. 73). En general, las zonas húmedas son potenciales proveedoras de este servicio ecológico si se promueve su conservación en los ámbitos urbanizados. Las condiciones anaerobias asociadas a las zonas húmedas permiten la conversión microbiana de nitrato (NO_3^-) a N_2 o N_2O , eliminando el NO_3^- del sistema de forma efectiva. El fósforo y los metales, habitualmente unidos a partículas en suspensión, son retenidos a través de los procesos de sedimentación. Las funciones biogeoquímicas de las áreas húmedas se prolongan a nivel de cuenca más allá de los límites del humedal, estableciéndose nexos funcionales con ecosistemas del entorno.

Tal y como se ha demostrado en un experimento llevado a cabo por investigadores de la Penn State University, Pensilvania, otras áreas abiertas, como áreas forestales y agrícolas, pueden actuar como *filtros orgánicos* para la purificación y reciclaje de las aguas residuales urbanas, mediante un riego controlado (Sopper, 1990). Esto sustituiría al vertido a cauces naturales de los efluentes del proceso de tratamiento del agua, evitando efectos de degradación de los cauces; al mismo tiempo, se permite la recuperación de agua potable a partir de dichos efluentes. El estudio demuestra además que, bajo unas determinadas condiciones experimentales y de control, no existe riesgo para la salud humana o para el medio por la incorporación de compuestos tóxicos y metales pesados al sistema (Sopper, *ibid.*, p. 153). Actualmente se estudia la viabilidad de la utilización de los lodos resultantes del proceso de depuración de las aguas residuales para su utilización como base para la creación de humedales artificiales (Sawhill y Ferguson, 1998).

Todas las funciones anteriores (favorecimiento de la infiltración natural, moderación de los picos de caudal y la erosión, mejora de la calidad del agua) contribuyen a moderar el impacto de la urbanización en el estado

de los hábitats asociados a la red hidrológica. La protección directa de estos ámbitos, mediante el establecimiento de zonas de protección y zonas de amortiguación (*buffer*) integradas en el sistema verde, es también un mecanismo directo de protección del medio hidrológico. Un estudio llevado a cabo en el estado de Ohio demuestra que la integridad biológica de los cauces disminuye incluso en cuencas donde el porcentaje de uso de suelo urbano no supera el 4%; en contraste, existen ámbitos fuertemente urbanizados que son capaces de mantener un elevado valor de integridad biológica gracias al mantenimiento más o menos virgen del entorno ripario y la llanura de inundación (Miltner *et al.*, 2004). Si se logra combinar la potenciación de la funcionalidad hidrológica de los espacios libres con el establecimiento de medidas de protección de las zonas riparias, se puede contribuir de forma significativa tanto a la mejora del funcionamiento hidrológico interno de la ciudad, como a la minimización del impacto de la urbe en los sistemas hidrológicos externos.

Funciones relacionadas con la mejora de la calidad del aire

La contaminación atmosférica en las ciudades representa uno de los principales problemas ambientales urbanos, con serias implicaciones para la salud y la calidad de vida de los ciudadanos. Por ejemplo, investigaciones recientes en la ciudad de Beijing han demostrado que el aumento observado del *índice de calidad del aire* (AQI) en un 10% ha ido parejo a un incremento del número diario de fallecimientos por enfermedad respiratoria de un 3,52% (Zhang *et al.*, 2003; citado por Yang *et al.*, 2005, p. 65). Asimismo, las actividades y procesos urbanos que producen emisiones de contaminantes a la atmósfera de forma directa (tráfico, industria) o indirecta (consumo de energía en hogares y empresas) tienen influencia más allá de los límites de la ciudad, contribuyendo a problemáticas de escala regional o global como la lluvia ácida o el cambio climático¹⁶; de forma inversa, el proceso de calentamiento global también afecta a la ciudad, agudizando los efectos de la *isla de calor urbano*.

16. El incremento de la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂) y de otros gases invernadero [metano (CH₄), clorofluorocarbonos (CFC's), óxido nitroso (N₂O) y ozono troposférico (O₃)] es señalado como causa posible del aumento de las temperaturas en la atmósfera, al atrapar estos gases radiación de ciertas longitudes de onda. Entre ellos, el CO₂ es el más significativo, siendo responsable de alrededor del 50% de la magnitud del efecto invernadero (Ciborowski, 1989; Rodhe, 1990). El incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera es atribuible principalmente al empleo de combustibles fósiles (entre el 80 y el 85%) y a la deforestación (Hamburg *et al.*, 1997; Schneider, 1989).

Los ecosistemas urbanos, en especial la vegetación arbórea, pueden jugar un papel relevante en la reducción de gases invernadero, especialmente de CO₂, a la vez que contribuyen a la mejora de la calidad del aire urbano mediante la filtración de otros contaminantes. El papel de la vegetación urbana como garante de un mejor ambiente atmosférico ha sido analizado por numerosos estudios, que demuestran los beneficios que tanto una adecuada planificación y mantenimiento del arbolado, como la conservación de masas forestales en el contexto urbano o metropolitano, pueden aportar para la mejora de la calidad del aire.

La vegetación contribuye a la reducción de la contaminación atmosférica a través de dos vías principales (Yang *et al.*, *ibid.*, p. 65): mediante la captación directa de compuestos presentes en el aire (CO₂, NO₂, SO₂, O₃, partículas, etc.), o bien de forma indirecta, moderando la temperatura urbana a través de la provisión de sombra y la evapotranspiración, lo cual contribuye a una disminución notable del consumo energético para refrigeración en los edificios. Esta segunda vía será analizada con más profundidad en el apartado siguiente sobre regulación del microclima urbano.

En lo que respecta específicamente a la absorción de CO₂, los ecosistemas urbanos actúan a través de tres vías principales (Jo, 2001, p. 116). La primera de ellas es la captación directa y acumulación de carbono atmosférico en el propio proceso de crecimiento vegetal mediante la fotosíntesis. En segundo lugar, el suelo almacena carbono orgánico a través de la acumulación de hojarasca en el suelo, antes de ser devuelto a la atmósfera por descomposición. Por último, como se ha mencionado, el efecto moderador del verde urbano sobre el microclima produce de forma indirecta una disminución de las emisiones de C al reducir el consumo de energía (combustibles fósiles) para refrigeración.

A pesar de la magnitud e importancia del proceso de captación de C por la vegetación, los ecosistemas urbanos no deben ser considerados, sin embargo, como un sumidero permanente del carbono atmosférico. El carbono almacenado por un árbol retornará a la atmósfera tras la eliminación del mismo y su eventual descomposición. Según Nowak (Nowak *et al.*, 2002, p. 113), la máxima cantidad de C almacenado por la vegetación arbórea equivale, para un espacio ocupado por un único pie arbóreo, al C almacenado por un solo árbol al alcanzar la madurez; esto es debido a que, tras la eliminación de este ejemplar maduro y su sustitución por uno nuevo, el carbono que este nuevo árbol almacenará a lo largo de su desarrollo será compensado por las emisiones de C originadas por la descomposición del árbol precedente. Si a estas emisiones sumamos el carbono emitido por los equipos de mantenimiento dependientes del consumo de combustibles fósiles, el carbono total liberado (descomposición + mantenimiento) puede ser superior al carbono almacenado por la vegetación. Para obtener un

balance neto positivo con respecto a la absorción de CO₂ es necesaria una adecuada elección tanto de las especies arbóreas como de las técnicas de mantenimiento de la vegetación. Al papel de la vegetación arbórea habría que añadir además el del suelo, que, como se ha dicho, también actúa como un importante sumidero de CO₂. Diversos estudios indican que la capacidad de almacenamiento del suelo equivale a más del 50% del C total almacenado por los ecosistemas forestales urbanos o naturales (Birdsey, 1990; citado por Jo, 2001, p. 122). El periodo de retorno del C almacenado en el suelo ha sido estimado en 41 años para las áreas residenciales de Chicago, lo cual es sensiblemente superior al periodo de retorno asociado a la vegetación leñosa (Jo y McPherson, 1995; citado por Jo, 2001, p. 124).

La magnitud de este proceso queda patente mediante el estudio de casos concretos. Por ejemplo, los bosques urbanos de Estados Unidos almacenan aproximadamente 700 millones de toneladas métricas de carbono (Nowak y Crane, 2001; citado por Nowak *et al.*, 2002, p. 119). El total de carbono almacenado en los espacios verdes (suelo y vegetación leñosa) de la ciudad coreana de Chucheon ha sido estimado en aproximadamente 139 kt, equivalentes a 56,5% de las emisiones de C derivadas del uso de combustibles fósiles en la misma ciudad (Jo, 2001, p.122). El bosque urbano¹⁷ de Peking almacena en forma de biomasa 224.000 toneladas de C (Yang *et al.*, 2005, p. 73), y presenta una tasa de absorción de 11.373 toneladas de C/año (en CO₂, 41.701 ton/año); por su parte, la emisión de C evitada por el efecto regulador de la vegetación urbana de Peking sobre el clima se estima en un 44% del total anual absorbido. Según un amplio estudio desarrollado por McPherson y otros para la ciudad de Chicago, el papel de la absorción de C por parte del arbolado urbano

17. Es necesario aclarar que este concepto engloba el conjunto de la vegetación arbórea urbana, no sólo las masas forestales integradas en el tejido urbano



Estación de medida de contaminación

en la urbe estadounidense es modesto comparado con las emisiones, pero puede alcanzar cifras significativas si se añaden los beneficios obtenidos a través de la regulación microclimática (McPherson *et al.*, 1997, p. 54).

Aunque la contribución de la vegetación urbana a la reducción del efecto invernadero a escala global sea minoritaria con respecto a las masas arbóreas no urbanas¹⁸, una adecuada planificación del verde urbano puede constituir una de las estrategias más eficientes en cuanto a coste y ahorro de tiempo para decelerar el proceso de cambio climático (Jo, 2001, p. 122). Sumando el efecto de ahorro energético por moderación microclimática, los árboles urbanos llegarían a alcanzar una efectividad por árbol superior a la de los árboles no urbanos (Nowak *et al.*, 2002, p. 119).

La vegetación urbana también contribuye a la mejora de la calidad del aire absorbiendo otros contaminantes gaseosos como el SO₂, NO₂ y O₃, disolviendo contaminantes hidrosolubles en la superficie húmeda de hojas, o interceptando partículas. Volviendo al ejemplo de Peking, se ha estimado la tasa de absorción anual para diversos contaminantes como sigue: 772,0 toneladas PM₁₀/año; 256,4 toneladas O₃/año; 132,3 toneladas NO₂/año; y 100,7 toneladas SO₂/año (Yang, 2005, p. 74); la tasa estandarizada de absorción calculada para la metrópoli china (27,5 g/año·m² de cobertura arbórea) supera en más del doble las estimadas para ciudades como Nueva York (13,7 g/año·m²), Baltimore (12,2), Atlanta (10,6) o Sacramento (9,4) (McPherson y Simpson, 1998; Nowak, 2004; citados por Yang, *ibid.*, p. 75), aunque esto puede ser consecuencia de la mayor concentración de contaminantes registrada en Peking. El efecto moderador de temperatura de la vegetación también puede tener un efecto sobre el nivel de otros contaminantes aparte del CO₂, en la medida en que el descenso de la tempera-

18. En EE.UU. el arbolado urbano almacena un 4,4% del total captado por bosques no urbanos (Birdsey y Heath, 1995; citado por Nowak *et al.*, 2002, p. 119).

tura disminuye la actividad de las reacciones químicas; a causa de esto, se reduciría la producción de contaminantes secundarios (Taha, 1996; Nowak *et al.*, 2000; citados por Yang, 2005, p. 66).

Como otros servicios proporcionados por los ecosistemas, la mejora de la calidad del aire por la vegetación no es tenida en cuenta por el mercado. El análisis económico de este servicio permite obtener una medida de su valor para la sociedad. Nowak y otros han estimado que la contribución de los bosques urbanos de Estados Unidos a la mejora de la calidad del aire a través de la eliminación de cinco contaminantes (O_3 , PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO) puede ser valorada en 3.800 millones de dólares (Nowak *et al.*, 2002, p. 121).

Como contrapartida de los beneficios expuestos, la vegetación urbana también puede actuar como emisora de sustancias perjudiciales a la atmósfera. Los árboles pueden ser una fuente de BVOC, compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico (Yang *et al.*, 2005, p. 66). Estos compuestos pueden reaccionar con NO_x (óxidos de nitrógeno) para formar O_3 y aerosoles (Benjamín y Winer, 1998; citado por Yang *et al.*, *ibid.*, p. 66). Otro problema no menos relevante lo constituye la emisión de polen, que puede generar problemas de salud en un sector de la población. En ambos casos, el proceso de selección de las especies arbóreas a implantar en los espacios verdes urbanos resulta fundamental para minimizar estos efectos negativos.

Otra función potencial de la vegetación urbana consiste en utilizar determinadas especies como bioindicadores para la contaminación urbana, ya sea como indicadores de reacción o como indicadores de acumulación para observaciones a largo plazo. Por citar algunos ejemplos, se ha utilizado con este fin el *ray-grass* italiano (*Lolium multiflorum*), sensible a metales pesados y halogenuros; también el tabaco (*Nicotiana tabacum*) y la judía verde (*Phaseolus vulgaris*), como indicadores activos de fotooxidantes (O_3); y líquenes (*Hypogimnia physodes*) como indicadores de SO_2 (Salvador Palomo, 2003, p. 130).



Tráfico urbano

Es posible extraer de la literatura científica algunas recomendaciones generales para optimizar la absorción de contaminantes por parte del verde urbano:

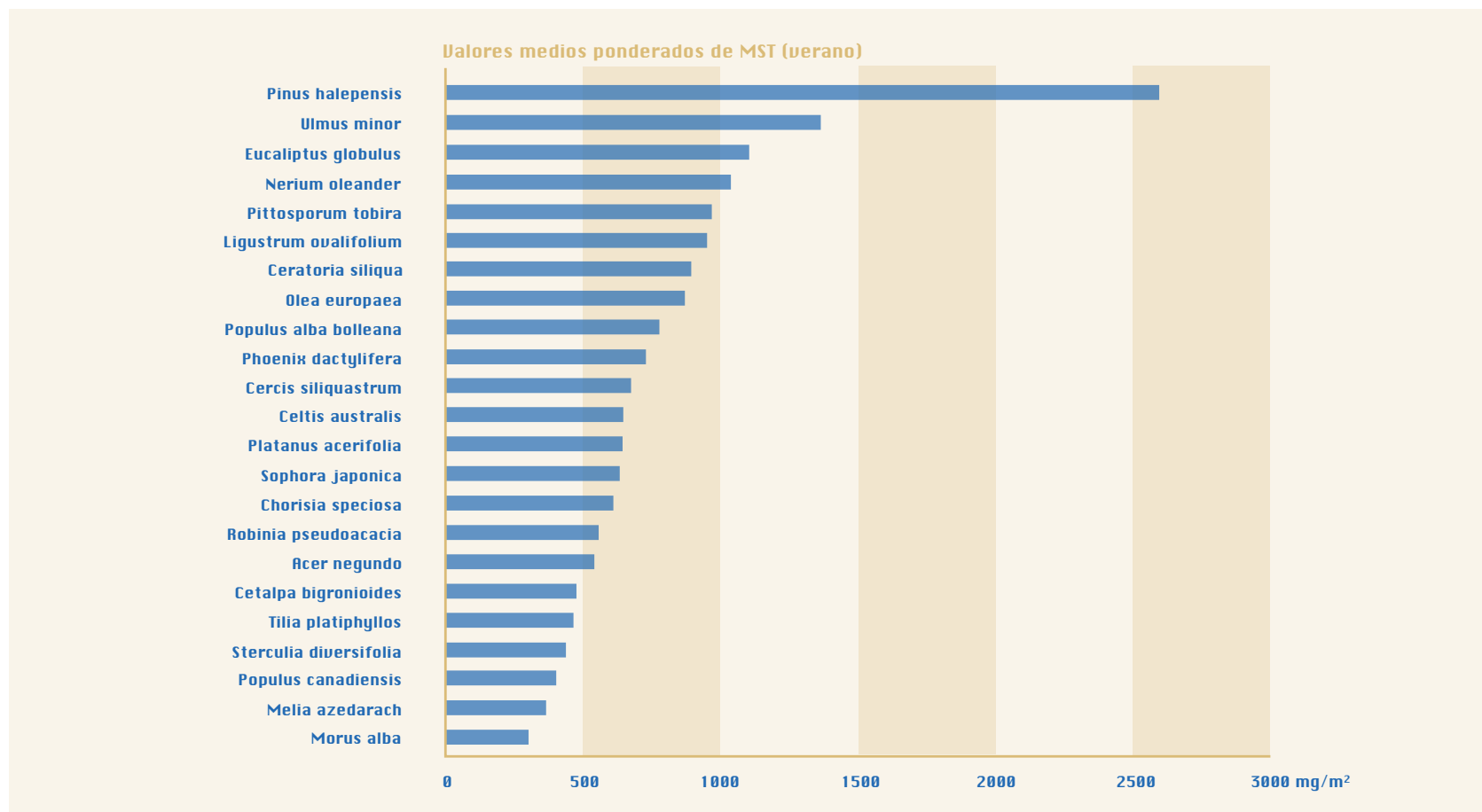
- Aumentar la presencia de áreas verdes en el ámbito urbano, promoviendo la creación de parques y jardines, y estableciendo unos estándares mínimos de vegetación para las áreas residenciales. Asimismo, se debe evitar la proliferación de espacios abiertos dominados por superficies duras y carentes de vegetación.

- Potenciar una estructura más natural de la vegetación en los espacios verdes. Es normal encontrar en las ciudades grandes

explanadas de hierba, o áreas en las que la vegetación se reduce exclusivamente a los árboles. La combinación de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas en un mismo espacio aumenta el índice de área foliar (IAF) y mejora el rendimiento de la vegetación en cuanto a la absorción de contaminantes. Igualmente, la presencia de árboles de distinta edad asegura una absorción continuada a largo plazo de C atmosférico.

- Promover la protección de áreas naturales periurbanas mediante su incorporación al sistema de espacios libres de la ciudad. De esta forma, se evita la pérdida de espacios muy valiosos que, debido a su mayor naturalidad, presentan una mayor efectividad en la absorción de contaminantes. En el caso contrario, la destrucción de estas áreas naturales para la urbanización del terreno conllevaría la emisión del C acumulado en la vegetación y el suelo. Para evitar esto, se pueden establecer objetivos de absorción de C para los municipios, que actúen como un criterio orientador a la hora de planificar el crecimiento urbano.

- La distribución de la vegetación urbana debe seguir criterios de localización que optimicen su capacidad de moderación microclimática. Hay que recordar que la absorción de C por las plantas supone, en última instancia, una reducción temporal de la presencia de este elemento en la atmósfera, mientras que la regulación de la temperatura produce un efecto permanente mediante el ahorro de emisiones.



Clasificación de las especies por su acumulación de materia sedimentable total (MST) durante el primer muestreo (verano).

Fuente: Gómez Lopera *et al.*, 1996; tomado de Salvador Palomo, 2003, p. 129.

En lo que respecta a la selección de especies, algunos aspectos a tener en cuenta serían los siguientes:

- Seleccionar preferentemente especies arbóreas longevas, a fin de postergar en el tiempo el denominado *Last Positive Point* (LPP).

Se trata del punto a partir del cual las emisiones acumuladas de C (asociadas al mantenimiento y a la descomposición de los ejemplares arbóreos) superan la cantidad de carbono almacenado. Depende de la especie, del tipo de mantenimiento y del destino y utilización de los ejemplares eliminados.

- Seleccionar especies de gran porte en la madurez, para aumentar el IAF y con ello la capacidad de absorción de contaminantes.

Las diferentes especies vegetales presentan muy diversos índices de absorción de contaminantes.

Esta capacidad específica debe ser tenida en cuenta si se quiere potenciar la absorción de un contaminante concreto. El gráfico superior muestra como ejemplo la capacidad de absorción de partículas y material sedimentable de diferentes especies.

El mantenimiento de los espacios verdes puede constituir un factor decisivo en la absorción de C. Algunos aspectos a tener en consideración son:

- Los árboles grandes y sanos contribuyen a eliminar entre 60 y 70 veces más contaminación que los pequeños por la diferencia en el IAF. Es necesario, por tanto, asegurar la salud y longevidad de los árboles para potenciar la absorción de contaminantes, y eliminar la sustitución innecesaria de ejemplares adultos por otros jóvenes.

- En la medida de lo posible, se debería basar el mantenimiento de la vegetación en prácticas que no impliquen o minimicen el consumo de combustibles fósiles. El C liberado por los equipos de mantenimiento puede llegar a superar el C absorbido por la vegetación. En este sentido, se debería favorecer un carácter más natural en los espacios verdes, ya que requieren un menor grado de mantenimiento que los espacios basados en la jardinería tradicional.

- Igualmente es importante la aplicación de técnicas de reciclaje o reutilización de la madera de los árboles eliminados, a fin de retrasar la liberación a la atmósfera del C acumulado.

Funciones relacionadas con la regulación microclimática

El clima de un territorio está determinado de forma natural por factores como la latitud, la topografía, la existencia de masas de agua o la cubierta vegetal. El proceso de urbanización conlleva una modificación del clima local, dando como resultado un microclima urbano condicionado fundamentalmente por la geometría urbana, las propiedades térmicas de

los materiales de construcción, el calor emitido por la actividad humana, y la distribución y abundancia de la vegetación (Bolund y Hunhammar, 1999, p. 296). Por ejemplo, para Estados Unidos, las diferencias entre el clima urbano y el del campo circundante han sido cuantificadas como sigue: la diferencia de temperatura es 0,7°C mayor (sobre la media anual) en la ciudad, la radiación solar es hasta un 20% menor, y la velocidad del viento se ve reducida entre un 10 y un 30% (Haughton *et al.*, 1994; citado por Bolund y Hunhammar, *ibid.*, p. 296). La tendencia actual de aceleración de los procesos de urbanización no hace sino incrementar la magnitud de estas diferencias entre la ciudad y su entorno. Volviendo al ejemplo estadounidense, se ha observado un incremento constante de la temperatura urbana de entre 0,1 y 1,1°C por década a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, tendencia que podría incluso duplicar su magnitud si se cumplen las previsiones con respecto al cambio climático (McPherson, 1994, p. 151). Según Tyson (1973; citado por McPherson, *ibid.*, p. 151), los efectos térmicos locales asociados a la urbanización pueden llegar a extenderse más allá de los límites de los sistemas urbanos, como consecuencia de la influencia de las grandes metrópolis en los flujos de aire y el clima incluso a nivel regional.

El fenómeno específico de distribución de la temperatura en la ciudad es conocido como *isla de calor urbano* (*urban heat island*). La estructura de la isla de calor origina una situación de inversión térmica, quedando una capa de aire caliente en forma de cúpula por debajo de una capa de aire más frío (Salvador Palomo, 2003, p. 115). De esta forma, la ciudad acumula el calor generado por la estructura urbana y por las actividades humanas que se producen en su seno (ver gráfico). Algunos autores han propuesto fórmulas que establecen una relación directa entre la intensidad de la isla de calor y la población de la ciudad (Oke, 1973), o bien una relación inversa entre la temperatura y la distancia al centro urbano (Kim, 1989). La estructura de la isla urbana presenta variaciones temporales y espaciales, siendo sus efectos especialmente sensibles en el periodo estival y en condiciones



Isla de calor urbano.

Fuente: Harris y Dines, 1988; tomado de Salvador Palomo, 2003, p. 115.

de calma. Las mayores diferencias se dan entre tres y cinco horas después de la puesta de sol, y son debidas a la variación entre las tasas de enfriamiento de los ámbitos urbano y rural; diferencias de 3-5°C entre campo y ciudad son típicas en este periodo (Godward, 1981; citado por McPherson, 1994, p.152).

Debido a que los distintos elementos estructurales de la ciudad (superficies asfaltadas, edificios, etc.) constituyen las interfaces térmicas entre la atmósfera y la superficie del suelo, la distribución de estos elementos en el espacio determina la existencia de distintos microclimas dentro de la propia ciudad, cuyo efecto agregado conforma la isla de calor urbano (Landsberg, 1981; citado por McPherson, 1994, p.152). El efecto de la ciudad sobre el clima, por tanto, se puede detectar a distintas escalas, desde la microescala de un parque o un espacio comercial a la mesoescala de una región urbana. Por este motivo, pueden existir *islas frescas* (*cool islands*) dentro de la ciudad que reflejan los efectos locales de determinadas densidades de urbanización o usos del suelo. Por ejemplo, la temperatura en el interior de un parque (para una ciudad en una latitud media) puede ser de 1 a 3 grados menor que en el exterior, y su influencia se puede extender a varias centenas de metros más allá de sus límites (McPherson, 1994, p.152).

Los efectos de la isla de calor urbano son, principalmente: (a) un aumento del consumo energético debido a la mayor demanda de electricidad para refrigeración y aire acondicionado; (b) la contribución indirecta al aumento de los niveles de contaminación atmosférica y al calentamiento global, asociados al mayor consumo de energía; (c) el aumento de la concentración de ozono en la atmósfera urbana (*smog*) debido al incremento de temperatura; y (d) una disminución de la calidad de vida de los ciudadanos, debida a la reducción del grado de *confort* urbano y al incremento de los problemas de salud asociados al aumento de temperatura.

Los ecosistemas urbanos, a través de la vegetación o la presencia de láminas de agua, pueden ayudar a reducir las diferencias de temperatura entre campo y ciudad (Bolund y Hunhammar, 1999, p. 296). El papel de la vegetación en la moderación de la temperatura urbana se manifiesta básicamente a través de dos vías: la evapotranspiración, y el efecto de la sombra sobre las superficies y estructuras urbanas que absorben calor. La evapotranspiración del agua por las plantas ayuda a controlar el nivel de

humedad y la temperatura: en un día de verano, 0,4 ha de césped pueden perder por este proceso hasta 10.800 litros de agua (Federer, 1970; citado por Hough, 1998, p. 258); por su parte, un árbol puede llegar a transpirar 450 litros de agua al día, lo que equivaldría a 230.000 kilocalorías de energía de evaporación, energía que de esta forma no estaría disponible para el aumento de la temperatura del aire¹⁹ (Federer, *ibid.*). El efecto de un único árbol es limitado en lo que respecta a la modificación del microclima local, pero el efecto agregado que supone la existencia de amplias zonas verdes puede llegar a ser muy significativo a escala urbana, afectando a otras áreas de la ciudad mediante procesos de advección (O'Rourke y Terjung, 1981; Oke, 1989; citados por McPherson, 1994, p. 159). Los estudios de Kim (1989) para la ciudad de Seúl ponen de manifiesto el papel de

los espacios verdes en la reducción de la temperatura urbana; para este autor, la fuerte correlación negativa entre temperatura y superficie verde queda recogida en la siguiente expresión (Kim, *ibid.*; citado por Salvador Palomo, 2003, p. 117):

Media anual temperatura = $-2,64486 \times \text{Log relación de espacios verdes}^{20} + 10,75701$

Por otro lado, mediante un adecuado diseño de plantación y selección de especies arbóreas, el efecto de sombra sobre edificios y superficies urbanas puede tener una notable incidencia sobre la temperatura urbana. La plantación de árboles se puede diseñar para optimizar la provisión de sombra y el consecuente descenso de temperatura durante el periodo en que se producen los picos de consumo energético para refrigeración; para ello,

19. Federer asimila el efecto de la transpiración de 400 litros diarios al funcionamiento de cinco aparatos de aire acondicionado, cada uno a 2.500 Kcal/h, funcionando durante 19 horas al día. La ventaja del árbol es que no conlleva el consumo de energía eléctrica, y no genera calor en el proceso, tal y como ocurre con los acondicionadores (Federer, 1970).

20. Relación de espacios verdes: cociente entre la superficie de espacios verdes y la superficie total de la ciudad.



La vegetación ejerce una importante función como elemento moderador de los efectos de la "isla de calor urbana"

las plantas deben ser ubicadas de forma que proporcionen sombra sobre los edificios durante varias horas antes de que se experimente el pico de consumo. Meiaer y otros (1991; citado por McPherson, 1994, p. 158) calcularon que la vegetación contribuía a una disminución de la temperatura de las superficies urbanas en unos 17°C; Huang y otros (1987; citado por McPherson, *ibid.*, p. 159) estimaron una reducción del consumo energético anual para refrigeración de un 16% y de un 11% en el pico de consumo, como consecuencia del efecto de sombra de la vegetación en un barrio residencial en Sacramento, EE.UU. Según McPherson y otros, un adecuado tratamiento del paisaje urbano, especialmente cuidadoso en lo que respecta a la plantación del arbolado alrededor de edificios, podría proporcionar un ahorro de entre un 5 y un 15% en calefacción (mediante la

reducción de la velocidad del viento) y entre un 10 y un 50% en refrigeración por aire acondicionado (McPherson *et al.*, 1995, p. 153).

En Estados Unidos, la demanda de electricidad en las ciudades aumenta un 3-4% por cada incremento de la temperatura en un grado Celsius. Entre el 3 y el 8% de la demanda eléctrica actual sería utilizada para compensar los efectos de la isla de calor urbana (Akbari *et al.*, 1990; citado por McPherson, 1994, p. 151). Un estudio realizado mediante proyecciones por ordenador para todo el ámbito estadounidense indica que 100 millones de árboles urbanos maduros (tres árboles por cada hogar unifamiliar) pueden contribuir a reducir el uso de energía para frío y calor en 30 billones de Kw/hora y reducir las emisiones de CO₂ en 8 millones de toneladas por año (Akbari *et al.*, 1988; citado por McPherson, 1994, p. 162). Otros beneficios, como el aumento del *confort* urbano o los beneficios sobre la salud, son quizá más difíciles de evaluar desde un punto de vista económico, aunque no por ello son despreciables. Es necesario profundizar en el diseño de modelos y métodos de análisis que permitan conocer mejor el conjunto de beneficios asociados a la vegetación con respecto a la regulación microclimática.



Parque de María Luisa. Sevilla

En cualquier caso, la efectividad de la vegetación en este sentido variará en función del contexto y de las condiciones climáticas específicas de cada lugar, por lo que la magnitud de este servicio dependerá en buena medida de que la planificación sea sensible a la casuística concreta de cada urbe. En determinados casos, la sombra proyectada sobre un edificio puede incrementar los costes de calefacción e iluminación en invierno por encima del ahorro energético en verano. Asimismo, constituye un problema el hecho de que en algunos ámbitos los problemas de escasez de recursos hídricos puedan constituir una limitación para la eficiencia del control de la temperatura por la vegetación urbana, pudiendo los costes de plantación y mantenimiento de la vegetación superar los beneficios obtenidos. Estos y otros efectos adversos potenciales (como el hecho de que la vegetación pueda dificultar la circulación de aire frío por advección), hacen que sea fundamental introducir criterios específicos para la distribución del arbolado urbano, la ordenación (extensión, estructura y localización) de las zonas verdes, y la selección de especies adaptadas a cada caso, con el objetivo de materializar las potencialidades de ahorro expuestas anteriormente y evitar efectos indeseados e incluso contrapuestos a los perseguidos. Para un clima frío, por ejemplo, los objetivos de la plantación urbana buscarán proteger los edificios de los vientos fríos sin impedir el acceso de la radiación solar. En estos casos, la vegetación en áreas residenciales deberá ser densa, predominando las especies de hoja caduca en el ala oeste de los edificios así como en calles, acerados y aparcamientos, mientras que la cara sur deberá estar despejada de vegetación. En ámbitos cálidos, la vegetación en general será más abierta, permitiendo la ventilación natural bajo las copas de los árboles, y predominando especies de hoja perenne que emitan sombra preferentemente en las caras este y oeste de los edificios. En áreas templadas, la planificación debe combinar de forma racional los criterios utilizados en los casos anteriores, en función de que se considere prioritario potenciar el ahorro energético en verano o invierno (McPherson *et al.*, 1995, pp. 156-157).

Funciones relacionadas con la biodiversidad urbana

En palabras de Sieverts (1998; citado por Breuste, 2004, p. 440), el paisaje urbano es un paisaje optimizado desde el punto de vista económico, diseñado para funcionar de forma efectiva en cada uno de sus componentes (las diferentes formas de uso de suelo), pero no de una forma integral, como unidad. Esto hace que el proceso de urbanización suponga una importante alteración de la estructura y la dinámica ecológica del territorio sobre el que se asienta, con una consecuente modificación de la biocenosis asociada al mismo. Los dos factores fundamentales de este proceso son la

fragmentación del paisaje, que es transformado en un complejo mosaico de usos de suelo de naturaleza heterogénea, y el desarrollo de múltiples vectores de perturbación que afectan a la flora y la fauna. Entre ellos, podemos citar: la modificación del clima; la presencia de contaminantes químicos en aire, agua y suelo; la alteración y compactación del sustrato edáfico y el predominio de las superficies artificiales; y numerosos impactos de carácter puntual, como la concentración de sales antihielo, los focos puntuales de calor (respiraderos, equipos de aire acondicionado), los efectos directos de la presencia humana (pisoteo de la vegetación y otros daños asociados al uso público o el mantenimiento de los espacios verdes) o de determinadas actividades económicas (construcción, industria), etc.

La combinación de estos factores convierten a la ciudad en un nuevo medio ecológico, con una composición de especies y un abanico de hábitats particular y específico. Un medio que, al contrario de lo que podría parecer, alberga un elevado nivel de biodiversidad, como ha quedado demostrado a raíz de numerosos estudios. Por citar algunos ejemplos, según Sukkop y Werner, los mapas de vegetación realizados por el sistema de gradientes en Cambridgeshire (Walter, 1970) y la Baja Sajonia del Sur (Häupler, 1974) han demostrado que existe una mayor cantidad de especies distintas en el espacio urbano, especialmente en sus límites, que en un espacio de igual dimensión situado en el medio natural (Sukkop y Werner, 1991, p. 31). Gil y Bonnet (1973) localizaron en el Gran Londres un 61% de las especies catalogadas en Gran Bretaña, y un 62% de los mamíferos terrestres (Sukkop y Werner, *ibid.*, p. 31). Las especies de plantas superiores registradas en la ciudad de Astrakán suponen el 48% de las especies presentes en el Delta del Volga (Salnikov y Pilipenko, 2005, p. 384).

Zerbe y otros indican los siguientes factores como los causantes de la elevada diversidad de especies vegetales encontrada en Berlín: (a) el papel de las plantas nativas como *pool* de especies para la región geográfica considerada, (b) la heterogeneidad de las aglomeraciones urbanas, consistente en una variedad de asentamientos y patrones de uso del suelo, (c) la antigüedad de los asentamientos, (d) el alto porcentaje de especies no nativas, y (e) la evolución de nuevos taxones, que tiene lugar especialmente en lugares de origen antropogénico (Zerbe *et al.*, 2003, p. 147). Según diversos autores (Duhme y Pauleit, 1998; Ernst *et al.*, 2000; Stadler *et al.*, 2000), la variedad de hábitats que ofrece la ciudad (parques y jardines, cementerios, áreas de recreo, espacios remanentes de vegetación natural, como masas forestales o restos de vegetación riparia, solares abandonados y espacios para la construcción con suelo desnudo) es la causa principal del alto grado de biodiversidad existente (Deutschewitz *et al.*, 2003, p. 307). La diversidad de condiciones en el medio urbano resulta más favorable para el desarrollo de un mayor número de especies que otros espacios del entorno, como

las áreas agrícolas de uso intensivo y de carácter monótono, o incluso las áreas forestales donde la luminosidad es un factor limitante (Haupler, 1975; citado por Ernst *et al.*, 2000). Un nivel moderado de perturbación, como el que experimentan muchos de los espacios urbanos mencionados, favorece la diversidad global de especies, como demuestra Blair (1996, p. 511) para el caso de la avifauna urbana; esto correspondería con la denominada hipótesis de la *perturbación intermedia*. Sin embargo, según este autor, es importante no limitar el análisis al número de especies existente en la ciudad, debiéndose prestar atención a aspectos cualitativos de la flora y la fauna tales como la proporción entre especies nativas y exóticas, el mantenimiento de especies amenazadas o de interés para su conservación, etc.

En la mayoría de los casos, la composición de la flora y la fauna urbanas difieren de la correspondiente al contexto biogeográfico de la ciudad. Según diversos autores (Kowarik, 1998; Pysek *et al.*, 1998, 2002; Sukopp, 1998; Ernst *et al.*, 2000; Stadler *et al.*, 2000; McKinney, 2002; citados por Deutschewitz *et al.*, 2003, p. 307), ciertas características de los ecosistemas urbanos, como son la alta disponibilidad de nutrientes, la existencia de un clima más cálido, la elevada luminosidad, las alteraciones en la estructura del suelo o la introducción de especies ornamentales exóticas, contribuyen a la existencia de una enorme riqueza de especies vegetales no nativas en la ciudad. En una ciudad media centroeuropea hay un 40,3% de especies exóticas, entre arqueófitas (15,2%) y neófitas (25,2%), frente a un 59,7% de especies nativas (Pysek, 1998, p. 155). Son datos que contrastan con los valores globales estimados para la flora de Centroeuropa, que muestran un 6,8% de arqueófitas, un 19,7% de neófitas y un 73,5% de especies nativas (Frank y Klotz, 1990, citado por Pysek, *ibid.*, p. 159). Las especies neófitas aumentan su número y su proporción con respecto a las especies nativas conforme aumenta el tamaño de la ciudad, lo que hace pensar que son el grupo más estrechamente vinculado a la actividad urbana. Las arqueófitas, en cambio, aumentan su presencia con la extensión de los asentamientos por debajo de un cierto umbral de tamaño, a partir del cual su incidencia se ve reducida; esto se debe a que su presencia está notablemente relacionada con la existencia de hábitats propios de los asentamientos rurales, tales como tierras de cultivo, campos abandonados, etc.

La alta proporción de especies exóticas en el ecosistema urbano se relaciona con el fenómeno de homogeneización biológica asociado a la ciudad (McKinney, 2005, p. 247). Con independencia del contexto geográfico en que se ubican, las ciudades presentan una estructura ecológica y unas condiciones ambientales similares, que favorecen el desarrollo de una flora y una fauna parecidas. La potenciación de los procesos de dispersión asociada a la intensificación del transporte a escala global o la utilización de especies similares de vegetación ornamental en parques y jardines son

factores que facilitan el fenómeno de la homogeneización. Algunas especies animales sinantrópicas, perfectamente adaptadas a las condiciones particulares de los centros urbanos, tienen una distribución cosmopolita; entre ellas se pueden citar el ratón común (*Mus musculus*), la paloma bravía (*Columba livia*), el estornino (*Sturnus vulgaris*), o el gorrión (*Passer domesticus*) (McKinney, 2005, p. 249). En el caso de la vegetación, el medio urbano favorece especialmente la presencia de especies pioneras (con alta tasa de reproducción, corto ciclo vital y gran amplitud ecológica) y ruderales (adaptadas a un cierto grado de perturbación antrópica), así como especies xerotérmicas, adaptadas a las temperaturas elevadas y la escasez de humedad (Sukopp y Werner, 1991, pp. 40-41); por este motivo, las especies no nativas de las ciudades centroeuropeas tienen su origen principalmente en regiones más cálidas (Pysek, 1998, 160).

Sin embargo, un estudio desarrollado sobre la flora de las ciudades italianas hace plantear serias dudas sobre la generalización del proceso de homogeneización (Celesti Grapow y Blasi, 1998). La cobertura vegetal de las ciudades estudiadas refleja las características específicas de la región fitoclimática correspondiente (corología, formas de vida, biodiversidad), mientras que el grado de similitud entre la flora de las distintas ciudades es relativamente bajo. El porcentaje de especies no nativas se sitúa en todas estas urbes por debajo del 20%, con excepción del caso de Milán, que se acerca a los valores de las ciudades centroeuropeas. Los autores indican varias causas posibles para este hecho. Por un lado, las especies de la cuenca mediterránea muestran un carácter de pre-adaptación a las perturbaciones de tipo antropogénico; de hecho, algunas de estas especies tienen un gran potencial invasivo, actuando como invasoras en otros contextos geográficos. Por otro lado, muchas especies mediterráneas están bien adaptadas a condiciones de estrés ambiental características del medio urbano, como la limitación de agua, las altas temperaturas y la alta luminosidad; por ello, la isla de calor urbano no parece constituir aquí un factor tan determinante de la biodiversidad urbana como en regiones más septentrionales. Por último, la estructura del mosaico urbano presenta en muchos casos buenas conexiones entre las distintas áreas verdes urbanas, así como entre éstas y las áreas naturales y rurales de la periferia, lo que significa un menor aislamiento del medio urbano con respecto a espacios externos que actuarían como fuente de especies locales. El estudio de la vegetación urbana de la ciudad de México también muestra un bajo porcentaje de especies no nativas (20%), que igualmente contrasta con los datos que apuntan a la homogeneización biótica urbana (Pysek, 1998, p. 59).

En cualquier caso, parece que es necesario desarrollar estrategias para la potenciación de la flora y la fauna nativas en el contexto urbano y defender la biodiversidad local o regional frente a los impactos asociados



Cañada de los Pájaros, Puebla del Río. Sevilla

al crecimiento urbano. Se trata también de conservar el sentido de lugar, de espacio único, en la ciudad actual, frente a la progresiva uniformidad de los desarrollos urbanos, y de conseguir este objetivo a través no sólo de la arquitectura y de la protección del patrimonio, sino también del mantenimiento de una biodiversidad urbana acorde con el contexto biogeográfico de cada ciudad. La naturaleza urbanizada puede adquirir así un valor patrimonial, por un lado, al representar las características naturales particulares de un territorio, y por otro, como reflejo de la evolución del paisaje urbano (Maurer, 2000, p. 214).

Es evidente que el espacio libre juega un papel básico en el mantenimiento de la biodiversidad urbana. A pesar de la existencia de especies de flora y fauna asociadas a edificios, muros y otras estructuras antrópicas, el mayor interés desde un punto botánico y zoológico lo ofrecen los espacios abiertos que permiten el desarrollo de biotopos de carácter más o menos natural. En este sentido, Sukopp y Werner (1991, p. 119) destacan el papel de las zonas verdes tradicionales, como parques y jardines, pero también el

de las zonas baldías y solares abandonados, en las que, debido a una total ausencia de mantenimiento, los procesos espontáneos de colonización y sucesión en unión con otros factores (el estado del suelo, las condiciones atmosféricas o la calidad del aire) determinan la configuración de una típica biocenosis ruderal urbana. Los estudios de tipo comparativo demuestran que estos espacios mantienen un mayor grado de diversidad que parques y zonas sometidas a mantenimiento (Sukopp, 1982; citado por Sukopp y Werner, 1991, p. 37). Davis (1978; citado por Sukopp y Werner, *ibid*, p. 36) señala que el grado de utilización, control y mantenimiento de un espacio tiene una mayor relevancia para la configuración de la flora y la fauna que otros factores como la localización, la edad o el tamaño. Por último, Sukopp y Werner resaltan el interés especial que representan los espacios ubicados en las zonas de transición entre campo y ciudad, debido al menor grado de tensión ambiental con respecto al centro urbano, así como a la conjunción de especies propias del medio rural con aquellas adaptadas al medio urbano y a los espacios de transición (Sukopp y Werner, *ibid*, pp. 94 y ss.).

Tabla 12. Atributos de la flora vascular urbana en diversas zonas del antiguo Berlín Occidental

Parámetros florísticos	Zonas			
	Desarrollo de alta densidad	Desarrollo de baja densidad	Margen interior	Margen exterior
Especies por Km ²	380	424	415	357
Número de especies raras por Km ²	17	23	35	58
Especies no nativas (%)	49,8	46,9	43,4	28,5
Especies nativas (%)	50,2	53,1	56,6	71,5
Anuales (%)	33,6	30,6	33,4	18,9
Cobertura vegetal total (%)	32	55	75	95

Fuente: Kunik, 1974; tomado de Zerbe *et al.*, 2003, p. 144.

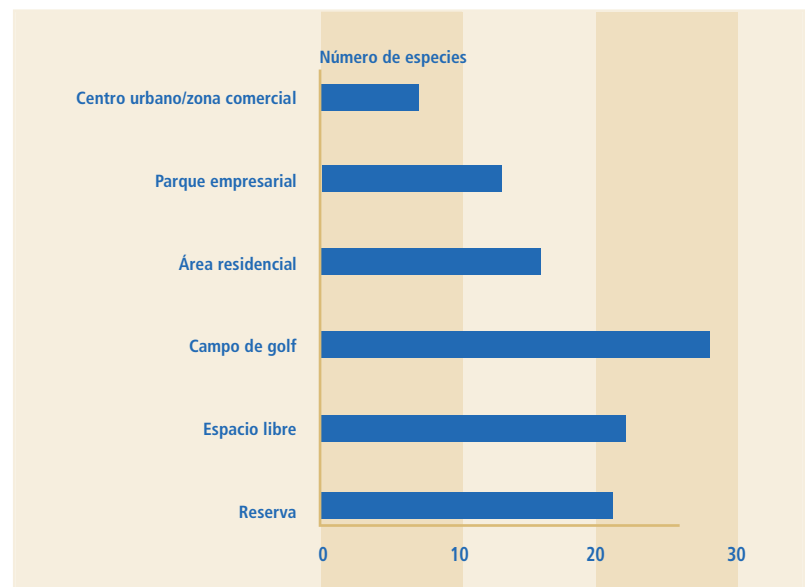
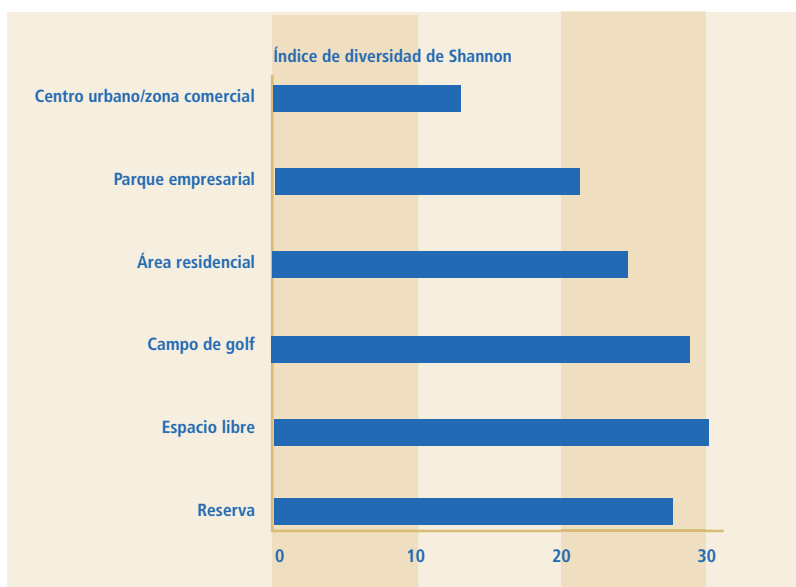
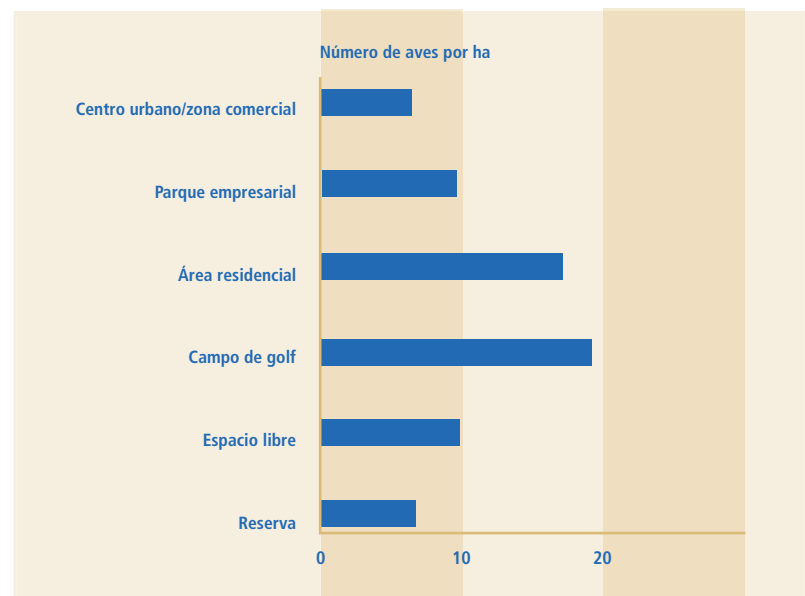
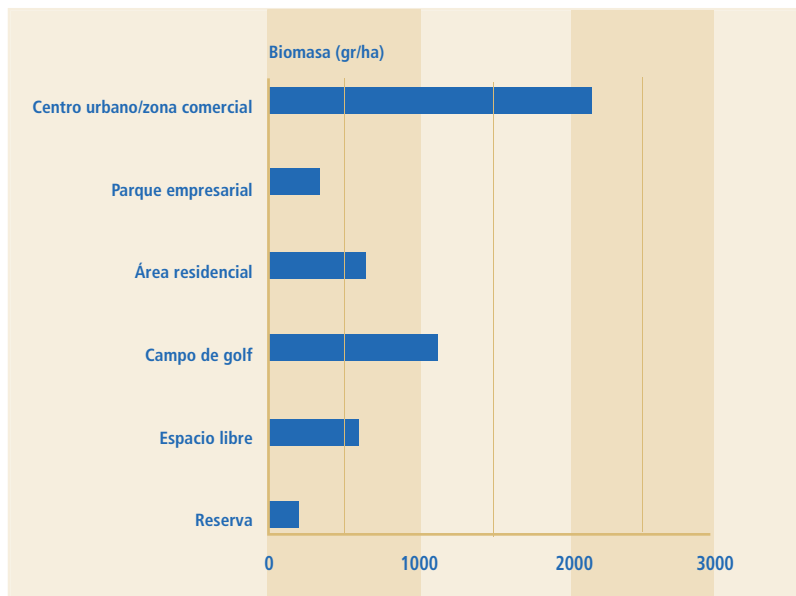
Aparte del tipo y la intensidad de uso y de mantenimiento, se puede hablar de tres elementos clave que contribuyen a explicar la riqueza y composición de las especies de un espacio determinado: la localización, sobre todo en relación al gradiente urbano-rural; la configuración del espacio, especialmente con respecto al efecto borde; y el tamaño, sobre todo en función de la problemática SLOSS²¹. Estos factores deben ser tenidos en cuenta también al llevar a cabo una ordenación de los espacios libres urbanos orientada a la conservación de la biodiversidad urbana.

Dentro de la ciudad existe una gran variabilidad con respecto a las condiciones ambientales y las presiones antropogénicas. En términos generales, se puede establecer una clasificación zonal del medio urbano en función de la capacidad de cada zona para mantener un cierto grado de diversidad. La clasificación de Sukopp y Werner (1991, p. 31) es extremadamente simple, pero refleja de forma bastante intuitiva la existencia de un gradiente de intensidades de uso del suelo entre la periferia y el centro urbano; estos autores dividen la ciudad en: (a) centro urbano, (b) zona de urbanizaciones, salpicada de jardines y pequeñas áreas verdes, (c) zona de edificación dispersa, con predominancia de casas unifamiliares con jardín, y (d) zona industrial. El análisis de las comunidades bióticas a través de un gradiente es un enfoque común en ecología, y ha sido aplicado en diversos estudios al análisis de los factores complejos que confluyen en el medio urbano y determinan la existencia de una biocenosis urbana (McDonnell *et al.*, 1997; Luck y Wu, 2002; Zhang *et al.*, 2004; Wania *et al.*, 2006). En relación a

la vegetación espontánea, se observa una mayor diversidad en los espacios situados entre el centro y la periferia urbana, donde el mosaico de usos de suelo es más heterogéneo y donde se registran frecuencias e intensidades más moderadas de perturbación sobre los biotopos urbanos. En lo que respecta a la fauna, al menos en el caso de las aves, se encuentran resultados parecidos, con una mayor abundancia de aves y riqueza de especies en los espacios sometidos a un grado moderado de perturbación y con una mayor heterogeneidad espacial y de usos, dado que ofrecen una mayor abundancia y una más amplia gama de recursos disponibles (ver gráfico en la página 99). El gradiente urbano-rural afecta no sólo a la riqueza de especies, sino que también modifica la proporción entre especies nativas y exóticas: conforme se avanza hacia el centro de la ciudad y a medida que aumenta la intensidad de los usos urbanos, se produce un descenso progresivo de las especies nativas en beneficio de las no nativas, mejor adaptadas a las condiciones ambientales de este entorno (ver tabla 12).

En el caso de masas forestales o espacios de carácter natural o seminatural ubicados en un contexto urbanizado, es posible observar un gradiente ecológico desde el núcleo del espacio hasta el entorno circundante. A la largo de la zona de transición entre ambos medios se produce una variación gradual de diversos factores, como pueden ser las características microclimáticas, el grado de luminosidad, el impacto de la contaminación, o el impacto directo producido por la presencia humana, así como de efectos acumulativos fruto de la combinación de los anteriores. Todos estos factores contribuyen a crear una serie de condiciones que favorecen el establecimiento de especies distintas a las del hábitat interior. Tal y como establece la hipótesis del *efecto borde* (*edge effect*), en los ecotonos la biodiversidad es mayor que en los medios adyacentes (Odum, 1971; citado por Godefroid y

21. SLOSS: *Single Large or Several Small*. Hace referencia al debate establecido sobre la conveniencia de centrar los esfuerzos para la conservación de la biodiversidad en la protección de un único espacio de gran tamaño o de varios espacios de menor tamaño.



Usos de suelo y avifauna

Fuente: Blair, 1996, p. 515. Resultados obtenidos a partir del censo de poblaciones estivales a través de un gradiente urbano en Santa Clara County, California, EE.UU.

Koedam, 2003, p. 179). Así, el efecto borde en un bosque periurbano puede contribuir a la coexistencia de especies vegetales mediante la provisión de gradientes microambientales y de perturbación complejos, a lo largo de los cuales se ubican diferentes grupos funcionales y especies particulares, incluso especies con un alto valor de conservación (Godefroid y Koedam, *ibid.*, p. 183). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el efecto borde potencia a su vez la penetración de especies invasoras, por lo que es necesario limitar su alcance en los espacios naturales o seminaturales de cara al mantenimiento de un hábitat interior de calidad. Esto es especialmente importante

en relación con el uso público, dado que la fragmentación de estos espacios a través de senderos o caminos contribuye a potenciar dicho efecto.

Es necesario tener en cuenta también el efecto borde en relación a la configuración espacial y la dimensión de los espacios libres. Un espacio de pequeña extensión tendrá comparativamente más superficie sometida a este efecto que un espacio de gran tamaño, que podrá mantener una mayor proporción de hábitat de interior. El papel del área (tamaño, forma y posibilidad de subdivisión) en la conservación es un tema ampliamente abordado y sujeto a una cierta polémica (comúnmente denominada *Single*

Large or Several Small o SLOSS). Unos pocos estudios desarrollados en este campo coinciden en que las grandes extensiones son mejores para la conservación de la flora (Diamond, 1976; Honnay *et al.*, 1999), si bien la mayoría de los autores que han abordado esta cuestión consideran más beneficioso la provisión de un conjunto de áreas de menor tamaño (Higgs y Usher, 1980; Quinn y Harrison, 1988; Virolainen *et al.*, 1998; Oertli *et al.*, 2000; citados por Godefroid y Koedam, 2003b, p. 287). Un conjunto de pequeños espacios forestales distribuidos en el tejido urbano pueden albergar en conjunto una mayor diversidad de especies que una extensión similar de una o varias masas forestales de gran tamaño; proporcionan, además, otras ventajas, como puede ser su función como espacios de interconexión entre manchas de mayor tamaño, o una mejor distribución de los beneficios ligados a estas áreas para los ciudadanos. Sin embargo, Godefroid y Koedam (2003b, p. 296) encuentran que, en el caso de los ecosistemas forestales, la provisión de refugios de grandes dimensiones es esencial para minimizar las tasas de extinción y proporcionar a determinadas especies posibilidades significativas de supervivencia. Está claro que en las estrategias de conservación no se debe considerar como único parámetro a potenciar la diversidad global de especies, sino que hay que analizar de forma específica los requerimientos ecológicos de las especies que presenten un mayor interés para su conservación. De esta forma, no sería posible establecer *a priori* si es mejor un modelo basado en pocas áreas de carácter natural pero de gran tamaño, o un mayor número de áreas de menor tamaño, sino que habría que adaptarse a las peculiaridades de cada caso. Como sucede con las funciones ambientales anteriormente abordadas, la planificación de un sistema de espacios libres orientado a la mejora de la biodiversidad exige un reconocimiento previo de la realidad ecológica del territorio urbano-metropolitano, a fin de desarrollar objetivos y criterios específicos de ordenación en función de las necesidades y las potencialidades del medio.



El gato (*Felis silvestris catus*), es un ejemplo de especie perfectamente adaptada a los ambientes humanos

Funcionalidad ambiental relacionada con el uso público

La funcionalidad social de los espacios verdes urbanos es ampliamente reconocida y ha sido abordada con mayor frecuencia (Balram y Dragicevic, 2005, p. 149) que la funcionalidad ambiental que hemos ido exponiendo en los apartados anteriores. Las zonas verdes proporcionan al ciudadano notables beneficios al actuar como fuente de relajación y bienestar psicológico, como entorno idóneo para las actividades de ocio y deporte, o como espacio para la integración social y la creación de un sentimiento de comunidad (Balram y Dragicevic, *ibid.*, p.149). Es claro que los ciudadanos valoran más los espacios verdes por toda esta gama de servicios de naturaleza inmaterial (Chiesura, 2004, p. 136), que por los

beneficios de carácter productivo que se puedan derivar de los mismos (Hague y Siegel, 2002; citado por Balram y Dragicevic, 2005, p. 149), inclusive en el caso de espacios sometidos a explotación económica, como sucede con numerosas masas forestales urbanas o periurbanas (Tarrant y Cordel, 2002; Tyrväinen, 2001).

En relación con nuestro estudio, es importante señalar que una parte de esta funcionalidad pública está estrechamente ligada a la presencia de la vegetación o, de forma más exacta, al carácter *natural* de estos espacios, debido a los vínculos psicológicos que el hombre mantiene con la naturaleza. La necesidad de contacto con lo *natural* que, en opinión de Kaplan y Kaplan (1989; citado por Chiesura, 2004, p. 136), experimenta el ser humano, se ve suplida en el medio urbano por la presencia de parques y jardines; en estos espacios, el ciudadano encuentra valores tradicionalmente ligados a la noción de naturaleza, como son la belleza, la tranquilidad o la sensación de libertad y evasión del estrés propio de la ciudad. Estos beneficios de tipo psicológico y *espiritual* derivados del verde urbano contribuyen de forma significativa a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, pieza clave de la sostenibilidad urbana (Chiesura, *ibid.*, p.136).

El valor que los habitantes de la urbe otorgan a la presencia de espacios y elementos de carácter más o menos natural en la ciudad ha quedado patente a través de numerosos estudios basados en la realización de encuestas, que constituye el método de análisis más frecuente en esta materia. Sin embargo, esta realidad también es puesta de relieve a través de investigaciones de índole económica. Por ejemplo, diversos estudios basados en el cálculo del valor hedónico²² (ver, por ejemplo, Geoghegan *et al.*, 1997; Geoghegan, 2002; Bengochea, 2003) de los espacios verdes y del paisaje urbano demuestran que ambos factores tienen una incidencia significativa en el precio final de una vivienda. El precio viene a reflejar de forma indirecta la preferencia de los ciudadanos por habitar en un lugar donde la naturaleza esté presente, ya sea en forma de parques y jardines o como componente del entorno periurbano. En este sentido, es significativo el hecho de que, a menudo, las estrategias de promoción de urbanizaciones de viviendas con jardín, generalmente localizadas en los ámbitos de transición entre los medios urbano y rural, hagan hincapié en los beneficios de disfrutar de un entorno más natural, como factor esencial para una mejor calidad de vida.

Es importante tener en cuenta qué tipo de naturaleza, y en qué grado, desean los ciudadanos para su entorno vital. La percepción y la actitud hacia los espacios naturales en la ciudad dependen en gran medida del contexto geográfico y cultural, por lo que es arriesgado hacer generalizaciones. Sin embargo, se puede aventurar la hipótesis de que los habitantes de las urbes occi-



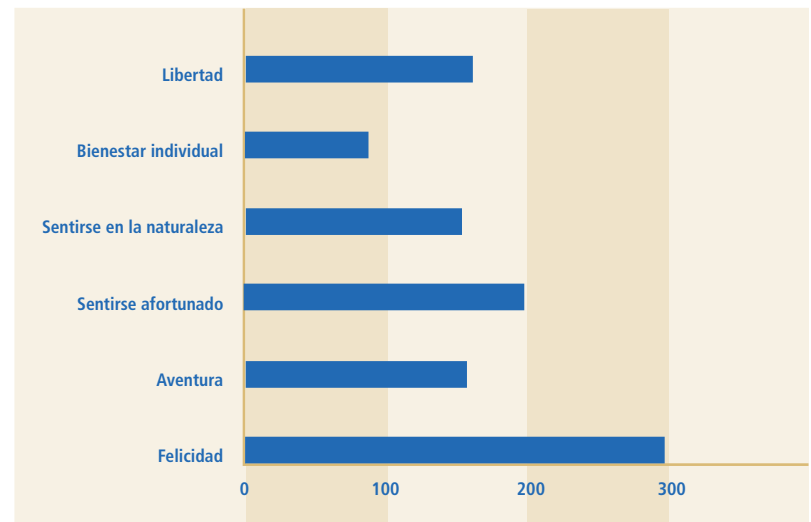
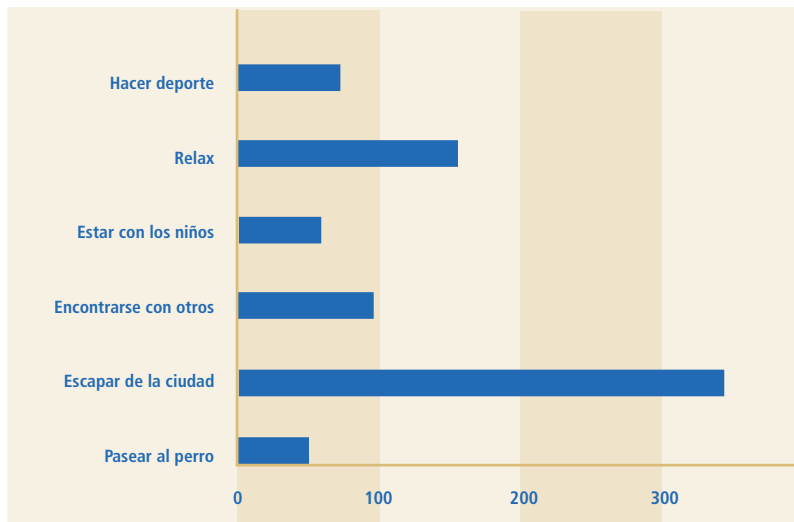
Los espacios libres ofrecen múltiples posibilidades para el desarrollo de actividades deportivas

22. El cálculo del valor hedónico (*hedonic value*) es una estimación indirecta del valor ambiental de un entorno a través del cálculo de la influencia del medio en el valor de mercado de un bien (Bengochea, 2003, p. 36).

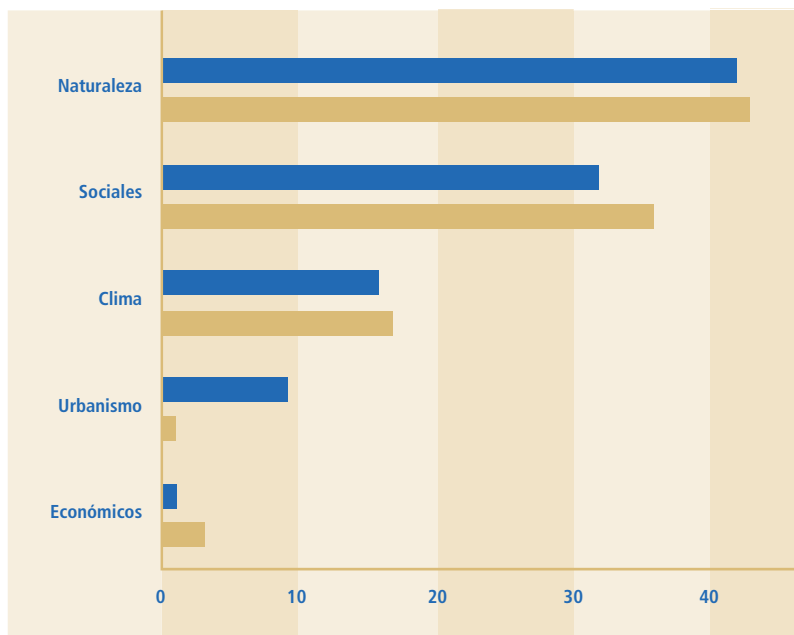
dentes dan cada vez un valor mayor a la naturaleza *per se*, con independencia de su utilidad para el ser humano. Esta tendencia emergente, vinculada a los conceptos de *biocentrismo* o *nueva biofilia*, parece poner de manifiesto un cambio en la mentalidad de los ciudadanos asociado al advenimiento de la denominada sociedad post-industrial (Tarrant y Cordell, 2002, p. 700); una nueva etapa en la evolución histórica de la relación hombre-naturaleza, que contrasta con las fases anteriores basadas en la *conquista* y el *dominio* del medio natural. Parece lógico que esta evolución de la actitud hacia la naturaleza vaya acompañada de un cambio paralelo en la percepción de la naturaleza urbana, que exija nuevas formas de diseño y planificación del espacio libre y nuevas posibilidades de interacción con el entorno alejadas de los planteamientos del tradicional enfoque ornamental (fuertemente ligado a la idea de "dominio sobre la naturaleza").

Son abundantes los estudios que constatan esta realidad. De Groot y Van der Born (2003, p. 127) señalan que en los países occidentales en general, y en los altamente ur-

banizados en particular, se percibe actualmente un elevado nivel de *aprecio* por la naturaleza (*nature-friendliness*) entre la ciudadanía. En Suecia y Noruega, alrededor del 80% de los encuestados reconoce el valor intrínseco de la naturaleza, esto es, el derecho de la naturaleza a existir independientemente de los bienes y servicios que proporciona a la humanidad (Grendstand y Wollebaek, 1998; citado por De Groot y Van den Born, 2003, p. 127). En Holanda, el porcentaje asciende generalmente al 90% o más (Van der Born *et al.*, 2001; citado por De Groot y Van den Born, *ibid.*, p. 127). Tarrant y Cordell llegan a conclusiones similares a través de un estudio de la valoración ciudadana de un conjunto de masas forestales en EE.UU. (Tarrant y Cordell, 2002). De Groot sostiene que los sentimientos de protección y de deseo



Sensaciones experimentadas en un parque urbano. Fuente: Chiesura, 2004, pp. 132-133



Beneficios asociados por la ciudadanía a los bosques urbanos en Finlandia

Fuente: Tyrväinen, 2001, p. 81. En ocre, resultados correspondientes a la ciudad de Joensuu; en azul, resultados correspondientes a la ciudad de Salo (porcentaje de respuestas).

de la naturaleza se experimentan de forma particularmente significativa en contextos sometidos a procesos de rápida urbanización. El sentimiento de protección se plasmaría, por ejemplo, en la voluntad o disposición al pago de la ciudadanía por la conservación de espacios naturales frente al desarrollo urbanístico: un estudio realizado por Tyrväinen en dos áreas urbanas de Finlandia muestra que la mitad de la población estaría dispuesta a pagar por la conservación de los bosques urbanos frente al crecimiento urbanís-

Un entorno natural constituye un marco agradable para el desarrollo de muy diversas actividades al aire libre

tico, porcentaje que asciende por encima de las dos terceras partes de la población si se permitiera el uso recreativo de estas áreas (Tyrväinen, 2001, p. 75). El deseo de naturaleza es, según recoge un estudio realizado por Chiesura (2004) en Holanda, uno de los principales motivos que llevan a los ciudadanos a acudir a un parque público (ver figuras superiores). También en Holanda, De Groot y Van der Born (2003, p. 127) indican que el tipo de naturaleza preferido en la actualidad por los ciudadanos se acerca más a la

categoría de *naturaleza en estado salvaje* que a la naturaleza domesticada o al paisaje asociado a la jardinería tradicional; al mismo tiempo, el tipo de relación con el entorno más valorado por la ciudadanía correspondería con la categoría de *participación e interacción* con el medio natural, por encima de otras categorías relacionadas con la explotación, el dominio o la contemplación. Como indican estos autores, estas preferencias se circunscriben en última instancia a un plano ideal, imposible de trasladar al entorno cotidiano de los ciudadanos, pero en cualquier caso constituyen un indicador valioso de una nueva actitud frente a la naturaleza. La creciente frecuencia con que los ciudadanos se desplazan de la ciudad a las afueras para disfrutar de un contacto directo con la naturaleza es, probablemente, la más clara manifestación de esta percepción.

La provisión de espacios urbanos o periurbanos con un mayor grado de naturalidad no sólo satisface en mayor medida la necesidad de contacto con la naturaleza; también supone una excelente oportunidad para el desarrollo de nuevas funciones asociadas al uso público, como la educación ambiental y el conocimiento por parte de los ciudadanos de los valores naturales propios del contexto geográfico en que se ubica la ciudad. La posibilidad de realizar actividades didácticas en un entorno natural, la experiencia directa de los ciclos naturaleza, el reconocimiento de especies autóctonas de flora y fauna, etc., son recursos de gran valor para la formación de una conciencia medioambiental, especialmente en el caso de las nuevas generaciones. La introducción de criterios ecológicos en el diseño de los espacios, así como la conservación de los espacios naturales existentes y su correcta integración en los nuevos desarrollos urbanos, permiten el mantenimiento o la reproducción de una vegetación natural o seminatural específica de cada ámbito geográfico. Como se ha mencionado anteriormente, este factor contribuye a dotar la ciudad de mayor personalidad propia frente al proceso de homogenización global del paisaje urbano, y proporciona al ciudadano una mayor sensación de *lugar*, potenciándose el sentimiento de identificación del urbanita con su propio entorno vital.

Existen, no obstante, ciertos factores que pueden contrarrestar los beneficios del uso público ligado a la naturalidad de los espacios libres. La sociedad urbana está siempre en evolución, por lo que es necesario asumir los retos impuestos por los cambios en el estilo de vida de la población, las nuevas tendencias emergentes en el uso del tiempo libre o la reestructuración de las comunidades urbanas. También son factores a tener en cuenta la disponibilidad de fondos suficientes para el mantenimiento en buen estado de los espacios y las instalaciones, los daños producidos por el vandalismo, y la sensación de inseguridad asociada a la percepción de algunas zonas verdes, especialmente en los casos en que éstas presentan un carácter más natural (Freestone y Nichols, 2004, p. 119). Estos retos pueden ser afron-

tados a través de un buen diseño y ordenación de los espacios y una adecuada gestión, adaptada a las necesidades y preferencias específicas de los ciudadanos. No hay que subestimar tampoco el papel que puede jugar en este sentido la introducción de enfoques innovadores y creativos. Existen ejemplos exitosos de revitalización de espacios libres basados en la promoción de actividades de agricultura urbana (Hough, 1998, pp. 202-239), en el fomento de la participación directa de los usuarios en la gestión y mantenimiento de las zonas verdes, cada vez más demandada por los ciudadanos (Roseland, 1998; Simonsen y Robbins, 2000; citados por Balram y Dragicevic, 2005, p. 149), o en el desarrollo de estrategias que permitan un reforzamiento de la comunidad local a través del espacio público. De otra forma, lo que con unos planteamientos adecuados podrían llegar a ser espacios vivos con una importante funcionalidad social y ambiental, pueden convertirse finalmente en verdaderos *vacíos urbanos*, lo que habitualmente conduce a su progresivo deterioro.

La dimensión territorial de los servicios ecológicos urbanos

El análisis de los distintos servicios ecológicos que hemos desarrollado hasta ahora puede ser abordado a distintas escalas. Como hemos visto, algunos de los servicios estudiados producen una mejora en el medio ambiente urbano que es especialmente sensible y directamente cuantificable en el propio espacio donde se originan. Por ejemplo, la evapotranspiración y la provisión de sombra por parte de la vegetación de una zona verde tienen un efecto especialmente significativo sobre los niveles de *comfort* urbano en un ámbito que comprende el propio espacio verde y su entorno inmediato. De la misma forma, un espacio verde actuará como hábitat específico para unas especies u otras en función de sus características de diseño, su configuración espacial, su localización, etc., con independencia a su contribución a la biodiversidad urbana total. Sin embargo, como también se ha indicado, resulta interesante superar esta escala de detalle o de *sitio*, para evaluar los mismos fenómenos desde una escala más amplia, hasta alcanzar una perspectiva global del sistema urbano. Este enfoque será necesario para estudiar, por ejemplo, la incidencia de la vegetación urbana en los parámetros globales del clima urbano y en el consumo energético total de la ciudad, o para obtener una medida de la biodiversidad urbana en su conjunto. Avanzando un poco más, para abordar determinados aspectos ecológicos será necesario asumir una escala que no sólo incluya el conjunto de los espacios verdes urbanos, sino también la interrelación de estas zonas con el espacio libre de la periferia, incluyendo el medio rural o natural que constituye el entorno inmediato de la ciudad. Esto es particularmente claro, por ejemplo, en el análisis de la funcionalidad

hidrológica o de los desplazamientos de la fauna urbana. No obstante, la aplicación de esta escala de estudio, que podemos denominar *territorial*, no tiene por qué limitarse al estudio de funciones o procesos concretos; más bien al contrario, se destaca como la escala más adecuada para analizar, de forma integral, el conjunto de los servicios ecológicos prestados por el espacio libre en la ciudad.

La consideración de la dimensión territorial de los procesos ecológicos urbanos hace necesario añadir ciertos matices a los planteamientos hasta ahora expuestos. De forma resumida, podemos afirmar que la perspectiva territorial:

Supone adoptar una escala lo suficientemente amplia como para comprender el espacio urbano y su entorno inmediato, haciendo posible el análisis de las relaciones entre la ciudad y el medio rural y natural circundante.

Permite adoptar un enfoque sistémico para el estudio de los espacios libres, que incorpore al análisis todos aquellos espacios de carácter rural o natural que mantengan una vinculación estructural y funcional con el tejido urbano.

De lo anterior se deriva el carácter integrador de este enfoque, que permite considerar el espacio libre como un subsistema del sistema urbano-metropolitano y no como el *negativo* del espacio construido.

Esta escala de trabajo territorial se muestra como la más adecuada para la comprensión de las relaciones existentes entre los distintos servicios ecológicos, permitiendo el análisis global de la multifuncionalidad del sistema de espacios libres, y facilitando la ordenación del mismo con objeto de optimizar las diferentes funciones ambientales.

Consideradas de forma individual, cada una de las funciones ecológicas que hemos analizado adquiere una nueva dimensión al ser abordada con una lógica territorial, diferente de la que se desprende del estudio a escala de *sitio* o incluso de una escala adaptada a los límites administrativos municipales (correspondiente al ámbito habitual de ordenación del espacio



Las vías pecuarias presentan una notable potencialidad como recursos para el contacto de los ciudadanos con el entorno rural de los ámbitos urbanos

libre). Algunas de estas *propiedades emergentes* de los servicios han sido abordadas de forma implícita en apartados anteriores, pero conviene ahora reincidir de nuevo en ellas:

Funcionalidad hidrológica. La óptica territorial permite analizar la influencia de la urbanización en los procesos hidrológicos a escala de cuenca. Los impactos derivados de la impermeabilización del suelo en la red hidrológica externa a la ciudad pueden ser minimizados planificando una ordenación adecuada del espacio libre que aumente el porcentaje de superficie permeable y reduzca la escorrentía superficial urbana.

Funcionalidad relativa a la mejora de la calidad del aire y la regulación del microclima urbano. La efectividad global de la vegetación urbana en estos aspectos sólo puede ser optimizada partiendo de un enfoque integral a escala de sistema, es decir, una escala territorial.

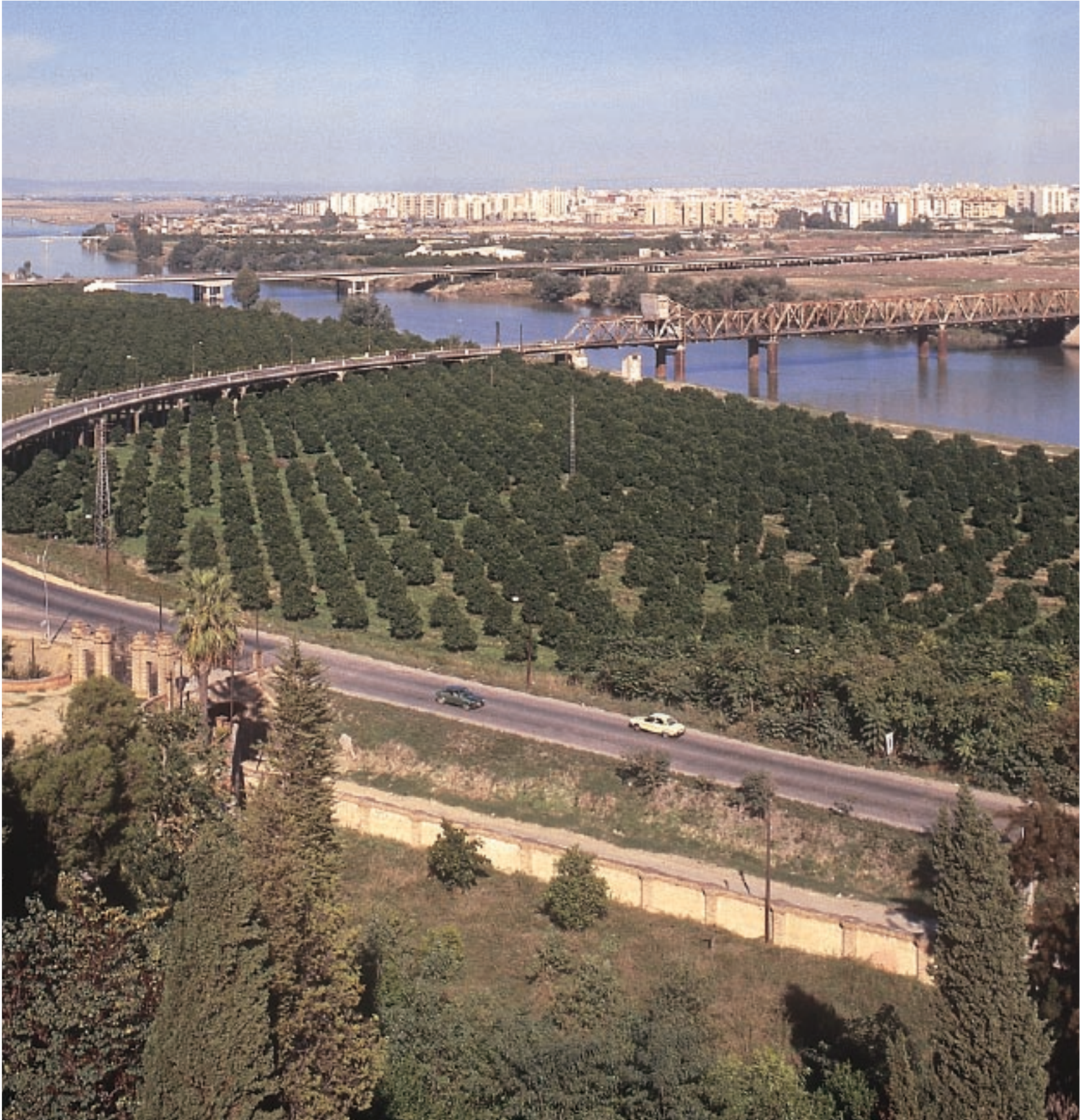
Funcionalidad relativa a la conservación de la biodiversidad. La asun-

ción de una escala territorial permite analizar la biodiversidad urbana en relación con la biodiversidad del contexto territorial de la urbe. De esta forma, se puede fomentar la presencia de diferentes especies en el tejido urbano mediante una adecuada conexión de los espacios libres internos de la ciudad con los espacios naturales y rurales periféricos. El objetivo final de este planteamiento sería la creación de una red de espacios libres urbanos interconectados por medio de corredores, y a su vez articulada con las redes de conservación de nivel superior (por ejemplo, redes regionales o nacionales de conservación). La perspectiva territorial permite también la creación de corredores biológicos para proteger ámbitos estratégicos para el desplazamiento de determinadas especies frente a los procesos de crecimiento urbano.

Funcionalidad relativa al uso público. Al igual que en el caso de la biodiversidad, la escala territorial permite asumir un planteamiento en red del conjunto de espacios libres, en este caso con dos objetivos principales: la



Frente urbano de Castilleja de Guzmán, Sevilla



Vista de Sevilla desde el mirador de San Juan de Aznalfarache

creación de un sistema de movilidad alternativo para los desplazamientos no motorizados, y la mejora de la accesibilidad de los ciudadanos al entorno rural y natural de la ciudad. Entre los beneficios derivados de un mayor contacto del ciudadano con estos espacios exteriores, podemos citar las posibilidades que se ofrecen para el conocimiento del medio y la educación ambiental al aire libre, así como para la potenciación de la identificación del ciudadano con el territorio.

Con independencia de las funciones comentadas, se puede definir para el espacio libre una funcionalidad emergente que surge de forma natural de la adopción de una escala territorial: una funcionalidad que engloba todos los servicios ecológicos anteriores, pero cuyo alcance va más allá de la mera suma de los mismos; esta función estaría íntimamente vinculada con el urbanismo y la ordenación del territorio. Desde esta óptica, el sistema de espacios libres, a través de una ordenación coherente con los principios del desarrollo territorial sostenible, se convierte en la pieza clave para lograr una adecuada articulación entre el ámbito urbano o metropolitano y su entorno, actuando al mismo tiempo como herramienta para afrontar la problemática ambiental derivada de los procesos de crecimiento urbano. Lo que se percibe a menudo como un problema, debido a los impactos ecológicos y territoriales asociados a la expansión e intensificación del fenómeno urbano, puede ser entendido como una oportunidad para mejorar la calidad ambiental de las ciudades y el bienestar de los ciudadanos, a través de la búsqueda de una relación armónica y equilibrada de ciudad y naturaleza. Evidentemente, este objetivo no será posible a menos que se consiga sustituir los planteamientos basados en la tradicional dicotomía ciudad-entorno rural por una perspectiva más integradora. La óptica territorial nos devuelve así a la conclusión que obtiene Bettini a partir del análisis del metabolismo urbano: es necesario superar el binomio campo-ciudad y asumir una perspectiva integral de gestión y ordenación del territorio. La adopción de una perspectiva territorial y ecológica nos empuja a abordar las dimensiones urbana y rural del territorio, no ya como sistemas interrelacionados, sino como componentes de un único "todo espacial" (Llop, 2003, p. 167), que en última instancia constituiría el *ecosistema metropolitano*.

La ordenación del espacio libre encuentra en el llamado borde urbano el ámbito de transición entre el espacio rural y el espacio netamente urbano, su mayor interés y complejidad. Esta zona, que podríamos denominar, en palabras de Pesci (2003, p. 109), como *interficie* o ecotono, es un elemento fundamental en la configuración de un modelo urbano sostenible. El carácter transicional de las interfacies les permite actuar como nexos entre el suelo no urbanizable, rural o natural y externo al núcleo urbano, y el espacio libre existente en el interior del tejido urbano. La interconexión de estos dos componentes parece una vía para la consecución de una mejor relación

ciudad-entorno, a través de una transición gradual entre espacio construido y espacio libre. El sistema de espacios libres urbanos se percibiría así como un conjunto interconectado de parques y jardines urbanos, articulados a su vez con parques periurbanos, espacios rurales y naturales del entorno de la ciudad, y con otros elementos territoriales como la red hidrológica o la red de vías pecuarias. Se plantea así la configuración de una verdadera malla verde en el territorio urbanizado, que abarque desde el espacio rural al mismo corazón de la ciudad. Una de las principales implicaciones de asumir la dimensión territorial de la funcionalidad del espacio libre es la que respecta a la escala de ordenación. Es evidente que los límites administrativos no corresponden habitualmente con los límites de los procesos que constituyen la base de los servicios ecológicos generados por el espacio libre. En el caso de las grandes aglomeraciones urbanas, integradas por diversos municipios, la planificación del sistema de espacios libres debe adoptar una naturaleza claramente supramunicipal, suficientemente amplia como para afrontar el diseño del sistema como una unidad funcional y para abordar de forma integrada la interrelación entre la metrópoli y su entorno. La ausencia de un instrumento único de ordenación implicaría, como sucede a menudo, la coexistencia de diferentes aproximaciones de carácter fragmentario para abordar los procesos ecológicos que tienen lugar en el territorio metropolitano, lo cual puede comprometer significativamente la eficiencia de las funciones ambientales del sistema de espacios libres.

La optimización de la multifuncionalidad del espacio libre, es decir, la búsqueda de una integración armoniosa y eficaz de las distintas funciones existentes, es otro aspecto que requiere de una aproximación unitaria a escala de sistema. Es evidente que cada una de las funciones abordadas puede ser provista al mismo tiempo por distintos tipos de espacio, y que, a su vez, cada espacio libre puede dar soporte de forma simultánea a varias funciones (ver tabla 13). A escala de detalle, sin embargo, pueden surgir incompatibilidades entre las distintas funciones potenciales de un mismo espacio. Por ejemplo, las funciones relacionadas con un uso público intensivo, de vocación netamente recreativa, pueden provocar una serie de impactos negativos que afecten a otras modalidades de uso público, como las orientadas a la educación ambiental o al contacto directo con la naturaleza. Por otro lado, el fomento de un mayor grado de naturalidad de un espacio, con el objetivo de potenciar las funciones de conservación de la biodiversidad o de educación ambiental mediante la reproducción de ecosistemas naturales, puede ir acompañado de la percepción del mismo como un lugar no seguro por parte de un sector de la población; el espesor de la vegetación y la falta de visibilidad son factores fundamentales en este sentido. A veces, espacios con un notable valor ambiental, como ciertas zonas baldías carentes de mantenimiento y colonizadas espontáneamente por la vegetación,

Tabla 13. Funciones e impactos asociados a distintos usos del espacio (I)

Uso del espacio	Consecuencias para el clima	Consecuencias para el suelo y las masas de agua	Consecuencias para la vida vegetal, vitalidad de las especies, composición de la flora	Composición de la fauna	Introducción y distribución de nuevas especies	Refugios para especies en peligro
Barrios residenciales de construcción dispersa (casas con jardín)	Microclima favorable	Concentración de humus, aportación adicional de agua	Formación de plantas leñosas típicas en parques forestales y en zonas de árboles frutales	Predominio de descomponedores de residuos y especies omnívoras	Centros de dispersión de plantas para alimentación de aves y algunas plantas	Jardines viejos y agrestes
Construcción concentrada	Contaminación (SO, partículas), sobrecalentamiento	Emisión de contaminantes	Descenso en especies sensibles a la contaminación (ej. líquenes)			
Polígonos industriales e instalaciones de uso eléctrico	Sobrecalentamiento, producción de contaminación específica	Inmisión específica de contaminantes procedentes de producción por vía aérea o conductos defectuosos, compresión del suelo	Peligro para la vegetación, descenso de flora autóctona y otras especies de antigua introducción	Residentes específicos de zonas rocosas	Aparición de flora específica de acompañamiento, también en centros de dispersión	Zonas de residuos cerca de instalaciones técnicas viejas (ej., depuradoras, depósitos de ceniza y grava), plantas ruderales halófilas tolerantes de sequedad
Solares vacíos en el centro de la ciudad	Microclima relativamente favorable, depósito y cohesión de contaminantes aéreos	Formación de rocas, terrenos ruderales ricos en calcio y metales pesados	Dispersión de la escasa vegetación pionera debida a la competencia	Dispersión de las especies ruderales o esteparias	Colonización permanente por especies de origen meridional (posibilidad)	Extensas zonas tranquilas y grandes zonas ruderales tranquilas
Zonas verdes y recreativas	Microclima favorable, depósito de cohesión de contaminantes aéreos	Explotación, erosión eutrofización (partículas de nitrógeno)	Favorecimiento de vegetación resistente al pisoteo y especies nitrófilas, daños por pisadas	Dispersión de especies forestales, fauna específica de parques	Centros de dispersión, entrada de semillas de herbáceas, plantas ornamentales y sus acompañantes, jardines botánicos como centros de dispersión de especies no nativas	Plantas forestales relictas, estructuras forestales en grandes parques
Cementerio		Pérdida de profundidad y concentración de humus	Favorecimiento de plantas forestales	Dispersión de especies forestales, fauna específica de parques	Dispersión de plantas ornamentales y forestales	Plantas forestales y de praderas relictas, zonas húmedas con vegetación rica y estratificada
Zonas de tráfico, calles, caminos y plazas	Calentamiento, poca humedad, polvo y contaminación	Compresión y aislamiento del suelo, descenso del consumo de agua y del intercambio de gases, penetración de sales, plomo y cadmio (tráfico); aceite (accidentes); gases, calor (conductos), etc.	Daños, muerte de los árboles a los lados de la carretera	Favorecimiento de acompañantes de orla o setos	Rutas importantes de inmigración para nuevas especies de flora específica: entradas de semillas de herbáceas en las calles	Terraplenes, plantíos de arbustos

Tabla 13. Funciones e impactos asociados a distintos usos del espacio (II)

Uso del espacio	Consecuencias para el clima	Consecuencias para el suelo y las masas de agua	Consecuencias para la vida vegetal, vitalidad de las especies, composición de la flora	Composición de la fauna	Introducción y distribución de nuevas especies	Refugios para especies en peligro
Instalaciones ferroviarias	Sobrecalentamiento, contaminación acústica	Contaminación con herbicidas	Aumento de plantas resistentes a herbicidas	Aparición de arbustos y especies ruderales	Inmigración de plantas de vías férreas	Arbustos silvestres, zonas ruderales
Vías fluviales, puertos, canales	Supresión de extremos climáticos, contaminación	Eutrofización, calentamiento, contaminación	Colonización de especies tropicales e igualación de los diferentes ecosistemas acuáticos por pérdida de aislamiento	Áreas de cría e invernada de aves acuáticas	Inmigración de plantas de canal	Bahías tranquilas y canales sin utilizar
Instalaciones de salida de aguas residuales, vertederos	Calentamiento, polvo y olores	Zonas próximas a vertederos: compresión o aislamiento del suelo, eutrofización o envenenamiento por vapores procedentes de los vertederos	Inhibición del crecimiento o destrucción total	Favorecimiento de fauna pionera específica, normalmente especies ruderales	Normalmente sin centros de dispersión	Áreas con sucesión amplia y no alterada
Campos regados con aguas residuales	Mayor humedad, olores	Humidificación, humus, concentración de partículas y contaminantes en el suelo, aumento del nivel de aguas subterráneas	Descenso de las especies de zonas secas y pobres en nutrientes, dominancia de hierbas rastreras y ortigas	Favorecimiento de fauna de arbustos y campos, especies hidrófilas en zonas ricas en nutrientes		Diques de acequias de drenaje, setos, eriales, charcas en cuencas o campos
bosques	Microclima favorable, desaparición de valores extremos, gran peligro de emisión por escaso intercambio de aire, contaminación y filtraciones	Acidificación por filtración de SO ₂	Favorecimiento de especies acompañantes de coníferas	Aves rapaces, mamíferas grandes; cadena alimenticia intacta	Expansión de especies introducidas por la mejora del suelo (<i>Prunus serotina</i>)	Bosques viejos, páramos, bosques húmedos
Campos	Microclima favorable, buen intercambio de aire, emisión escasa	Eutrofización de los riegos y parcialmente drenaje		Fauna específica de campos y campiñas	Expansión de especies hidrófilas, arqueofíticas y neofíticas	Campiñas, setos
Masas de agua, vías fluviales y zonas recreativas	Desaparición de valores climáticos extremos, perturbación acústica	Eutrofización y cierta erosión de suelos aluviales	Disminución de plantas de ribera	Zonas de invernada de aves acuáticas	Expansión ocasional de plantas ornamentales (<i>Nymphoides peltata</i>)	Canales no utilizados, puertos

Fuente: Sukopp y Werner, 1991, pp. 32 y ss.

pueden no satisfacer las preferencias estéticas y funcionales de los habitantes de la urbe, y acabar incluso como espacios degradados o vertederos incontrolados. En ciertos contextos, la integración de corredores para la fauna en el sistema verde urbano puede dar lugar a la aparición en la ciudad de especies, si no peligrosas, cuanto menos molestas para los ciudadanos. Por su parte, las especies autóctonas, propias del contexto biogeográfico de la ciudad, pueden resultar no ser las mejor adaptadas a las adversas condiciones ambientales del centro urbano. A la vista de estos ejemplos, parece claro que la multifuncionalidad a la que debe aspirar un sistema de espacios libres metropolitano no puede ser más que un objetivo global, no exigible a escala de espacio sino a escala de sistema. La estrategia de naturalización progresiva del medio urbano defendida por algunos autores debe tener en cuenta en todo caso esta importante limitación.

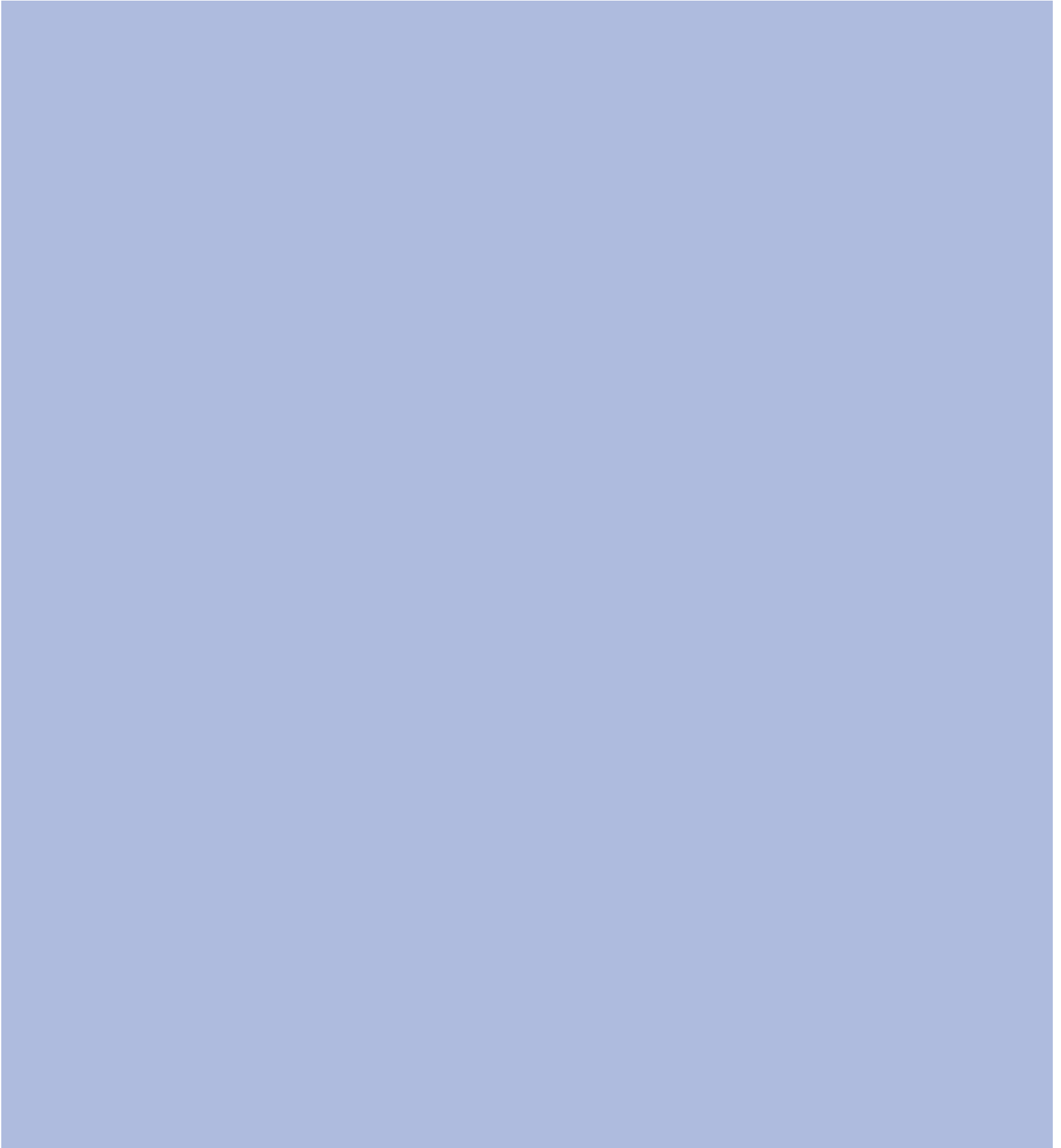
La búsqueda de una relación adecuada entre la estructura del sistema de espacios libres y su funcionalidad ambiental no debería responder a la aplicación estricta de determinados modelos teóricos, sino a un conocimiento profundo de la ecología de la ciudad y de su expresión espacial. La complejidad y la diversidad que caracteriza tanto a los procesos de urbanización, como a los territorios sobre los que se asientan, hacen imposible el diseño de un modelo universalmente válido. Sin embargo, al menos en un plano abstracto, hay algunas aproximaciones teóricas que pueden ser útiles

como punto de partida para la ordenación del espacio libre y para la configuración espacial de la multifuncionalidad. En primer lugar, la consecución de un verdadero sistema integrado, en el que los distintos espacios estén físicamente interconectados y mantengan una relación de carácter jerárquico entre ellos, parece ser la opción óptima para potenciar el funcionamiento orgánico del conjunto de zonas verdes. Por otro lado, el establecimiento de un gradiente urbano-rural-natural a través del sistema de espacios libres supone, en principio, la forma más racional de distribución de las funciones, implicando una variación progresiva tanto en el grado de naturalidad de los espacios como en el grado de intensidad de uso público de los mismos (ver, por ejemplo, el modelo propuesto por Hough para la clasificación del espacio libre, cap. I, p. 48). La adaptación de estas aproximaciones a la casuística concreta de una ciudad o área metropolitana dependerá de la configuración específica del tejido urbano, fruto de una evolución histórica y de unos condicionantes físicos del medio que, en ocasiones, pueden llegar a hacer inviable o ineficaz la aplicación de criterios como la interconexión entre espacios o la creación de un gradiente funcional. Como se ha indicado, la planificación de un sistema debe partir de un profundo análisis previo de la configuración espacial y la dinámica de los espacios verdes existentes, así como del reconocimiento de las oportunidades asociadas a los recursos naturales y territoriales potencialmente integrables en el sistema.



Capítulo IV

**Aproximaciones metodológicas
al estudio de la funcionalidad ambiental
del espacio libre**



El análisis de la funcionalidad ambiental en el contexto actual

Como se ha expuesto en el capítulo anterior, el espacio libre, entendido como el conjunto de ámbitos y de elementos territoriales a través de los cuales la naturaleza penetra o persiste en el tejido urbano, es una pieza fundamental en las estrategias orientadas a conseguir un desarrollo urbano sostenible. No basta, sin embargo, con reconocer la importante funcionalidad ambiental de la trama verde urbana: es necesario también disponer de una serie de instrumentos metodológicos que nos ayuden a comprender mejor los procesos ecológicos que subyacen bajo dicha funcionalidad, y sobre todo que permitan a los encargados de la gestión y la planificación urbana tomar decisiones adecuadas para la optimización de los beneficios ambientales ligados al espacio libre. Evidentemente, en una disciplina relativamente joven como la ecología urbana, la mayoría de los instrumentos y estrategias de análisis son heredados de otros ámbitos disciplinares más firmemente establecidos y con un mayor grado de desarrollo metodológico. En este sentido, sería posible afirmar que, de la misma forma que no es necesaria la síntesis de un marco teórico específico para la ecología urbana, dado que basta con utilizar aquellos fundamentos teóricos de la ecología que mejor se adaptan al estudio del medio urbano (Niemela, 1999b), no sería tampoco necesario el desarrollo de instrumentos específicos para el análisis de los procesos ecológicos o de las funciones ambientales de los ecosistemas urbanos: así, bastaría con seleccionar aquellas herramientas de la ecología o de otras disciplinas que, habitualmente aplicadas a ámbitos naturales y rurales, parezcan adecuadas para el análisis de los fenómenos urbanos, y modificarlas convenientemente para adaptarlas a los condicionantes particulares del medio urbano. Los ejemplos de este proceso de adaptación son abundantes; un repaso de la literatura científica actual en materia de ecología urbana permite encontrarnos, por ejemplo, con propuestas de análisis de conectividad y fragmentación del paisaje urbano, desarrollados a partir del marco metodológico de la ecología del paisaje (p. ej. Collinge, 1996; Luck y Wu, 2002; Jim y Chen, 2003; Zhang *et al.*, 2004; Marull y Mallarach, 2005); con

estrategias de conservación de la fauna urbana basadas en metodologías vinculadas a la biología de la conservación (p. ej. Maurer *et al.*, 2000; Zerbe *et al.*, 2003); o con estudios en los que se emplean modelos de circulación del aire o de intercambio energético entre superficies, tomados del campo de la climatología o de la física, para la evaluación del papel de la vegetación urbana en la regulación térmica o la absorción de los contaminantes (p. ej. Jo, 2001; Shashua-Bar y Hoffman, 2000; Robitu *et al.*, 2006).

A pesar de todo, parece necesario realizar un esfuerzo por integrar de alguna forma estas diferentes aproximaciones y crear un marco metodológico común para el análisis de la multifuncionalidad del espacio libre. En la mayor parte de los casos, las distintas funciones del verde urbano son analizadas de forma individualizada y excluyente, ignorándose las interrelaciones que pueden existir entre los distintos procesos que, de manera simultánea, determinan la funcionalidad global del espacio libre. De esta forma, los diversos enfoques metodológicos que se vienen aplicando tienden a reproducir la rígida subdivisión del conocimiento científico en compartimentos disciplinares prácticamente estancos. Una aproximación de carácter integral, necesariamente transdisciplinar, y orientada no tanto al análisis detallado de los fenómenos y los procesos ecológicos, como a facilitar la toma de decisiones y la intervención en el propio sistema urbano, sería sin duda un instrumento más que necesario para el establecimiento de una estrategia de sostenibilidad urbana realmente efectiva. Es probable que la carencia de un marco metodológico claro, capaz de sintetizar los avances producidos en diversos campos de la ecología urbana y hacerlos fácilmente implementables en los procesos de planificación, sea una de las causas principales del distanciamiento entre la investigación científica en materia de medio ambiente urbano y la práctica real del urbanismo²³. Y es que, aunque la toma en consideración de planteamientos ecológicos para la planificación de la ciudad es una realidad que va adquiriendo cada vez un mayor peso en el discurso del urbanismo, parece que todavía no se ha

23. Ver, por ejemplo, el análisis sobre climatología urbana y planificación desarrollado por Eliasson, 2000.

conseguido superar de forma definitiva la frontera entre el plano teórico y la aplicación práctica de estos conceptos.

En cualquier caso, es posible señalar un cierto auge de la investigación en esta línea integradora y orientada a la práctica, al menos en lo que respecta al ámbito europeo. Un avance marcado por la aparición de proyectos que, de forma explícita, consideran el espacio libre como un elemento central en el objetivo de la sostenibilidad urbana, y que pretenden desarrollar estrategias metodológicas innovadoras que permitan un análisis global de los procesos urbanos con incidencia en la calidad ambiental de las urbes europeas. Una de las iniciativas de mayor entidad dentro de esta línea es *Greencluster*²⁴, una red europea que engloba cinco grupos de investigación cuyo objetivo común es el análisis de la funcionalidad de los espacios verdes urbanos. La experiencia resulta especialmente interesante en su planteamiento, ya que permite la confluencia de aproximaciones metodológicas y perspectivas disciplinares muy diversas, pero en última instancia perfectamente compatibles y complementarias. A través del trabajo en red se persigue el establecimiento de sinergias e intercambios de información entre los diferentes grupos, lo que facilita la obtención de un marco común de referencia para el estudio del verde urbano (*Greencluster*, 2004, p. 4). Otra iniciativa de gran trascendencia, aunque no tan directamente vinculada con el objeto de la presente obra, es el proyecto Murbandy/Moland (2002). En este caso, lo que se pretende es abordar el análisis de las dinámicas de crecimiento de las urbes europeas a través de un conjunto de indicadores espaciales, entre los cuales se presta una atención especial al espacio libre y su evolución en el seno de los procesos y dinámicas urbanas actuales.

La mera existencia de proyectos de esta naturaleza es un indicador positivo del grado de interés que este tipo de planteamientos integradores está despertando en los últimos tiempos. Junto a ello, no hay que olvidar los numerosos proyectos de investigación que, quizá con planteamientos más reduccionistas y de un menor alcance, vienen desarrollándose en el campo de la ecología urbana, y que están contribuyendo de forma decisiva a aumentar nuestro grado de conocimiento sobre los procesos ecológicos en las ciudades.

Finalmente, dentro de las metodologías de estudio del medio ambiente urbano y la ecología de la ciudad, es necesario hacer mención al

24. *Greencluster* es el resultado de la integración en red de cinco proyectos de investigación que, surgidos en el seno del 5º Programa Marco de la Unión Europea, tienen como objeto el estudio de la función que cumple el espacio verde en el medio ambiente urbano. Cada uno de los proyectos (BUGS, GREENSCOM, GREENSPACE, RUROS, URGE) aporta un enfoque específico para el análisis del verde urbano, centrándose en una o varias de las múltiples dimensiones ambientales del espacio verde.

empleo de indicadores de sostenibilidad. Como es sabido, desde la década pasada el diagnóstico de las condiciones ambientales de la ciudad está indefectiblemente ligado al concepto de indicador de sostenibilidad local, como consecuencia del éxito del discurso del desarrollo urbano sostenible y, sobre todo, de la consiguiente proliferación de las conocidas Agendas 21 locales. Los indicadores son una herramienta insustituible, de enorme utilidad para el diagnóstico de las condiciones urbanas de sostenibilidad, así como para el seguimiento de la evolución temporal de tendencias, para la evaluación de los resultados de las políticas ambientales y sociales, y para la realización de análisis comparativos entre distintos casos de estudio. Sin embargo, un simple repaso de los indicadores de sostenibilidad local más frecuentemente utilizados en las ciudades españolas (ver, por ejemplo, el estudio desarrollado por Hernández Aja, 2003), así como de los indicadores propuestos por organizaciones e instituciones nacionales e internacionales (ver, por ejemplo, el informe *Indicadores comunes europeos* de la Comisión Europea, 2000), basta para entender que el grado de profundidad que es capaz de aportar este tipo de herramienta en el análisis de las distintas facetas de la sostenibilidad es bastante superficial. Por ejemplo, en el caso de los indicadores relacionados con el espacio libre, se puede afirmar que su valor es puramente descriptivo y que, aunque permiten obtener una perspectiva rápida de la situación actual de una ciudad en este campo, no aportan un conocimiento profundo sobre los procesos ecológicos urbanos que determinan o que se derivan de esa realidad que se pretende reflejar. La búsqueda de nuevos indicadores, de carácter más específico, centrados en la caracterización de funciones concretas y capaces, por ejemplo, de ayudar en la evaluación de las consecuencias ambientales vinculadas a distintas alternativas de planificación del espacio libre, es sin lugar a dudas otra necesidad de cara a la configuración de un marco metodológico de estudio de la ecología urbana.

Por todo lo anterior, resulta especialmente interesante llevar a cabo una revisión inicial de algunas de las aproximaciones metodológicas recientes que, a nuestro juicio, presentan un mayor interés para el estudio la funcionalidad ambiental del espacio libre. Dado que un repaso exhaustivo de esta compleja realidad es prácticamente inviable, habida cuenta de la abundancia de iniciativas y la diversidad de enfoques existentes en el panorama actual, lo expuesto en los apartados siguientes se plantea como un mero reflejo del estado de la cuestión a través de una breve selección de experiencias y de enfoques metodológicos desarrollados actualmente en la investigación sobre esta materia. A fin de mantener la coherencia con la estructura del capítulo anterior, y de aportar con ello una mayor claridad expositiva al desarrollo de la revisión metodológica, se ha optado por dedicar un apartado específico para cada una de las funciones ambientales

consideradas; sin embargo, esta elección no debe ocultar el hecho de que muchos de los proyectos e iniciativas reseñados abordan de forma simultánea más de una función del espacio libre. A modo de conclusión, al final del capítulo nos ocuparemos de la problemática ligada a la configuración de un marco metodológico unitario, capaz de integrar el estudio de las diferentes funciones ambientales del espacio libre.

Funciones relacionadas con el ciclo hidrológico

El impacto de la urbanización en el ciclo hidrológico natural es, sin lugar a dudas, un objeto de estudio complejo: el análisis detallado de los distintos componentes de este proceso exige un esfuerzo técnico (recogida de datos, modelización informática) y una inversión de tiempo que puede resultar excesivo si nuestro objetivo es obtener unos resultados orientados a guiar la gestión o la planificación de un ámbito urbano. Parece necesario, por tanto, diseñar herramientas o estrategias metodológicas que nos permitan simplificar el proceso de análisis, buscando un equilibrio entre la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos, y la rapidez y sencillez necesarias para que sean fácilmente aplicables. La revisión de algunos estudios recientes nos permite encontrar diversos métodos e instrumentos analíticos que reúnen estas características, y que pueden ofrecer una ayuda inestimable para la evaluación de los impactos hidrológicos asociados a diferentes estrategias de intervención en el territorio. Nos centraremos en tres de ellos: el cálculo del porcentaje de suelo impermeable, la estimación de la escorrentía superficial asociada a los cambios de suelo por la urbanización, y la modelización del proceso de contaminación difusa.

El grado de impermeabilización es un indicador que se muestra útil para estimar las consecuencias del crecimiento urbano sobre la hidrología de un territorio, dado que está directamente vinculado con procesos como la erosión en los cauces fluviales o la contaminación difusa (URGE, 2004). El papel del espacio libre queda reflejado aquí de forma implícita, dado que una de las principales funciones hidrológicas del mismo es la provisión de superficies permeables en el tejido urbano que favorezcan los procesos naturales de infiltración e intercepción de la precipitación por parte de la cobertura vegetal. Como indican Arnold y Gibbons (1996, p. 245), el grado de impermeabilización de un territorio puede ser considerado como un parámetro de carácter integrador, ya que permite analizar o predecir impactos de forma acumulativa, sin necesidad de prestar atención a factores y procesos de carácter específico que dificultarían y prolongarían el desarrollo del análisis. A pesar de que las superficies impermeables no generan *per se* contaminación, su papel en la alteración del ciclo hidrológico es fundamental, dado que: (1) contribuyen de forma crítica a los cambios hidrológicos que

inciden en la degradación de los cursos de agua, fundamentalmente debido al aumento de la escorrentía superficial; (2) son un componente básico de los usos de suelo que generan mayor cantidad de contaminantes; (3) impiden el tratamiento natural de los contaminantes en el suelo al impedir la percolación; y (4) actúan como un eficiente medio de transporte para los contaminantes (Arnold y Gibbons, 1996, p. 245).

Numerosos estudios demuestran la fuerte correlación entre la impermeabilización de una cuenca de drenaje y la pérdida de calidad en el cauce receptor (Klein, 1979; Griffin, 1980; Schueler, 1987; Todd, 1989; Booth y Reinfelt, 1993; Schueler, 1994; citados por Arnold y Gibbons, *ibid.*, p. 246). A partir de los datos experimentales, es posible definir diversos umbrales de impacto en relación con el porcentaje de superficie impermeabilizada. Por ejemplo, Schueler (1992; citado por Arnold y Gibbons, *ibid.*, p. 246) estima que a partir de un 10% de cobertura impermeable comienzan a producirse impactos sensibles en el cauce receptor, y a partir de un 30% se puede hablar de un estado de degradación severo; el umbral de degradación del 10% parece mostrarse especialmente consistente a través de los distintos estudios realizados, pudiendo ser utilizado como referencia básica para la evaluación del indicador.

Si se dispone de información relativa a los usos de suelo del ámbito de estudio, el cálculo del porcentaje de superficie impermeable puede llevarse a cabo de una forma sencilla, ya que existen estudios que proponen, a partir de datos experimentales, valores de impermeabilización para diferentes usos de suelo; por ejemplo, es posible consultar las tablas ofrecidas por el USDA Soil Conservation Service (2004), o la propuesta por Sukopp y otros (1998), utilizada también en el proyecto URGE (2004; ver tabla 14).

El análisis de impermeabilización puede ser aplicado a diferentes escalas. El análisis a escala de cuenca se muestra muy útil en el contexto de la planificación subregional o de ámbitos metropolitanos, ya que permite evaluar la influencia de los procesos de crecimiento urbano más allá de los límites estrictos del espacio urbanizado. Dentro de este mismo enfoque, un estudio diferenciado para las cuencas secundarias permite comparar el impacto relativo de distintas zonas de un sistema metropolitano, o evaluar de forma individualizada el impacto hidrológico de diferentes modelos de ocupación del territorio. Por su parte, el análisis de la impermeabilidad a una escala mayor, de detalle, puede resultar muy útil para el diseño y la planificación de espacios concretos, tales como áreas residenciales, parques, etc., en los que se puede jugar con las proporciones entre superficie impermeabilizada y superficie libre.

Una alternativa al análisis de la impermeabilidad es la estimación de la escorrentía superficial. Se trata de un parámetro directamente vinculado con el anterior, pero capaz de expresar de forma más gráfica el efecto de

Tabla 14. Grado de impermeabilización en función del uso del suelo

Nivel de sellado		Ejemplos	
I	0 - 15% valor medio 5%	bajo	Área avícola, bosque, parque, cementerio, área deportiva
II	10 – 50% valor medio 30%	moderado	Urbanizaciones de baja densidad con jardines privados
III	45 – 75% valor medio 60%	medio	Urbanizaciones de densidad media con espacios verdes comunes
IV	70 – 90% valor medio 80%	alto	Zonas residenciales de alta densidad, zonas comerciales, antiguas zonas industriales
V	85 – 100% valor medio 90%	muy alto	Centros urbanos con alta densidad de edificación, nuevas zonas industriales

Fuente: Sukopp et al. (1998) "Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis"; tomado de URGE, *Interdisciplinary Catalogue of Criteria*, 2004.

la urbanización sobre la hidrología de un territorio. Evidentemente, cuanto mayor sea el grado de impermeabilización de un ámbito, mayor porcentaje de la precipitación acabará como escorrentía superficial, con el consiguiente fomento de procesos como la erosión, los desbordamientos de los cauces, o el arrastre de contaminantes de la superficie urbana hacia la red hidrológica. Uno de los métodos para el cálculo de este parámetro es el conocido como "método de los números de curva", desarrollado por el USDA Soil Conservation Service (1972). La ecuación de partida para el cálculo de la escorrentía (P_e), obtenida empíricamente, es la siguiente:

$$P_e = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$$

donde P es la precipitación y S el máximo potencial de retención de una cuenca (cuanto mayor es este parámetro, menor es la escorrentía). S es calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$S = (2540 / CN) - 25,4$$

donde CN es el número de curva de la cuenca, dependiente del tipo de uso y cobertura del suelo, de las condiciones hidrológicas y del tipo de suelo. El valor de este dato se calcula experimentalmente, si bien la forma más sencilla para obtenerlo es recurrir a alguna de las tablas que ofrecen valores promedio de CN para una amplia variedad de casos (ver tabla 15). En el ámbito español el parámetro que usualmente encontramos tabulado no es el número de curva, sino el umbral de escorrentía, P_0 , por lo que en vez de las expresiones anteriores habría que utilizar la siguiente fórmula²⁵:

$$P_e = (P - P_0)^2 / (P + 4 P_0)$$

25. Lógicamente, se trata de una fórmula equivalente a la anterior.

En cualquier caso, la información requerida como *input* sería la relativa a la precipitación, a los usos de suelo, y a la edafología del ámbito de estudio. El valor de la escorrentía se puede corregir fácilmente en función de las condiciones de humedad existentes, debido a las precipitaciones previas al episodio de precipitación analizado, utilizando las tablas disponibles a tal efecto (Badhuri et al., 2000, p. 646).

Aparte del interés intrínseco que puede tener el valor de la escorrentía superficial como indicador del impacto hidrológico, este parámetro puede, a su vez, servir como base para calcular la magnitud de la contaminación difusa. Por ejemplo, el modelo L-THIA / NPS (Badhuri et al., *ibid.*) incorpora al método del número de curva un nuevo submodelo que permite calcular, en función de los diferentes usos de suelo presentes en el ámbito de estudio, una estimación de este tipo de polución. La expresión en la que se basa este submodelo sería:

$$W_{k,t} = 1 - \exp(-1,81 Q_{k,t})$$

donde $W_{k,t}$ es la fracción de contaminante eliminado por escorrentía en un uso de suelo k y en un día t ; y $Q_{k,t}$ es la escorrentía estimada para ese mismo uso de suelo k en el mismo día t . Como es lógico, para conocer la cantidad de contaminante total arrastrado por la escorrentía es necesario saber la cantidad de cada contaminante acumulado en cada uso de suelo antes de la precipitación. Para ello, se parte de una simple ecuación lineal:

$$M_i = (\text{número de días}) \times L_i$$

donde M_i es una medida de la acumulación de un contaminante (masa / área) para un uso de suelo i ; y L_i es la tasa de acumulación de ese contaminante para el mismo uso de suelo. El valor de L_i ha sido estimado expe-

Tabla 15. Números de curva para áreas urbanas

Tipo de cobertura y condiciones hidrológicas	% medio de superficie impermeable	CN en función del grupo hidrológico			
		A	B	C	D
Áreas urbanas completamente desarrolladas					
Espacios abiertos (césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.)					
Pobres condiciones (cobertura herbácea <50%)		68	79	86	89
Condiciones medias (cobertura herbácea entre el 50 y el 75%)		49	69	79	84
Buenas condiciones (cobertura herbácea >75%)		39	61	74	80
Áreas impermeables					
Zonas de parking pavimentadas, tejados, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras					
Pavimentado; bordillos y alcantarillas		98	98	98	98
Pavimentado; cunetas abiertas		83	89	92	93
Grava		76	85	89	91
Pistas de tierra		72	82	87	89
Áreas urbanas					
Zonas comerciales y de negocios	85	89	92	94	95
Zonas industriales	72	81	88	91	93
Zonas residenciales en función del tamaño medio de parcela					
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
2 acres	12	46	65	77	82
Áreas urbanas en desarrollo					
Áreas recientemente explanadas (permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Fuente: USDA NRCS, 2004.

rimentalmente para diferentes usos de suelo y contaminantes, por lo que se puede obtener a partir de la consulta de alguno de los diversos estudios realizados sobre esta materia (Badhuri *et al.*, 2000; ver tabla 16).

La aplicación de un modelo de este tipo permite conocer con bastante precisión los impactos de la pérdida de espacio libre en el ciclo hidrológico a distintas escalas de estudio, con la ventaja de no requerir grandes cantidades de información de partida ni tampoco un excesivo consumo de tiempo. La implementación de este modelo a través de un software SIG facilita además su empleo por parte de los técnicos encargados de la planificación urbana.

Funciones relacionadas con la mejora de la calidad del aire

La estimación de la absorción de contaminantes atmosféricos por parte de la vegetación urbana exige, si se quieren obtener datos que representen de forma fiel la magnitud real del proceso, la aplicación de una metodología compleja y costosa en términos, sobre todo, de consumo de tiempo. Por citar un ejemplo, si atendemos al procedimiento empleado por Jo (2001)

para el cálculo de la captación de C atmosférico por parte de los espacios libres urbanos, vemos que los pasos necesarios comprenden, al menos, los siguientes: (1) caracterización y cartografía de los diferentes usos de suelo del ámbito de estudio; (2) muestreo sistemático de la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, así como recogida de muestras de suelo; (3) cálculo del peso húmedo y seco de las muestras, y obtención de ecuaciones para la estimación de la biomasa vegetal de las especies más comunes; (4) estimación de la relación entre la biomasa y la cantidad de C almacenado para los distintos tipos de muestra; (5) estimación de las tasas de crecimiento de dichas especies para el cálculo de la tasa de almacenamiento de C atmosférico; (6) estimación de las tasas de almacenamiento de C a partir de las distintas muestras de suelo. Los resultados experimentales muestran de forma bastante precisa el papel de la vegetación urbana en la absorción de C, permitiendo tanto el análisis de la contribución a este proceso de los diferentes usos de suelo urbanos, como la identificación de aquellos espacios clave para la provisión de esta funcionalidad ambiental; de esta forma, se obtiene una información muy valiosa para potenciar la mejora de la calidad del aire urbano a través de la planificación del espacio libre.

Tabla 16. Tasa de acumulación de diversos contaminantes para usos de suelo urbano (Li)

1. Tasa de acumulación de polvo y materiales y densidad de carreteras para diferentes usos de suelo				
	Residencial baja densidad	Residencial alta densidad	Comercial	Industrial
Tasa de acumulación de polvo (Kg / Km de carretera / día)	17	32	47	90
Densidad de carreteras (Km / ha) ^a	0,30	0,30	0,32	0,17
2. Carga de distintos contaminantes en función de la acumulación total de polvo y materiales				
Contaminante	Fracción de cada contaminante en el total de polvo y material acumulado (mg / Kg)			
	Residencial de baja densidad	Residencial de alta densidad	Comercial	Industrial
Nitrógeno total	460	550	420	430
Ortofósforo total	49	58	60	26
Plomo	1.570	1.980	2.330	1.590
Cobre	91	73	95	87
Zinc	310	280	690	280

^a Ejemplo de densidad para la ciudad de Tulsa, Oklahoma.
Fuente: Badhuri *et al.*, 2000, pp. 647, 649.

Sin embargo, la dificultad y el coste de desarrollar un estudio de esta naturaleza hacen que, en la mayoría de los casos, sea preferible utilizar modelos informáticos para la simulación de este tipo de procesos. Por ejemplo, el proyecto europeo BUGS, integrado en la citada red *Greencluster*, utiliza dentro de su esquema metodológico una combinación de diferentes modelos (de tráfico urbano, de emisión de contaminantes, de circulación del aire) para facilitar el análisis de las condiciones de calidad de aire asociadas a distintos escenarios de desarrollo urbano (*Greencluster*, 2004). El inconveniente de este tipo de aproximación es la cantidad de información requerida como *input* para el desarrollo del modelo, y la necesidad de contar con técnicos con un cierto grado de conocimiento en el manejo de las aplicaciones informáticas utilizadas y en los ámbitos de conocimiento abordados. En este sentido, resulta significativo que los participantes en el proyecto BUGS planteen, como uno de los fines de la investigación, el convertir la metodología en un futuro producto empresarial, es decir, en un servicio ofrecido por los propios técnicos e investigadores del proyecto a las administraciones interesadas.

En claro contraste con los casos expuestos anteriormente, existen otras aproximaciones metodológicas que simplifican de forma notable el análisis de los procesos de absorción de contaminantes por parte de la vegetación urbana. Un ejemplo es el indicador empleado por Whitford y otros (2001) para estimar la absorción de C atmosférico en diferentes ciudades británicas, y que se basa en los resultados experimentales obtenidos por Rowntree y Nowak (1991) en su estudio sobre el arbolado urbano de Chicago. Partiendo de un análisis similar al desarrollado por Jo para las ciudades coreanas, Rowntree y Nowak determinan una ecuación simple para la estimación del almacenamiento total de carbón por parte del arbolado urbano:

$$C \text{ almacenado (toneladas}\cdot\text{ha}^{-1}) = 1,063 \cdot \% \text{ cobertura arbórea}$$

así como una fórmula para la captación anual de carbono por el arbolado urbano:

$$\text{Captación de C (toneladas}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ por año}) = 8,275 \cdot 10^{-3} \cdot \% \text{ cobertura arbórea}$$

El único dato necesario para el cálculo de ambos indicadores es el porcentaje de cobertura arbórea urbana, que puede ser estimado fácilmente a partir de la cartografía de usos de suelo y cobertura vegetal. Evidentemente, el notable grado de simplificación que supone el empleo de estas fórmulas determina que los datos obtenidos no sean tan precisos como los obtenidos con metodologías de estudio más complejas; sin embargo, si lo que se pretende es simplemente comparar las consecuencias ambientales de distintas alternativas de planificación urbana, los resultados obtenidos por este método parecen una aproximación suficientemente precisa y mucho más eficiente en cuanto a consumo de tiempo y esfuerzo.

Otro indicador relativamente sencillo, pero de gran interés, es el denominado *Green Plot Ratio* (GPR), un concepto desarrollado por Ong (2003)

a partir de un parámetro ampliamente utilizado en botánica, como es el Índice de Área Foliar (IAF). El IAF es un parámetro adimensional que representa la relación entre la superficie de hojas y la del suelo; al estar relacionado con diversos procesos como la fotosíntesis o la transpiración, resulta de gran utilidad para la realización de diversos análisis vinculados con la fisiología vegetal. Ong modifica este concepto para hacerlo más fácilmente aplicable a la práctica de la ordenación urbana y de la arquitectura, definiendo el concepto de GPR como el valor medio de IAF de la vegetación en un espacio urbano o un edificio. El GPR se expresaría en términos de proporción; así una zona de césped (con un IAF aproximado de 1) tendría un GPR de 1:1, y una zona arbolada densa (con un IAF aproximado de 6) tendría un GPR de 6:1. Dado que el papel de la absorción de contaminantes está relacionado con la superficie de área foliar, el GPR resulta de especial interés para identificar, dentro de un sistema urbano, o incluso dentro de un espacio singular, como un parque o una calle, diferentes zonas en función de su potencialidad para la mejora de la calidad del aire.

Para el cálculo del GPR es necesario recurrir a alguno de los diferentes métodos de estimación del IAF, basados, por ejemplo, en la medida de la transmitancia de la cubierta vegetal, en el empleo de técnicas fotográficas, o en el tratamiento de imágenes de satélite. Por su parte, el proyecto URGE contempla la medida del IAF como indicador de la contribución del verde urbano a la calidad del aire, y proporciona para su estimación una tabla de equivalencias (ver tabla 17) donde se asigna un valor estimado de IAF a diversos tipos de hábitat. Según Ong, una aproximación posible, aunque bastante ruda, sería otorgar un GPR de 1:1 a las áreas pobladas por césped o hierba, 3:1 a las zonas ocupadas por arbustos, y 6:1 a las áreas arboladas (Ong, 2003, p. 206).

Funciones relacionadas con la regulación microclimática

Como se ha visto en el capítulo anterior, las condiciones climáticas de una ciudad dependen de la interacción de numerosos factores, tales como la forma de la ciudad, la configuración espacial de las calles y edificios, o la interacción entre diferentes procesos de intercambio energético. La suma de todos estos elementos hace que el análisis de clima urbano sea una tarea especialmente compleja, y que los estudios basados en mediciones sobre el terreno, a pesar de proporcionar una información valiosa, no sean suficientes para permitirnos un conocimiento profundo de los procesos y variables implicados (Kanda, 2006, p. 84). Es obligatorio recurrir a técnicas como la modelización a escala y la simulación informática, que nos permitan reproducir de forma simplificada los procesos y predecir de forma fiable

Tabla 17. Estimación de IAF para diversos tipos de hábitat

Código	IAF	Hábitat (EUNIS database)
A1	0	Hard Substrata (e.g. rocks)
A1.5/A3	0,5	Littoral rocks with rock pools and wave action
A2	0,5	Littoral sediments
B1.3	0	Sand dunes
B1.4	0,5	Sand dunes with vegetation
B2	0	Coastal shingle
B2.3	0,5	Coastal shingle with vegetation
B2.4,2.5,2.6	1,5	Sand or shingle with scrub or Woodland
C	1,0	Superficies de agua
D	1,0	Mire, bog and fen
E	3,0	Grassland and tall forbs
E2.1	4,0	Pastures, i.e. mesic grasslands grazed by livestock
E2.2	5,0	Meadows, mesic grasslands mown (usually once or twice p. a.)
E2.6	1,5	Lawn
F1.1	2,0	Shrub tundra
F1.2	1,0	Moss and lichen tundra
F2	1,5	Arctic, alpine and sub-alpine scrub habitats
F3	1,5	Temperate and mediterraneo-montane scrub habitats
F4	1,5	Temperate shrub heathland
F5	2,0	Maquis, matorral and thermo-Mediterranean brushes
F6	2,0	Garrigue
F7	1,5	Spiny Mediterranean heaths
F8	1,5	Thermo-Atlantic xerophytic habitats
F9	2,0	Riverine and fen scrubs
FB	4,0	Shrub plantations
G1	9,0	Broadleaved deciduous forest
G2	4,0	Broadleaved evergreen woodland
G2.9	5,0	Evergreen orchards and groves
G3	3,8	Coniferous woodlands
G4	4,0	Mixed deciduous and coniferous woodland
G5	9,0	Highly disturbed or managed woodlands
H	0,5	Inland un-vegetated or sparsely vegetated habitats
H6	0,5	Recent volcanic features
I1	3,0	Arable land and market gardens
I2	3,0	Cultivated areas of gardens
I1.5	0,5	Fallow
I1.51	0,5	Fallow with bare soil
I1.52	0,6	Fallow with weed community, inundated
I1.53	0,6	Fallow with weed community, un-inundated

Fuente: URGE, *Interdisciplinary Catalogue of Criteria*, 2004.

las consecuencias que sobre las condiciones de *comfort* urbano puedan tener los diferentes proyectos urbanísticos o arquitectónicos. Las experiencias y los avances de la investigación en este ámbito son numerosos (ver Oke *et al.*, 2006), y aunque los proyectos centrados en el papel de la vegetación urbana y los espacios libres son tan sólo una parte de este amplio campo de investigación, no faltan iniciativas que merece la pena reseñar.

Un ejemplo de modelización aplicado al verde urbano es el estudio llevado a cabo por Shashua-Bar y Hoffman (2000) sobre la disminución de la temperatura dentro y en las proximidades de un espacio verde (jardín, parque, paseo arbolado, etc.). A partir de la recogida de datos experimentales (710 muestreos para un total de 11 zonas verdes), los autores desarrollan un modelo para la predicción del efecto refrigerante de la vegetación y su alcance fuera de los límites del espacio verde. El modelo contempla diversas variables como la proporción de espacio sombreado por la cubierta arbórea, la temperatura en el espacio no sombreado, la geometría del espacio y las características específicas de los árboles. Una posible aplicación práctica del modelo es, por ejemplo, la evaluación del impacto de diversas alternativas de diseño de una zona verde sobre la temperatura del ámbito y de su entorno inmediato.

Otro enfoque de naturaleza parecida, aunque centrado en el impacto económico de esta funcionalidad del verde urbano, es la modelización del efecto de sombra del arbolado urbano sobre el consumo energético para calefacción/refrigeración de edificios a partir de datos de campo. Se trata de una aproximación muy práctica de cara a la evaluación de diferentes estrategias de diseño de espacios urbanos concretos, dado que la simulación se realiza generalmente a una escala de detalle. Los estudios realizados en esta línea son numerosos (Wagar, 1984; Huang *et al.*, 1987, 1990; McPherson y Dougherty, 1989; Akbari *et al.*, 1990; Heisler, 1991; Sand, 1991; McPherson y Sacamano, 1992; citados por McPherson *et al.*, 1995, p. 152). Sin embargo, es necesario remarcar que los resultados de estos estudios muestran una importante variabilidad, dado que algunos de los datos asumidos por los autores para la construcción de sus modelos varían notablemente de un caso de estudio a otro (McPherson *et al.*, *ibid.*, p. 152). A pesar de todo, los resultados de este tipo de modelos a escala de *sitio* (parque, calle, plaza, etc.), o *microclimáticos*, pueden servir como *input* para modelos *mesoclimáticos*, capaces de abordar los procesos a escala de barrio o ciudad, si bien sería necesario llevar a cabo una validación de estos modelos de mayor alcance para diferentes contextos geográficos. Además, parece conveniente hacer un esfuerzo para la simplificación de los mismos y su integración en sistemas de información geográfica, a fin de facilitar su utilización por parte de los técnicos encargados de la planificación urbana (McPherson, 1994, p. 168). De hecho, la carencia de herramientas fácilmente

utilizables parece ser una de las variables clave que explica el reducido impacto que actualmente tiene la climatología urbana en la elaboración de los planes de ordenación (Eliasson, 2000, p. 42). Por ejemplo, el interesante modelo propuesto por Robitu y otros (2006) para la evaluación del impacto de la vegetación y la presencia de masas de agua en la temperatura urbana, basado en la integración de un modelo de circulación del aire, de intercambio de radiación y de conducción térmica, encuentra su principal *handicap*, según los propios autores, en la complejidad del proceso metodológico y el elevado consumo de tiempo necesario para su implementación y para el cálculo de resultados (alrededor de una semana para una sola estimación).

En el extremo opuesto, podemos citar algunas experiencias metodológicas encaminadas a simplificar de forma notable el análisis de los procesos climáticos urbanos. El objetivo es obtener indicadores relativamente sencillos de calcular, que ofrezcan una estimación directa del impacto del espacio verde urbano en la mejora de las condiciones térmicas urbanas. De nuevo, recurrimos al trabajo desarrollado por Whitford y otros (2001, p. 93). El modelo utilizado por estos autores para el análisis del clima urbano expresa el balance de la energía superficial de un área en términos de su temperatura superficial. El cálculo del indicador es realizado por ordenador, si bien la base teórica del modelo es relativamente simple y puede expresarse mediante la siguiente ecuación, que resume el balance energético del medio urbano:

$$R = H + LE + G + J$$

donde R es la radiación neta que recibe la superficie terrestre (flujo de energía solar menos emisiones de radiación de onda corta de la tierra a la atmósfera); H es el flujo de calor sensible debido a la convección; LE es el flujo de calor latente debido a la evaporación; G es el flujo de calor conductivo hacia el suelo; y J es el flujo de calor que se almacena en el hormigón y otros materiales del medio edificado. El balance energético depende de la influencia de los distintos usos de suelo en estos parámetros, y especialmente del papel de la vegetación, que determina el valor de LE a través de la evapotranspiración. El modelo matemático incorpora parámetros físicos y meteorológicos específicos del contexto de estudio, si bien los únicos datos que es necesario introducir para el cálculo del indicador son los correspondientes a la proporción de los distintos tipos de superficie: espacio construido, suelo desnudo y espacio verde. La integración del modelo en un SIG permitiría, por ejemplo, una estimación de los impactos relativos sobre la temperatura urbana de distintas alternativas de planificación, en la medida en que éstas difieran en cuanto a la proporción final de usos de suelo.

Al igual que ocurría con el caso de la contaminación atmosférica, el IAF y el GPR pueden ser útiles también como indicadores para estimar la capacidad de la vegetación urbana de moderar la temperatura a través del

proceso de evapotranspiración. Se trataría en este caso de un indicador indirecto, dado que no proporciona, como el método empleado por Whitford y otros, una estimación del impacto de este proceso en la temperatura superficial; sin embargo, permite visualizar de forma bastante clara el potencial de la vegetación urbana para cumplir con esta función ambiental, y es especialmente útil para comparar la potencialidad de regulación climática de diferentes alternativas de planificación.

Por último, cabe recordar también la fórmula propuesta por Kim (1989) para la estimación de la magnitud de la isla de calor urbano a partir de la proporción de espacios verdes, obtenida como resultado de los estudios llevados a cabo por el autor en la ciudad de Seúl (citado por Salvador Palomo, 2003, p. 117) y comentada en el capítulo anterior (p. 93). Es necesaria, evidentemente, una comprobación de la validez de la fórmula para diferentes casos de estudio en distintas localizaciones geográficas, pero en cualquier caso constituye un indicador muy explícito de la incidencia del espacio libre en el grado de *confort* térmico de una ciudad. Sería interesante el desarrollo de más indicadores de esta naturaleza para estimar de forma sencilla la influencia de diversos parámetros urbanos en la magnitud de la isla de calor urbano.

Funciones relacionadas con la biodiversidad urbana

Dentro del análisis de la biodiversidad urbana es relativamente común el empleo de diferentes indicadores que, de una forma muy sintética, permiten describir la potencialidad de una ciudad para el sostenimiento de especies de flora y fauna. Entre los indicadores locales más utilizados en nuestro país (ver Hernández Aja, 2003) encontramos algunos relativos a las especies (número de especies protegidas, porcentaje de especies protegidas, número de especies de flora o fauna en determinadas áreas...), a la gestión de los hábitats urbanos (superficies degradadas, pérdidas por incendio, áreas recuperadas...) o a la protección de espacios (superficie de territorio protegido, porcentaje de territorio protegido, número de lugares protegidos...). Evidentemente, una gestión urbana orientada a la potenciación de la naturaleza en la ciudad requiere de instrumentos más ambiciosos que permitan reconocer en detalle el estado de los hábitats urbanos, los procesos que los amenazan y las posibilidades de mejora. Una de estas aproximaciones es la realización de cartografía de hábitats o cartografía ecológica. La identificación, clasificación y representación cartográfica de los espacios libres a una escala suficiente de detalle aporta una serie de importantes potencialidades para el análisis de la biodiversidad urbana (Freeman y Buck, 2003, p. 162):

- facilita tanto la identificación y comparación entre los diferentes tipos de hábitats urbanos, como el estudio de la interrelación entre los hábitats naturales y los modificados;
- facilita el análisis del grado de fragmentación y la conectividad del sistema de espacios libres;
- permite identificar aquellas áreas en las que existe un déficit de vegetación nativa;
- permite analizar las dinámicas de cambio a corto y largo plazo en el sistema;
- hace posible el desarrollo de indicadores para la evaluación del espacio libre urbano: tipos de espacios, cantidad, calidad, accesibilidad, etc.;
- sirve de guía a los procesos de toma de decisiones y la planificación en relación con el desarrollo del sistema.

La creación de mapas ecológicos es una práctica bastante extendida a día de hoy, y países como Alemania o el Reino Unido cuentan con una amplia experiencia en este terreno. La elaboración de mapas ecológicos tiene en España su primer referente en el mapa ecológico de Barcelona, cuya primera edición data de 1977; la actualización del mapa en 1993 permitió llevar a cabo un interesante análisis de los cambios sucedidos entre ambas fechas (Burriel *et al.*, 1998; ver imagen en la página 123), desarrollado con ayuda del software SIG Miramon.

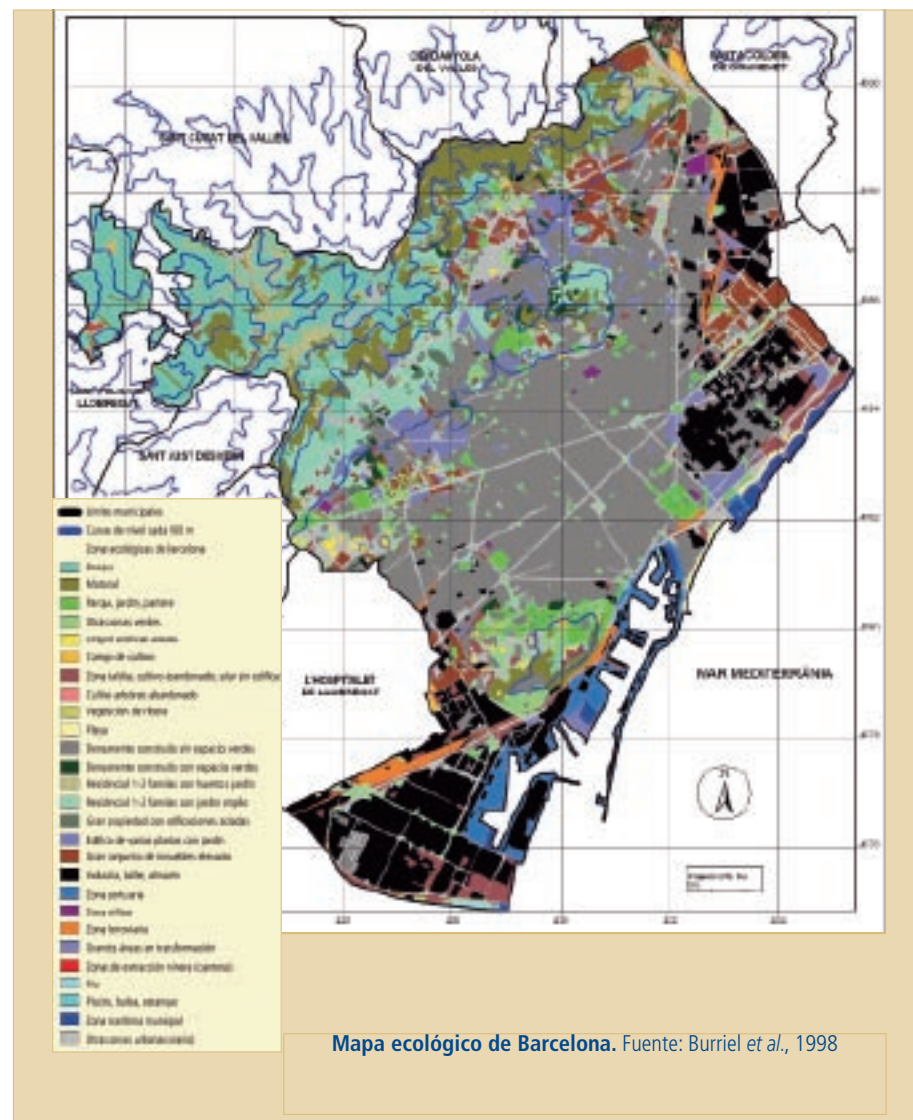
El análisis y tratamiento mediante software SIG de la cartografía ecológica se muestra como una de las mejores herramientas para el estudio y la gestión de la biodiversidad urbana. Por ejemplo, Pedersen y otros (2004) han desarrollado para la ciudad de Oslo un completo sistema de gestión de la biodiversidad basado en la generación de un SIG: su proyecto parte de la integración de una cartografía de hábitats con una completa base de datos sobre la biodiversidad del área, que incluye, entre otros aspectos, información georreferenciada sobre flora, fauna y hábitats clave, gestión de cuencas hidrográficas y gestión de las actividades cinegéticas (ver imagen en la página 124). Asimismo, los autores han llevado a cabo una interesante estrategia de difusión del proyecto, orientada a formar a los técnicos responsables de la planificación urbana en el empleo del sistema de gestión de la biodiversidad; con esta iniciativa, se espera mejorar la integración de los preceptos de la ecología urbana en los procesos de planificación del área.

Como se ha mencionado, la cartografía ecológica puede servir de base para la realización de distintos análisis de gran interés, tales como el estudio de la fragmentación de los hábitats urbanos o el análisis de la conectividad del sistema de espacios libres. Este tipo de análisis toma su base teórica y metodológica de la ecología del paisaje, aplicando el modelo *matriz - tesela - corredor*, habitualmente utilizado para el medio natural y rural (Burel y Baudry, 2002), al espacio urbanizado. En el ámbito rural, la

matriz del paisaje corresponde normalmente al espacio de uso agrícola, que representará un mayor o menor grado de fricción para el desplazamiento de distintas especies; por su parte, las teselas corresponderían a las unidades más o menos homogéneas y diferenciadas de hábitat natural que persisten en la matriz agrícola; y los corredores a los elementos territoriales de carácter lineal que permiten la unión funcional entre las distintas teselas. Si aplicamos el modelo a un contexto urbanizado, la matriz correspondería principalmente a los usos urbanos, que en la mayoría de los casos suponen una barrera infranqueable para las especies animales (con la excepción de la avifauna); las teselas serían los distintos espacios verdes urbanos; y los corredores aquellos elementos del tejido urbano que proporcionan un cierto grado

de conectividad entre los espacios verdes. Se puede afirmar que las bases conceptuales de la ecología del paisaje siguen teniendo validez para el contexto urbano (Sukopp, 2002, p. 382), y que, por lo tanto, los instrumentos metodológicos de esta disciplina pueden ser adaptados para el estudio del paisaje urbano.

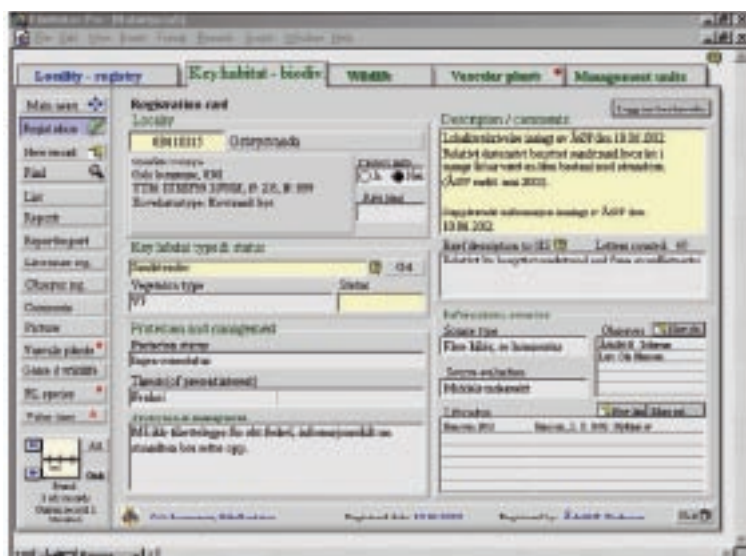
Resulta evidente que el análisis de conectividad ecológica en espacios metropolitanos cobra sentido siempre que se desarrolle a una escala lo suficientemente amplia como para abarcar el espacio rural y natural circundante a los núcleos urbanos. En la mayoría de los casos, los espacios verdes del centro de las ciudades funcionan como elementos aislados desde un punto de vista ecológico; sin embargo, los espacios libres más periféricos suelen mantener buenas conexiones con el entorno rural. Elementos territoriales como la red de vías pecuarias y caminos rurales, las vías verdes o los cauces fluviales pueden perfectamente actuar como corredores para la conexión de estos espacios periféricos con otras áreas de carácter más na-



tural situadas en las proximidades del ámbito metropolitano. Partiendo de la consideración de todos estos elementos, el estudio de la conectividad del espacio libre metropolitano puede servir como base para la creación de una red de espacios con una incidencia notable en el mantenimiento de la biodiversidad. En este campo, se puede citar como ejemplo el trabajo realizado por Marull y Mallarach (2005) para el ámbito del área metropolitana de Barcelona. Los autores han desarrollado una metodología de análisis de conectividad de los ecosistemas terrestres que, aparte de permitir la obtención de un completo diagnóstico sobre este aspecto, constituye una herramienta muy útil de cara a la evaluación de las consecuencias ecológicas de los diferentes escenarios alternativos planteados en los procesos

de planificación. La metodología toma como punto de partida la creación de una cartografía ecológica, elaborada a partir del análisis del mapa de usos de suelo y su reclasificación mediante SIG en un conjunto de unidades funcionales ecológicas. A diferencia del mapa ecológico de Barcelona, de ámbito municipal, en este caso la cartografía abarca un ámbito de naturaleza subregional que cubre la totalidad del área metropolitana. El modelo se basa en un análisis coste-distancia, al que se incorpora el análisis del efecto barrera, basado en la evaluación de los diferentes factores que impiden o minimizan la conectividad. La imagen superior muestra el análisis de corredores potenciales elaborado a partir de esta metodología.

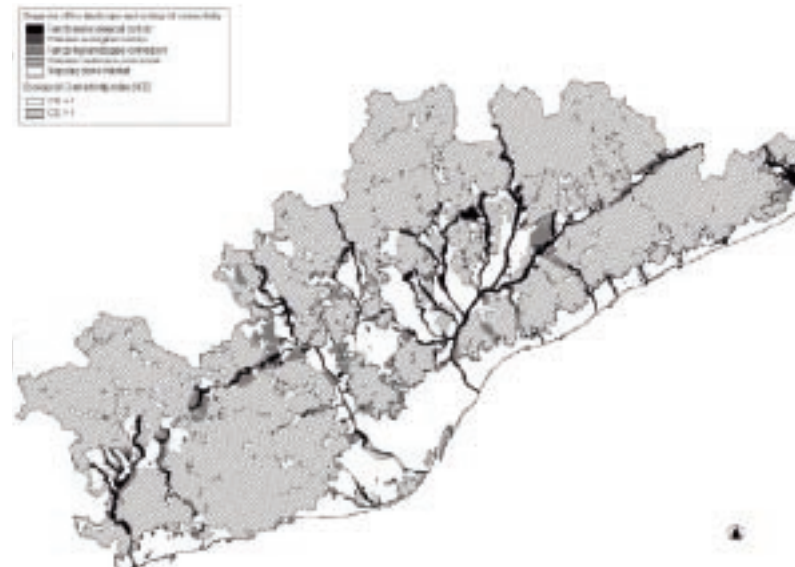
La rapidez con que se desarrollan en determinados contextos los procesos de crecimiento urbano hace que sea necesario disponer de instrumentos eficaces que permitan reconocer de forma inmediata aquellos espacios que poseen un especial valor para la conservación de la biodiversidad y que, por tanto, deben ser preservados de la urbanización. La



SIG para la gestión de la biodiversidad urbana de Oslo.

Fuente: Pedersen *et al.*, 2004, p. 436

limitación de tiempo hace que se deban buscar “atajos” metodológicos que permitan evaluar la calidad y la potencialidad del medio sin necesidad de recopilar grandes cantidades de información. Para ello, existen diversas estrategias basadas en la selección de especies clave, es decir, en la identificación de especies que, por sus requerimientos específicos de hábitat o por su impacto en el conjunto de la biocenosis, pueden ejercer de indicadores para la identificación de los espacios más valiosos para la conservación de un amplio número de especies. Hay que decir que este tipo de metodologías, basadas en conceptos como el de *especie paraguas* (*umbrella species*) o *especie clave* (*keystone species*), están sujetas a una cierta controversia, y no han sido verificadas a través de estudios empíricos a largo plazo (Rubino y Hess, 2003, p. 90). El concepto de *especie focal* (Lambeck, 1997; citado por Rubino y Hess, *ibid.*, p. 90) está sometido a esta misma crítica, si bien parece haber ganado una cierta popularidad en los últimos tiempos. La estrategia de selección de especies focales consiste, en primer lugar, en identificar los procesos que constituyan o puedan suponer una amenaza para la biodiversidad local en el ámbito de estudio, para luego definir un conjunto de especies compuesto por aquellas que sean más sensibles a cada una de las amenazas identificadas. Los requerimientos de hábitat de las especies así seleccionadas serán utilizados para establecer una serie de criterios que deberán guiar la planificación del ámbito de estudio. Lo que se pretende con esto es configurar el paisaje de tal forma que sea óptimo para las necesidades de la especie focal y que, al mismo tiempo, satisfaga los requerimientos de otros organismos con necesidades similares (Rubino y Hess, 2003, p. 90).



Mapa de conectividad del Área Metropolitana de Barcelona.

Fuente: Marull y Mallarach, 2005, p. 257.

Como muestra de este tipo de estrategia, se puede citar la metodología desarrollada por Rubino y Hess (*ibid.*) para la identificación de espacios clave en una región sometida a presiones urbanísticas en el estado de Carolina del Norte, EE.UU. Los autores tomaron el cárabo norteamericano (*Strix varia*) como especie focal para los hábitats de bosques de ribera y bosques de humedal. Partiendo de un análisis de la literatura científica sobre los requerimientos de esta especie, se desarrolló mediante SIG un modelo cartográfico de las áreas que potencialmente podrían servir de hábitat al cárabo. Para este fin, se modificaron las capas existentes de usos de suelo y cobertura vegetal, utilizando criterios diversos, como el tamaño de las teselas de bosque o la distancia existente a carreteras y espacios abiertos. Una vez terminado el modelo, se procedió a comprobar su validez mediante el trabajo de campo. Los resultados del muestreo sistemático del área de estudio indicaron que el cárabo estaba presente en un 65% de las áreas identificadas por el modelo como hábitat potencial. La capacidad del cárabo norteamericano como *especie paraguas* para la presencia de otras especies fue comprobada mediante la comparación del modelo creado con una base de datos relativa a la presencia de especies raras o sobresalientes de flora y fauna. Los resultados de este análisis fueron variables para los distintos taxones (0% de cobertura para especies de invertebrados, 75% para vertebrados), si bien se alcanzó el 100% de cobertura para todos los taxones al eliminar el criterio de tamaño de las manchas de hábitat. La sencillez y la relativa rapidez de las metodologías empleadas para la creación del modelo y la comprobación de su validez, y el aceptable grado de efectividad conseguido por el modelo, son las principales bazas a favor de este tipo de estrategias.

Funcionalidad ambiental relacionada con el uso público

Tal y como se ha puesto de manifiesto en el capítulo anterior, el uso público de las zonas verdes está a menudo ligado a la percepción de las mismas como ámbitos donde la naturaleza se hace presente en la ciudad. La necesidad de contacto con lo natural, la búsqueda de un bienestar psicológico a través del paisaje, o el establecimiento de vínculos de identificación de los ciudadanos con determinados espacios de notable calidad natural (aunque sea una *naturaleza recreada*), son algunos de los fenómenos que nos permiten hablar de una funcionalidad ambiental del espacio libre relacionada con el uso público. La realización de actividades de educación ambiental, o la reproducción en algunos espacios de los ecosistemas autóctonos, con fines claramente didácticos, son iniciativas que también encajarían dentro de esta funcionalidad, que establece en definitiva un vínculo entre la dimensión social y la dimensión ecológica del espacio libre. Es precisamente la componente sociológica de esta faceta del verde urbano la que determina que las aproximaciones orientadas a su estudio difieran radicalmente de las que hemos venido analizando hasta ahora. Así, la mayor parte de los estudios llevados a cabo sobre las preferencias y las actitudes de los ciudadanos hacia los espacios libres se basan en la realización de encuestas (ver, por ejemplo, Oguz, 2000; Tarrant y Cordell, 2002; Chiesura, 2004), siendo también abundantes los estudios basados en la valoración económica (como el método de disposición al pago) de determinadas funciones del espacio libre (ver, por ejemplo, Geoghegan *et al.*, 1997; Geoghegan, 2002; Bengochea, 2003). Algunos ejemplos de este tipo de enfoques quedaron reflejados en el apartado dedicado a esta funcionalidad en el capítulo anterior.

Existen, no obstante, otros aspectos del uso público que no están directamente vinculados como los anteriores a la percepción subjetiva del espacio, y cuyo tratamiento metodológico puede además resultar complementario a alguno de los enfoques que hemos descrito para otras funciones. Por ejemplo, podemos citar los estudios centrados en el análisis de la accesibilidad y la conectividad del verde urbano, realizados con objeto de mejorar la funcionalidad del sistema de espacios de uso público. En estos casos, se aplica un análisis estructural de la red de espacios, con una fuerte componente espacial, en el que se aplican planteamientos conceptuales y metodológicos similares a los utilizados en ecología del paisaje. El caso más claro en este sentido es el análisis de la conectividad: dentro del contexto de la funcionalidad social del espacio libre, la realización de un análisis de conectividad tiene como objetivo fundamental evaluar si el sistema verde es capaz de actuar eficazmente como una red de espacios interconectados, e identificar aquellos elementos de la trama urbana o del territorio metropoli-

tano que podrían servir como corredores para la comunicación de los espacios que quedan aislados. La conectividad funcional aporta al conjunto de espacios libres de uso público un carácter *orgánico*, de forma que el sistema puede actuar incluso como una red viaria alternativa para el desplazamiento no motorizado de los ciudadanos. Es evidente que este tipo de estudio resulta complementario, aunque no sustitutivo, del análisis de conectividad biológica, que, entre otros rasgos diferenciadores, debe tener un alcance más amplio, a fin integrar aquellos espacios que, sin tener una función de uso público, tienen valor como hábitat (por ejemplo, zonas agrícolas, áreas verdes privadas, zonas baldías con vegetación espontánea...).

Por su parte, el análisis de la accesibilidad de los espacios libres de uso público se muestra como una aproximación muy válida para evaluar la disponibilidad de zonas de esparcimiento y recreo; es, en este sentido, una aproximación más eficaz para esta tarea que el empleo de indicadores cuantitativos, tales como la superficie total de áreas verdes o la proporción de superficie verde por habitante, que no atienden a un factor básico como es la distribución de la superficie verde en el tejido urbano. Diversos estudios señalan como medida óptima de la accesibilidad de un espacio libre el cálculo del porcentaje de la población que vive a una distancia igual o menor a 0,5 Km de un espacio verde, una distancia equivalente a unos cinco minutos caminando (URGE, ICC, 2004). A partir de la cartografía de espacios libres, es fácil (por ejemplo, estableciendo un *buffer* con ayuda de un software SIG) calcular la proporción superficial de zonas residenciales que quedan dentro del área de influencia de un espacio verde. El Informe Dobrís (Agencia Europea de Medio Ambiente, 1998) lleva a cabo un análisis similar de accesibilidad, pero tomando como valores de referencia una distancia de 15 minutos caminando hasta el espacio libre; partiendo de este supuesto, se considera positivo el nivel de accesibilidad de un sistema si más del 50% de la población tiene su residencia dentro de los ámbitos de influencia definidos a partir de dicha distancia. Un análisis más fino de la provisión de espacios verdes puede implicar la definición de distintos umbrales de distancia para calcular de forma diferenciada las áreas de influencia de distintos tipos de espacio libre, en función de su tamaño y su vocación de uso. Por ejemplo, para grandes parques urbanos, se puede utilizar un radio de influencia de entre 2,5 y 3 Km, mientras que los parques de barrio tendrían un radio de influencia de 500 a 800 metros (según los estándares fijados para la ciudad de Turín en 1991, citados por Salvador Palomo, 2003, p. 251).

Finalmente, cabe hacer referencia, aunque sea de forma muy superficial, a la posibilidad de integrar el análisis paisajístico al estudio de la multifuncionalidad del espacio libre. No cabe duda de que el espacio libre es uno de los componentes esenciales del paisaje urbano, y que la contribución de muchos espacios verdes a la mejora estética de la imagen de la ciudad (y

con ello al bienestar psicológico de la población y al grado de identificación de los ciudadanos con su entorno) constituye *per se* una función ambiental y social de primer orden. Algunos espacios libres, al gozar de una ubicación y unas características topográficas particulares, pueden actuar también como puntos privilegiados de observación paisajística, por lo que su función en este caso sería doble, como mirador y como elemento constituyente del paisaje urbano. No obstante, el análisis de la calidad visual del paisaje es un tema lo suficientemente amplio y complejo en sí como para exceder los objetivos de esta obra. El abanico de opciones metodológicas disponibles para abordar esta cuestión es muy diverso. No obstante, si se asume una aproximación metodológica al paisaje basada en una concepción formal y objetiva del mismo (en contraste con otras aproximaciones centradas en los aspectos subjetivos y perceptivo), sería posible llevar a cabo un análisis de la calidad paisajística compatible y, si se quiere, complementario, al estudio de las funciones ambientales que hasta ahora hemos tratado. Un estudio de este tipo requeriría, por ejemplo, de un análisis de la cuenca visual perceptible desde los distintos puntos de observación seleccionados, la delimitación de unidades de paisaje dentro de la cuenca visual, y la valoración de dichas unidades en función de la consideración de distintos parámetros, como la diversidad de elementos, la presencia de hitos visuales remarcables, la existencia de impactos paisajísticos, etc. La integración de este tipo de estudio con un análisis centrado en la percepción subjetiva de la calidad visual del entorno nos aportaría una visión más completa del valor paisajístico del espacio libre, enriqueciéndose así de forma notable el análisis de esta funcionalidad.

Análisis de la multifuncionalidad del espacio libre metropolitano: la aproximación territorial

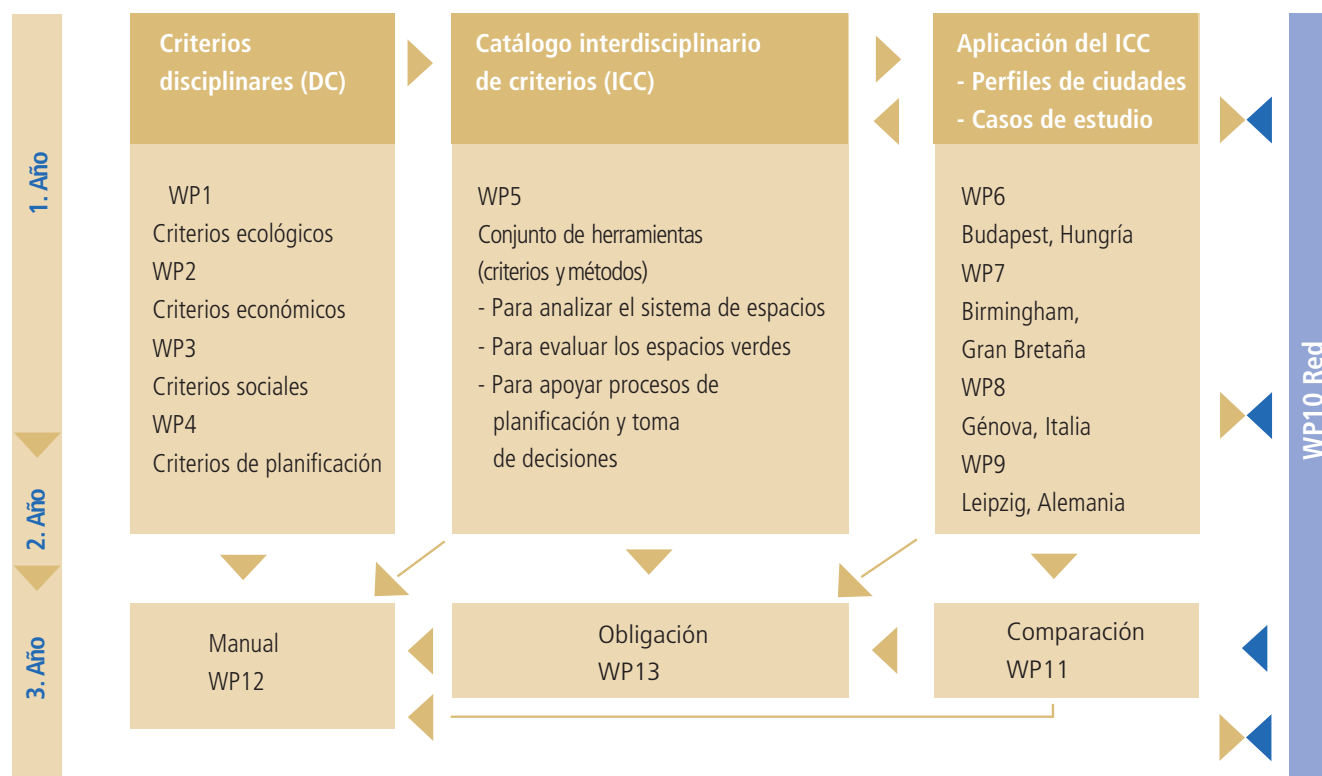
En los anteriores apartados se ha llevado a cabo una breve revisión de algunas de las aproximaciones metodológicas existentes para el estudio de cada una de las funciones ambientales del espacio libre. Como se ha podido comprobar, la mayoría de las iniciativas y proyectos de investigación citados centran su interés en una única faceta del verde urbano, sin establecer vínculos entre la función concreta objeto de estudio y el resto de funciones. Cada aproximación está, además, fuertemente vinculada a un marco disciplinar específico. De esta circunstancia se deriva la dificultad de aunar en un solo procedimiento metodológico el análisis global de la multifuncionalidad del sistema de espacios libres.

No es fácil encontrar ejemplos de desarrollos metodológicos que asuman un planteamiento realmente integrador. Quizá el caso más notable sea la ya mencionada iniciativa en red *Greencluster* (2004), que al permitir la interacción y la búsqueda de sinergias entre cinco grupos de trabajo, cada

uno de ellos con un enfoque conceptual y metodológico diferente, permite en su conjunto abarcar un amplio número de funciones del espacio verde desde una perspectiva multidisciplinar. Dentro de la red, destaca a nuestro juicio el proyecto URGE (2004), citado en distintas ocasiones a lo largo del capítulo, que desarrolla una metodología de análisis multicriterio de gran potencial para la evaluación de las funciones ecológicas, sociales, urbanísticas y económicas del espacio verde. Es, por tanto, un proyecto que asume como punto de partida la multidimensionalidad del espacio libre y que, incluso, al incorporar aspectos de naturaleza estrictamente socioeconómica, excede en algunos puntos el ámbito del presente texto. La imagen de la página 127 muestra de forma esquemática el planteamiento metodológico de URGE (*Greencluster*, 2004, p. 60).

Dentro del conjunto de herramientas ofrecidas por el proyecto, el elemento que presenta un mayor interés es el denominado Catálogo Interdisciplinario de Criterios (*Interdisciplinary Catalogue of Criteria*, o ICC). El catálogo pretende, según sus autores, suplir la carencia actual de métodos integrados e interdisciplinares para la evaluación, desarrollo y gestión de espacios verdes. Cada uno de los criterios recogidos en el ICC lleva asociado uno o varios indicadores (cuantitativos y cualitativos) que permiten su evaluación, así como uno o varios métodos para el cálculo de cada indicador; cuando es posible, se asigna también un nivel de referencia para el indicador, que sirve como guía para comparar el *status* actual de cada criterio con respecto a una situación óptima. La imagen de la página 128 muestra como ejemplo el tratamiento de uno de los criterios contemplados por URGE, la fragmentación del sistema verde. El conjunto de criterios incluidos en el ICC se dividen en dos grupos principales: uno dedicado al análisis del sistema de espacios verdes, y otro orientado al análisis individualizado de espacios concretos; a su vez, cada uno de estos grupos es subdividido en cuatro bloques temáticos: *aspectos cuantitativos*, *aspectos cualitativos*, *uso del espacio*, y *planificación y gestión*.

La utilidad de una herramienta como el ICC es innegable, ya que aporta todos los elementos conceptuales y metodológicos necesarios para un diagnóstico completo y preciso del espacio libre. Sin embargo, una aproximación de esta naturaleza, donde cada parámetro es evaluado de forma individualizada, no facilita la realización de un análisis transversal, es decir, orientado a identificar los vínculos e interacciones existentes entre las distintas dimensiones y funciones del espacio libre. Para conseguir este objetivo, puede ser útil recurrir a un concepto planteado en el capítulo anterior, la perspectiva territorial. Desde este enfoque, que implica una consideración explícita de la dimensión espacial de los procesos ecológicos urbanos, sí que parece posible abordar de forma verdaderamente unitaria la funcionalidad del espacio libre.



Esquema metodológico del proyecto URGE. Fuente: Greencluster. Report review 2: Tools. p. 60. Disponible en www.greencluster.org

Tal y como se ha podido comprobar a lo largo de los apartados anteriores, la componente espacial se muestra como el único elemento que puede actuar como nexo para el estudio unificado de las distintas funciones ambientales. Por ejemplo, Whitford y otros (2001), cuyo trabajo ha sido citado anteriormente en varias ocasiones, han seleccionado diversos indicadores para el análisis de cuatro procesos urbanos (impacto en el ciclo hidrológico, absorción de contaminantes, mejora del clima, biodiversidad) cuyo componente común es que están basados en el tratamiento de información de naturaleza espacial, ya sea extensión de la cobertura arbórea, porcentaje de usos de suelo, o diferentes características estructurales del espacio libre. Esta estrategia simplifica el proceso de obtención de la información necesaria para el cálculo de los distintos indicadores, ya que se puede extraer a partir de cartografía temática, y además permite integrar el conjunto de los mismos a través de un SIG, lo cual facilita enormemente las tareas de análisis. Así, por ejemplo, resultaría sencillo evaluar la influencia de una determinada actuación en el territorio sobre los cuatro parámetros considerados, de forma simultánea. La importancia de la componente espacial es notable también en el resto de las aproximaciones que hemos reseñado, desde la modelización de la contaminación difusa a los análisis de conectividad o la cartografía de hábitats; por ello, no resulta difícil imaginar un único modelo global, basado en este enfoque espacial, capaz de

integrar todos estos análisis. Por otro lado, los resultados de este tipo de aproximación espacial son más fácilmente incorporables a los procesos de planificación y toma de decisiones que, por ejemplo, la mera valoración numérica de un indicador.

Otra potencialidad de la perspectiva territorial es que, a través de un análisis multifuncional del territorio metropolitano, se facilita la identificación de espacios valiosos o con gran potencialidad para su incorporación al sistema de espacios libres. Se trata de un enfoque parecido al desarrollado por Rubino y Hess (2003) para la localización de hábitats clave para la biodiversidad, pero incorporando al análisis ecológico una evaluación de la potencialidad del espacio con respecto al resto de funciones ambientales. Un ejemplo práctico de este tipo de aproximación es el trabajo llevado a cabo por Mahon y Miller (2003), en el que los autores desarrollan una metodología de análisis multicriterio que permite evaluar a través de un SIG el potencial ecológico, recreativo y estético de los espacios verdes potenciales existentes en un área sometida a presiones urbanísticas.

La asunción de una perspectiva territorial para el análisis del espacio libre implica, en principio, trabajar con una escala amplia, que permita englobar en el ámbito de estudio todos aquellos espacios libres de carácter natural o rural que, aun situados en la periferia o en el exterior del tejido urbano, establecen con él una relación funcional de tipo ecológico. Esto es un

Criteria Group N° 1	Quantity of the urban green system

Description	<p>Criteria included in this section focus on the physical characteristics of the urban green system, measured by quantitative indicators. The purpose of these criteria is to provide information about the quantity, shape and fragmentation of urban green spaces in the city. Essentially, the greater the quantity and continuity of green spaces in a city the better. It is generally accepted that the main reason for loss of biodiversity is habitat fragmentation, particularly in urban regions. In other words, the more that total and individual green space is reduced or divided in an area (e.g. in a city), the more species will be lost and the poorer the ecological quality will then be. Urban green policy and planning should enhance the increase of connectivity of individual patches and thus reduce the level of fragmentation of urban green systems.</p> <p>Key words: surface area, shape index, connectivity of green, fragmentation, soil sealing, per capita green, integrated planning</p>
--------------------	--

Ficha para el análisis de la fragmentación del sistema de espacios verdes. Proyecto URGE.

Fuente: Proyecto URGE: ICC - *Interdisciplinary Catalogue of Criteria*, 2004.

factor clave de cara a analizar funciones ambientales del espacio libre como las relacionadas con la biodiversidad y la hidrología, en las cuales el papel de estos espacios periféricos es fundamental. Es preciso señalar, sin embargo, que cada función puede requerir una escala de análisis propia: el estudio de procesos como la regulación de clima urbano o la absorción de contaminantes por la vegetación exige un mayor grado de detalle espacial, por lo que su análisis debe circunscribirse principalmente a los núcleos urbanos, que es donde realmente tienen incidencia dichas funciones. En estos casos, la inclu-

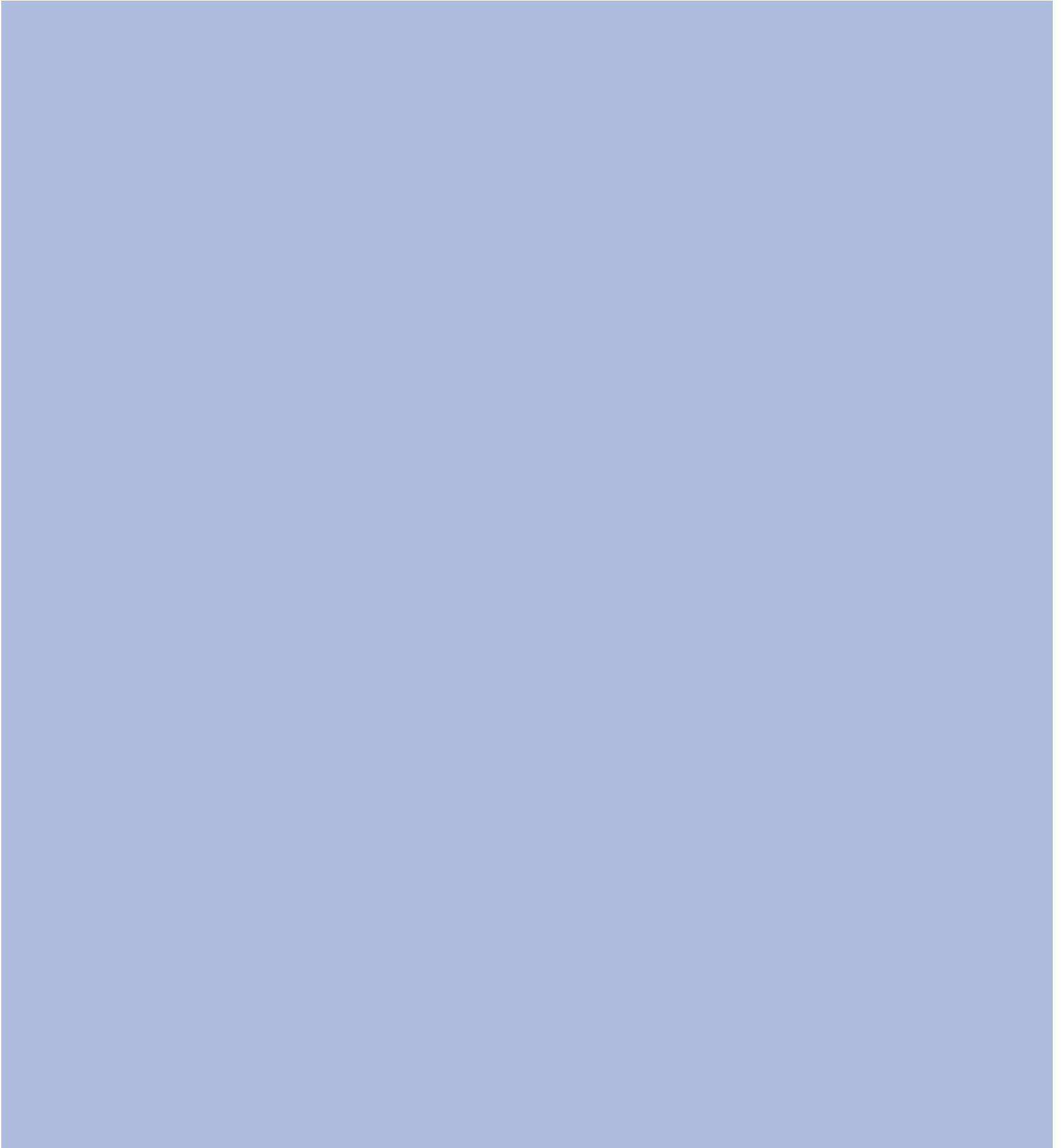
sión de espacios periféricos o externos a los núcleos urbanos en el proceso analítico puede llegar a distorsionar los resultados de la investigación. Una metodología de carácter integral debe, por tanto, permitir trabajar de forma simultánea a distintas escalas. De hecho, puede ser interesante para algunos espacios concretos realizar estudios en detalle de alguna de las funciones consideradas. En cualquier caso, el análisis de la multifuncionalidad exige, lógicamente, adaptar la delimitación del ámbito global de estudio a aquellas funciones que requieran una mayor amplitud para su análisis.



Capítulo I

**Propuesta metodológica para el análisis de la funcionalidad
ambiental del espacio libre.**

**Evaluación inicial de su viabilidad para el caso del Área
Metropolitana de Sevilla**



Introducción

De lo expuesto en los capítulos anteriores se desprende la necesidad de buscar nuevas aproximaciones metodológicas al estudio del espacio libre, nuevos instrumentos de análisis que permitan a los responsables de la planificación de las ciudades y metrópolis actuales obtener un mayor conocimiento sobre los procesos ecológicos y las funciones ambientales ligadas a la matriz biofísica del territorio urbanizado. Ésta es, en términos generales, la finalidad de la propuesta metodológica que se desarrollará a lo largo del presente capítulo, y que pretende recoger, de forma integradora, algunos de los principales avances teóricos y prácticos que en el campo de la ecología urbana se han producido en los últimos años y que se han venido reflejando en los capítulos anteriores.

En el proceso de síntesis de la metodología se ha tomado como referencia básica un ámbito concreto: el área metropolitana de Sevilla. La elección de este espacio responde a dos razones principales: por un lado, se trata de una aglomeración urbana de tamaño medio, que permite jugar con escalas de trabajo



Paseo de las Delicias a comienzos del siglo pasado. Sevilla

adecuadas para el análisis de los diferentes procesos ecológicos metropolitanos que han sido abordados en el marco teórico; por otra parte, el sistema urbano se asienta sobre un territorio muy rico, diverso y con recursos naturales suficientes como para aportar una interesante funcionalidad ambiental a la metrópoli andaluza. Ambas potencialidades convierten a la aglomeración urbana de Sevilla en un ámbito idóneo como marco territorial de referencia para la elaboración y la puesta a prueba de una metodología de esta naturaleza.

De acuerdo con lo anterior, el presente capítulo se articulará de la siguiente forma: en primer lugar, se expondrá una breve caracterización del área metropolitana de Sevilla, con especial énfasis en los recursos potenciales para la constitución de un sistema de espacios libres de carácter multifuncional; seguidamente, se desarrollará la propuesta metodológica, a través de una descripción de las diferentes etapas del proceso analítico; finalmente, se

llevará a cabo una breve reflexión sobre la viabilidad de la propuesta y las potencialidades que presenta su aplicación al ámbito de estudio elegido.

El área metropolitana de Sevilla: potencialidades de cara a la configuración de un sistema multifuncional de espacios libres

Breve caracterización del ámbito de estudio

El Área Metropolitana de Sevilla constituye la aglomeración urbana más compleja y de mayor dimensión de todas las existentes en el contexto andaluz, representando aproximadamente el 15% de la población y el 17,5% del PIB regional (*Atlas Sevilla Metropolitana*, 2003, p. 19). Atendiendo a la propuesta de delimitación desarrollada por Feria y Susino (2005) para el ámbito metropolitano²⁶, el área integra un total de 41 municipios, siendo su población total de 1.315.860 habitantes (según datos del censo de 2001) y abarcando una superficie de 4.531 Km². La aglomeración sevillana, junto con la de Málaga, es el centro regional de mayor nivel dentro de la jerarquía del sistema urbano andaluz, tanto por su peso demográfico, la concentración de actividad económica, su dinámica urbana, y su papel decisivo para la integración exterior de Andalucía (POTA). En un contexto más amplio, la metrópoli sevillana se sitúa dentro del conjunto de las cinco mayores aglomeraciones urbanas de la Península Ibérica; en el ámbito europeo se ubica, por tamaño, dinámica y funciones, en un nivel intermedio de la jerarquía urbana, junto a un amplio grupo de ciudades que, sin poseer una dimensión global, sí constituyen un eslabón básico del sistema de ciudades europeo (*Atlas Sevilla Metropolitana*, p. 31).

El Área Metropolitana de Sevilla presenta una fuerte personalidad propia, fruto de la complejidad y diversidad del medio físico sobre el que se asienta (ver imagen en la página 133). El espacio metropolitano se articula sobre el corredor aluvial del Guadalquivir, eje vertebral de la región, que en este ámbito presenta una dirección Norte-Sur y se estrecha de forma considerable para abrirse camino entre dos plataformas elevadas, los Alcores y el Aljarafe, que flanquean la ciudad de Sevilla por el Este y el Oeste, respectivamente. Esta configuración espacial nos permite definir tres unidades territoriales principales, con características propias bien definidas que determinan la configuración de los procesos urbanos y territoriales de forma singularizada en cada una de ellas.

La primera de estas unidades estaría constituida por el eje ribereño del Guadalquivir y las vegas fluviales asociadas. Esta unidad, que, como se ha dicho, posee una orientación Norte-Sur, constituye el eje principal de ar-

ticulación del territorio metropolitano. Se trata de un espacio de topografía plana, constituido por la llanura de inundación del río y sus terrazas bajas; la altitud se sitúa por debajo de los 50 metros de altitud, descendiendo progresivamente hacia el Sur. El carácter inundable de gran parte de este ámbito, unido a la fertilidad de los suelos limosos aluviales, ha determinado la conformación de un paisaje agrícola de regadío, de gran valor para la ordenación del territorio metropolitano por constituir un complejo espacio rural ubicado en un contexto predominantemente urbanizado (*La ciudad de Sevilla y su dimensión metropolitana*, p. 41). El contacto de esta unidad central con la unidad del Aljarafe se produce de forma brusca, a través de un pronunciado escarpe hacia el Norte y el Este, que constituye uno de los principales elementos conformadores del paisaje visual dentro del territorio metropolitano. En cambio, la transición hacia la unidad de los Alcores se produce de forma gradual, con un relieve ondulado que se va elevando progresivamente (*Análisis del medio físico*, 1998, p. 37).

En la unidad de los Alcores, la agricultura no es tan potente como en la unidad central, lo que, unido a las mejores condiciones microclimáticas en comparación con la zona ribereña y a la presencia de acuíferos disponibles para su explotación, ha propiciado que se haya convertido en ámbito preferente para los desarrollos urbanísticos. Debido a la ausencia de un sistema de asentamientos tradicional, estos desarrollos se han producido de forma desordenada, guiados por la disponibilidad de suelo y la proximidad a los ejes de comunicación. En el límite suroriental de esta unidad, la plataforma de los Alcores cae de forma relativamente brusca hacia la campiña, formando un escarpe bien definido, que constituiría el límite imaginario a los procesos de urbanización en este ámbito. La presencia del río Guadaira divide la plataforma de los Alcores en dos sectores a través de un profundo cañón fluvio-cárstico de trazado sinuoso; al igual que el río Guadalquivir, el Guadaira representa un importante eje de articulación del territorio, y constituye un recurso de primer orden para la ordenación metropolitana.

La unidad del Aljarafe se presenta como una plataforma tabular que se eleva desde el valle del Guadalquivir en el Este hasta el valle del Guadamar al Oeste; la plataforma presenta una suave inclinación en dirección Norte-Sur, alcanzando su máxima altura, 187 metros, en su extremo septentrional. El interior de la plataforma está surcado por una red hidrográfica fundamentalmente activa en época de lluvias, que ha modelado con el tiempo un característico relieve alomado. El elemento principal de la red fluvial es el arroyo Riopudio, que atraviesa la unidad de Norte a Sur en su parte central, constituyéndose como eje articulador del espacio aljarafeño y marcando un límite entre el área oriental y el área occidental de la plataforma. El paisaje agrario del Aljarafe tiene como principal protagonista al olivar, junto al cual aparecen importantes zonas de viñedo en el área central, si bien éste se en-

26. Los autores basan la delimitación en el análisis de los datos del censo de 2001 relativos a la movilidad residencia / trabajo, considerándose dicha variable como indicador sintético de la interdependencia funcional entre los municipios del ámbito metropolitano.

cuentra en claro retroceso. Junto a estos cultivos, que constituyen los elementos tradicionales del espacio rural de la comarca, es posible encontrar cultivos de cítricos, huertas, y, completando el mosaico, bosquetes de pinos y formaciones de vegetación riparia, más abundantes conforme se avanza hacia el Sur de la unidad (*La ciudad de Sevilla y su dimensión metropolitana*, p. 42). La unidad presenta una característica red tradicional de pequeños asentamientos urbanos, próximos entre sí, reforzada por una compleja red de vías rurales, caminos rurales y carreteras secundarias; a esta singular trama de asentamientos humanos tradicionales, bien diferenciada de las del resto del ámbito metropolitano, habría que añadir la presencia notable de un importante número de haciendas, que aportan un gran valor patrimonial y paisajístico a la unidad. Sin embargo, este paisaje tradicional está cambiando rápidamente, sometido a un intenso proceso de desarrollo urbanístico que actúa, por un lado, estableciendo coronas de desarrollo a partir del núcleo central del ámbito metropolitano, con una intensidad decreciente a medida que nos desplazamos hacia el Oeste; y por otro, adquiriendo una especial intensidad en las cercanías de las vías de comunicación principales que facilitan la accesibilidad a la ciudad central (*La ciudad de Sevilla y su dimensión metropolitana*, p. 43).

Estos procesos de crecimiento, de carácter muy intenso en los últimos años, y que amenazan seriamente los valores identitarios, patrimoniales y naturales del territorio metropolitano, marcan la actual fase de evolución del área metropolitana. Después de una etapa inicial de crecimiento concentrado en la ciudad central, que tuvo lugar hasta los años ochenta, y de una segunda fase en la cual los núcleos urbanos más próximos al núcleo central se incorporaron a esta tendencia de crecimiento, iniciándose el proceso de conformación del espacio metropolitano, en la actualidad nos encontramos



El territorio de la aglomeración urbana de Sevilla.

Fuente: *Atlas de Sevilla Metropolitana, Territorio y actividades productivas*. Sevilla Global, 2003.

con una deceleración del crecimiento de la ciudad central y de algunos de los núcleos más consolidados de su entorno, a la par que otros municipios del ámbito metropolitano, integrados en la denominada primera corona metropolitana, experimentan una importante expansión (*Atlas de Sevilla Metropolitana*, p. 32). La tabla 18 muestra la evolución de la población en los distintos municipios del Área Metropolitana de Sevilla; se observa con claridad el espectacular crecimiento que algunos de los municipios han experimentado en tiempos recientes, sobre todo en comparación con el modesto crecimiento demográfico de la propia ciudad central. La tabla 19 muestra la evolución de los usos de suelo en el ámbito metropolitano entre los años 1995 y 2003, donde queda reflejada la transformación del espacio rural en suelo artificial en muchos de los municipios metropolitanos.

Ante este proceso de expansión metropolitana, se ha señalado la necesidad de reconocer y aprovechar todos aquellos recursos territoriales que permitan una ordenación racional de los desarrollos urbanos, de forma que el crecimiento urbano se produzca con el menor menoscabo posible de los recursos naturales y de los valores paisajísticos, patrimoniales e identitarios del espacio metropolitano (*La ciudad de Sevilla...*, p. 46). Sin lugar a dudas, uno de los factores que ha impedido el aprovechamiento de los recursos potenciales para la conformación de un verdadero sistema de espacios libres de carácter multifuncional ha sido la ausencia de un instrumento único de planificación para el conjunto del ámbito metropolitano. El Plan de Ordenación de la Aglomeración Urbana de Sevilla, en fase de tramitación en el momento de finalización de la presente obra, viene a paliar esta carencia en la ordenación del territorio metropolitano. A tenor de las directrices recogidas en el apartado relativo al tratamiento del espacio libre, el Plan supone un avance significativo en cuanto al reconocimiento del

Tabla 18. Evolución de la población del área metropolitana de Sevilla en el periodo 1981-2001

	Población Total (Censo)			
	Año 1981	Año 1991	Año 2001	Tasa crecimiento 1981-2001
Albaida del Aljarafe	1.598	1.670	1.956	22,40
Alcalá de Guadaíra	45.577	52.257	57.426	26,00
Alcalá del Río	8.965	9.039	9.042	0,86
Algaba (La)	11.537	12.294	13.005	12,72
Almensilla	1.550	1.807	3.368	117,29
Bollullos de la Mitación	4.046	6.031	5.224	29,11
Bormujos	4.646	5.277	11.958	157,38
Burguillos	2.800	3.180	3.690	31,78
Camas	25.574	25.501	24.966	-2,38
Carmona	22.887	23.617	25.794	12,70
Castilblanco de los Arroyos	3.502	4.045	4.547	29,84
Castilleja de Guzmán	208	360	1.870	799,04
Castilleja de la Cuesta	11.999	15.095	16.245	35,39
Coria del Río	19.954	21.928	24.040	20,48
Dos Hermanas	57.548	78.025	101.988	77,22
Espartinas	1.900	2.819	5.798	205,16
Gelves	3.516	4.081	6.767	92,46
Gerena	4.835	5.175	5.610	16,03
Gines	4.117	6.351	10.918	165,19
Guillena	7.070	7.710	8.428	19,21
Huévar del Aljarafe	2.016	2.121	2.257	11,95
Mairena del Alcor	12.647	14.832	16.821	33,00
Mairena del Aljarafe	12.672	24.556	35.833	182,77
Olivares	5.987	6.647	8.105	35,38
Palacios y Villafranca (Los)	24.349	29.522	33.045	35,71
Palomares del Río	1.207	2.494	3.742	210,02
Puebla del Río (La)	1.3742	16.377	10.499	-23,60
Rinconada (La)	18.274	21.320	29.282	60,24
Salteras	2.278	2.554	3.344	46,79
San Juan de Aznalfarache	22.465	21.790	19.340	-13,91
Sanlúcar la Mayor	7.758	9.434	10.858	39,96
Santiponce	5.822	6.304	7.099	21,93
Sevilla	645.817	683.028	684.633	6,01
Tomares	5.785	13.218	18.315	216,59
Umbrete	3.720	3.014	5.038	35,43
Utrera	38.097	43.220	45.175	18,58
Valencina de la Concepción	3.212	4.410	6.950	116,38
Villanueva del Ariscal	3.452	4.052	4.956	43,57
Villanueva del Río y Minas	5.953	6.014	5.218	-12,35
Villaverde del Río	5.847	6.450	6.377	9,06
Viso del Alcor (El)	12.762	15.083	16.333	27,98
TOTAL	1.097.691	1.222.702	1.315.860	19,87

Fuente: Banco de datos del SIMA (Sistema de Información Municipal de Andalucía); Instituto Andaluz de Estadística. Los datos corresponden a los censos de los años indicados.

Tabla 19. Evolución de los usos de suelo en el área metropolitana de Sevilla durante el período 1995 - 2003

	2003						1999						1995					
	Agrícola	forestal	pastos	improductivo	ríos y lagos	construido	agrícola	forestal	pastos	improductivo	ríos y lagos	construido	agrícola	forestal	pastos	improductivo	ríos y lagos	construido
Albaida del Aljarafe	1031	0	0	8	0	53	1.068	0	0	24	0	0	79	0	0	24	0	0
Alcalá de Guadaíra	22.640	825	1.150	750	350	2.764	25.239	510	352	495	350	1.533	23.995	510	1.700	495	20	1.487
Alcalá del Río	6.420	606	509	287	279	98	6.620	528	340	317	279	115	6.376	365	541	0	678	40
Algaba (La)	1.375	0	75	72	30	218	1.513	0	0	72	30	155	1.670	0	2	12	30	178
Almensilla	1.040	0	0	0	0	394	1.090	0	0	0	0	344	1.285	0	1	0	0	175
Bollullos de la Mitación	4.748	541	275	0	65	638	5.126	541	275	0	0	325	5.063	541	274	0	0	321
Bormujos	537	0	16	45	0	620	777	0	16	0	0	425	1.119	0	16	0	0	53
Burquillos	2.598	767	650	207	20	75	2.650	927	473	207	20	40	2.964	815	530	0	0	12
Camas	630	0	0	20	0	517	741	0	0	20	0	406	553	0	27	0	0	399
Carmona	89.444	700	1.186	96	300	666	89.571	1.000	291	96	300	234	91.507	0	0	96	0	234
Castilblanco de los Arroyos	1.536	13.479	15.431	739	564	610	9.774	13.553	7.171	1.200	103	558	4.041	18.058	7.714	0	0	2.012
Castilleja de Guzmán	33	0	0	0	0	170	22	0	0	0	0	172	7	0	0	0	0	0
Castilleja de la Cuesta	15	0	0	11	0	197	74	0	0	11	0	138	71	0	0	0	0	147
Coria del Río	4.740	197	485	75	200	502	5.567	197	285	150	0	0	5.455	197	482	150	0	0
Dos Hermanas	11.008	141	2.107	20	524	2.250	11.153	141	2.094	0	524	2.138	11.636	141	2.094	0	0	2.360
Espartinas	1.341	0	210	350	0	370	1.431	0	260	0	0	580	2.099	0	0	0	342	176
Gelves	447	19	15	5	25	140	559	0	15	46	0	31	359	0	0	0	0	0
Gerena	6.563	1.800	3.828	200	40	574	9.862	1.285	1.123	145	40	550	8.248	2.658	1.123	145	40	550
Gines	22	0	14	54	0	202	71	0	13	54	0	154	116	0	20	2	0	149
Guillena	6.323	8.058	6.426	684	532	646	7.454	8.558	4.845	644	532	636	11.587	7.850	1.713	125	532	636
Huévar del Aljarafe	4.929	347	160	261	0	67	5.095	400	8	261	0	0	4.508	0	0	0	0	0
Mairena del Alcor	5.659	54	63	50	112	1.043	5.729	54	63	50	112	973	5.653	100	98	50	112	973
Mairena del Aljarafe	682	0	0	10	0	1.080	872	0	0	0	0	90	145	0	0	0	0	967
Olivares	4.248	0	0	34	0	275	4.396	0	0	24	0	137	3.727	80	150	114	20	330
Palacios y Villafranca (Los)	10.075	0	150	285	89	352	10.516	0	150	285	0	0	703	0	150	454	0	0
Palomares del Río	856	27	4	101	10	302	1.008	27	4	77	0	184	1.104	0	0	0	0	0
Puebla del Río (La)	19.221	2.500	6.955	3.111	3.000	3.132	19.685	2.000	3.259	3.475	3.000	6.500	20.704	0	0	0	0	0
Rinconada (La)	11.061	5	128	850	155	1.764	11.878	5	100	820	145	1.015	11.549	5	100	0	30	1.535
Salteras	5.356	0	25	40	0	323	5.606	0	0	40	0	98	5.047	11	39	102	14	199
San Juan de Aznalfarache	7	0	0	0	20	388	0	0	0	0	0	415	50	0	12	0	0	287
Sanlúcar la Mayor	9.682	2.553	451	15	0	843	10.666	2.553	0	0	0	325	9.266	3.926	0	284	0	0
Santiponce	447	0	10	0	10	373	590	0	10	0	10	230	601	0	10	0	10	233
Sevilla	4.113	0	293	600	119	9.003	6.331	0	0	600	119	7.078	4.852	55	304	759	119	7.571
Tomares	28	0	0	0	0	489	91	0	0	0	0	426	84	0	0	0	0	433
Umbrete	1.011	75	19	0	0	108	1.007	82	32	0	0	92	988	82	32	0	0	88
Utrera	60.516	500	2.330	40	3.099	1.950	62.333	0	1.363	40	3.099	1.600	62.990	0	0	60	3.099	1.600
Valencina de la Concepción	1.914	0	10	58	0	537	2.183	0	0	50	0	286	1.980	0	10	2	0	344
Villanueva del Ariscal	337	0	0	35	0	99	428	0	0	43	0	17	442	0	0	26	0	17
Villanueva del Río y Minas	4.755	4.878	4.425	185	694	291	4.931	4.878	4.346	185	594	294	4.288	1.613	7.314	313	43	0
Villaverde del Río	2.522	164	1.053	29	168	167	2.616	264	877	61	168	117	3.253	280	312	117	56	180
Viso del Alcor (El)	1.516	0	15	15	0	441	1.594	0	15	15	0	363	1.688	0	29	15	0	363
TOTAL	311.426	38.236	48.468	9.342	10.405	34.731	337.917	37.503	27.780	9.507	9.425	28.774	32.1852	37.287	24.797	3.345	5.145	24.049

Fuente: Banco de datos del SIMA (Sistema de Información Municipal de Andalucía); Instituto Andaluz de Estadística. Unidades: hectáreas; datos resaltados en negrita: suma incompleta de la superficie agrícola por falta de datos relativos a algunos usos agrarios.

valor y la funcionalidad ambiental del mismo. Algunos de los elementos conceptuales expuestos en los capítulos anteriores están presentes en el nuevo documento de ordenación, entre ellos la referencia explícita a la matriz territorial como componente del sistema metropolitano, y la identificación del papel que juegan los procesos biofísicos de cara al mantenimiento de las condiciones ambientales en la aglomeración urbana. Así, el espacio libre es definido desde una óptica unitaria y sistémica, como soporte de una funcionalidad intrínseca y diversa; constituye la matriz que soporta el crecimiento y el desarrollo de las actividades urbanas, pero también es un componente activo del sistema, como elemento proveedor de servicios ecológicos. El análisis detallado de los contenidos y determinaciones del Plan queda fuera del alcance del presente trabajo, si bien es necesario señalar el interés inicial que presenta el documento de ordenación como indicador de un cambio en la forma de entender el espacio libre desde el ámbito de la planificación territorial.

Recursos potenciales para la conformación de un sistema de espacios libres metropolitano.

Un análisis inicial

Una de las mayores potencialidades de cara a la conformación de un sistema de espacios libres integrado y funcional en el plano ambiental, lo constituye el hecho de que el Área Metropolitana de Sevilla se encuentre ubicada en un contexto geográfico caracterizado por la presencia de varios espacios de elevado interés natural, que mantienen una interesante relación con el territorio de la aglomeración urbana. Podemos destacar a este respecto la



Espacios de interés natural en el Área Metropolitana de Sevilla.

Fuente: *Atlas de Sevilla Metropolitana, Territorio y actividades productivas*. Sevilla Global, 2003.

presencia, al Sur, del ámbito marismeño y la periferia del Parque Nacional y Natural de Doñana; la cercanía de este entorno de gran valor ecológico determina, por ejemplo, la presencia de especies de elevado interés ornitológico en determinados enclaves integrados en el propio espacio metropolitano, como pueden ser Tablada o el tramo final del encauzamiento del río Guadaira. Por su parte, en el límite occidental del área metropolitana se encuentra la cuenca del Guadiamar, espacio de carácter eminentemente agrícola, que actúa de forma natural como conector ecológico entre los ámbitos de Doñana y la Sierra Norte de Sevilla, y que en los últimos tiempos ha cobrado un especial interés gracias al reconocimiento de su potencial para la conservación de una

especie emblemática como es el lince ibérico; el reconocimiento de estos valores ha propiciado la declaración de parte de la cuenca como Paisaje Protegido. Por su parte, la Sierra Norte, con su característico paisaje de dehesa, constituye un tercer y último elemento natural de gran interés por su cercanía al espacio metropolitano; su valor ambiental está reconocido a través de la figura de Parque Natural. Es evidente que la ordenación del espacio libre metropolitano no debe obviar la riqueza de este contexto. La proyección del sistema de espacios libres hacia estos ámbitos exteriores, aprovechando aquellos recursos territoriales que permiten una conexión funcional y una relación armónica de los mismos con el espacio urbanizado, posibilitaría, por un lado, el mantenimiento de una transición armónica entre el ámbito metropolitano y el espacio natural, y por otro, una mejora potencial de las condiciones ecológicas del propio sistema de espacios libres.

La riqueza natural del ámbito metropolitano no se limita a su entorno. Dentro del territorio de la aglomeración urbana es posible encontrar

diversos elementos y espacios con una gran potencialidad como recursos para la articulación de un sistema de espacios libres multifuncional. Por su importancia destaca entre ellos la red fluvial, que juega un papel fundamental en la vertebración del espacio metropolitano, y que tiene en el río Guadalquivir su pilar central como eje principal de articulación del territorio metropolitano desde un punto de vista tanto ambiental como social. El cauce no urbano del río está catalogado como Lugar de Interés Comunitario (LIC) y presenta una gran potencialidad ambiental y de uso público de cara a su ordenación; por otro lado, como se ha comentado anteriormente, el Guadalquivir constituye la vía de conexión natural del ámbito con el espacio marismero y el entorno de Doñana, actuando como corredor para la penetración de una interesante avifauna en el ámbito metropolitano.

Por su parte, el río Guadaira actúa como conector natural de la unidad central con el ámbito oriental del área metropolitana; se trata de un elemento con un potente carácter identitario: utilizado tradicionalmente como espacio de recreo para los ciudadanos, cuenta con recursos patrimoniales y paisajísticos de gran interés, como los antiguos molinos aún presentes en su ribera. El encauzamiento artificial que constituye el tramo final del Guadaira, por medio del cual el río es canalizado en dirección Sur hasta desembocar en el cauce del Guadalquivir en la llamada *Corta de los Olivillos*, constituye un interesante ámbito desde el punto de vista ambiental: su cercanía a Doñana determina la existencia de enclaves de gran valor ornitológico como la Isla de los Olivillos o la Isleta, que pueden ser aprovechados como recursos para la educación ambiental y el uso público de carácter no intensivo. Por último, el arroyo Riopudio puede actuar, a través de una adecuada ordenación del espacio ribereño, como un importante factor de amortiguación del vertiginoso proceso de crecimiento urbano que afecta a la zona del Aljarafe; aparte de esta función, presenta una interesante potencialidad como espacio de uso público y como recurso para la conservación del paisaje rural tradicional del Aljarafe frente a la homogeneización territorial asociada a la proliferación de las urbanizaciones de baja densidad.

Siguiendo con los recursos territoriales de carácter lineal, habría que citar la red de caminos y vías pecuarias que recorre el espacio metropolitano. Por su extensión, su distribución, su diversidad y su carácter público, el conjunto de vías y caminos constituye un recurso fundamental para proveer conectividad a los distintos espacios verdes y áreas naturales del ámbito metropolitano. Es, por ello, un factor a tener en cuenta de cara a la configuración de una red viaria alternativa para desplazamientos no motorizados. En algunos casos, el dominio público asociado a las vías de mayor importancia (como las Cañadas Reales, con una anchura legal de 75 metros) muestra una potencialidad notable no sólo como elemento conector, sino como espacio de uso público *per se*.

En cuanto a los ámbitos que actuarían como nodos principales de una posible red metropolitana de espacios de uso público, cabe citar tanto los parques periurbanos existentes (Hacienda Porzuna, la Corchuela) y los de próxima creación, como aquellos espacios forestales que, a pesar de su origen artificial, permanecen relativamente poco alterados y que, en la mayoría de los casos, se encuentran apartados de los ámbitos más castigados por la urbanización, lo que les confiere un mayor valor ecológico. La conexión de estos espacios más externos (Pinares de La Puebla y Aznalcázar, Dehesa de Abajo) con el resto de áreas verdes metropolitanas permitiría implementar un modelo de distribución jerarquizada, tomando como base el gradiente urbano-rururbano-rural-natural.

Por último, es necesario hacer referencia al espacio rural, que constituye la matriz del territorio metropolitano y el soporte sobre el que se asientan los nuevos desarrollos urbanísticos. Más allá de su función productiva y de su importante valor paisajístico e identitario, parece necesario reconocer las funciones ecológicas que puede aportar el espacio agrícola al ámbito metropolitano, y que pueden ser potenciadas fundamentalmente a través de una adecuada integración de los usos urbanos y rurales. La valoración de sus funciones hidrológicas, climáticas o relativas a la calidad del aire es, sin duda, un paso necesario para evitar que este ámbito sea considerado meramente como un espacio potencialmente urbanizable.

Propuesta metodológica

Objetivos y bases conceptuales de la propuesta

El procedimiento metodológico que se expone a continuación pretende constituir una herramienta práctica para el análisis de la relación entre la estructura y configuración del espacio libre metropolitano y las diversas funciones ambientales que éste proporciona. Para lograr este objetivo general, se establecen una serie de objetivos específicos:

- Obtención de un diagnóstico de la funcionalidad ambiental del espacio libre en el ámbito de estudio, a través de la identificación de las principales carencias y problemáticas, así como de las potencialidades y fortalezas, de cara a la planificación urbana y territorial.
- Identificación de los espacios clave en relación a la funcionalidad ambiental y el uso público, es decir, aquellos espacios que contribuyen de forma destacada a la calidad ambiental del ámbito metropolitano y cuya preservación frente a los procesos de crecimiento urbano se debe considerar prioritaria.
- Evaluación de escenarios futuros posibles, diseñados a partir del análisis de las tendencias actuales de crecimiento urbano o de las previ-

siones contempladas en los instrumentos de planificación y ordenación del territorio. La evaluación de escenarios alternativos permitirá reconocer el impacto de las diferentes opciones de intervención en el territorio sobre la funcionalidad ambiental del espacio libre metropolitano, resultando, por tanto, útil como guía y apoyo para la toma de decisiones en los procesos de planificación.

El proceso metodológico presenta también otras potencialidades aparte de los objetivos expuestos: por ejemplo, puede constituir un instrumento útil para la monitorización del proceso de evolución de un sistema metropolitano y su comportamiento ambiental a través de su aplicación periódica, con un horizonte temporal a largo plazo; también puede ser orientado para el desarrollo de un análisis de tipo comparativo a través de la evaluación contrastada de distintos casos de estudio, correspondientes, por ejemplo, a modelos diferentes de crecimiento urbano o de planificación del espacio libre.

Antes de entrar en la descripción pormenorizada del proceso metodológico, parece necesario definir algunas de las ideas que actúan como base conceptual y metodológica de la propuesta. En este sentido, es fundamental reincidir en primer lugar en la definición de espacio libre sobre la que se asienta el proceso metodológico. Como se indicó en el primer capítulo, la perspectiva que mejor se ajusta a nuestro objeto de estudio es aquella que considera el espacio libre como el ámbito a través del cual la *matriz biofísica* aflora o emerge en el espacio metropolitano (Folch, 2003, p. 284). Desde este punto de vista, el espacio libre engloba los espacios rurales (campos de cultivo, pastizales, terrenos dedicados a la ganadería, dehesas) y naturales (masas forestales, hábitats de carácter arbustivo o herbáceo), integrados dentro del ámbito metropolitano, así como otros elementos del medio físico, fundamentalmente la red hidrológica. Se asume así una perspectiva territorial en la cual todos estos componentes se integran con el espacio construido en un todo unitario, el sistema metropolitano.

Esto, sin embargo, no quiere decir que la metodología no tenga en cuenta los espacios libres definidos a partir de una óptica, digamos, más tradicional. Los parques y jardines ubicados en el seno de los núcleos urbanos, con independencia de su grado de artificialidad y de modificación del sustrato natural, tienen un papel relevante como espacios donde la matriz biofísica se hace presente más o menos alterada en medio de un contexto fuertemente antropizado, motivo por el cual también son incorporados en el proceso metodológico. Lo mismo sucede con otros elementos del tejido urbano, como son las zonas baldías con vegetación espontánea o el arbolado viario: como integrantes de lo que podríamos denominar la *naturaleza en la ciudad*, presentan también una importante funcionalidad ambiental y, por tanto, son tenidos en consideración por el proceso metodológico.

Otro aspecto fundamental que caracteriza la propuesta metodológica, y que está ligado íntimamente a la definición de espacio libre que se ha expuesto, es la escala de trabajo asumida. Como se ha puesto de manifiesto en los capítulos anteriores, la escala a la que se manifiestan los procesos ecológicos que subyacen a la funcionalidad ambiental del espacio libre supera frecuentemente la dimensión de los límites administrativos municipales. Muchos de los espacios clave para el mantenimiento de esta funcionalidad no se encuentran en territorio netamente urbano, sino en la interfase ciudad-entorno o en el propio medio rural externo a la ciudad. Esta circunstancia obliga a adoptar una escala de estudio que trascienda los límites administrativos y se adapte a la dimensión real de los procesos analizados. La metodología debe aplicarse, por tanto, a un ámbito metropolitano lo suficientemente amplio como para englobar tanto el espacio urbanizado como el territorio libre que se encuentra vinculado estructural y funcionalmente a éste.

La dimensión espacial de los procesos, es decir, la forma en que la configuración espacial del territorio metropolitano incide en la magnitud y el alcance de los procesos ecológicos y las funciones ambientales del espacio libre, se convierte en un aspecto clave en nuestra metodología, al constituir el nexo mediante el cual se puede analizar de forma integrada las distintas variables consideradas. Por ello, la parte analítica de la metodología se centra en el cálculo de diferentes indicadores de funcionalidad a partir de una cartografía temática de base, obtenida del tratamiento de la información espacial disponible para el ámbito de estudio (cartografía temática de usos de suelo y coberturas vegetales, imágenes de satélite, etc.). La necesidad de trabajar con información espacial y diversos tipos de material cartográfico determina que la tecnología SIG sea la herramienta principal a lo largo de todo el proceso metodológico. El empleo de *software* SIG permite además aportar a la metodología dos características que, a nuestro juicio, resultan fundamentales para la consecución de unos resultados plenamente satisfactorios: por un lado, una relativa sencillez en cuanto a la aplicación del proceso, y por otro, un necesario grado de flexibilidad de cara a la adaptación del proceso a las características propias de cada ámbito de estudio.

El primero de estos aspectos resulta básico si tenemos en cuenta el habitual dinamismo de los procesos de crecimiento y transformación de los ámbitos metropolitanos. Un proceso metodológico que pretenda afrontar el análisis de una realidad tan dinámica y cambiante como la que nos ocupa, debe conjugar un cierto grado de rapidez y sencillez en su aplicación con un suficiente grado de precisión en lo que respecta a los resultados obtenidos. Evidentemente, esto implica sacrificar hasta un cierto punto el nivel de profundidad del análisis: un estudio exhaustivo y en detalle de cada una de las

funciones ambientales consideradas resultaría, sin duda, de enorme interés de cara al conocimiento del comportamiento ambiental del sistema urbano, pero exigiría un coste material y temporal excesivo de cara a la aplicación efectiva de los resultados de la investigación en los procesos de toma de decisiones y de ordenación del territorio metropolitano. Por ello, no es objeto de la metodología propuesta llevar a cabo un estudio pormenorizado de los procesos implicados, sino obtener una valoración de la magnitud de estas funciones y una evaluación de cómo diferentes opciones de planificación pueden incidir en ellas. El compromiso entre sencillez y eficacia se ha buscado a través de la selección de un conjunto reducido de indicadores capaces de sintetizar, a partir de cálculos no excesivamente complejos, una gran cantidad de información relevante de cara a la planificación de espacio libre. La relativa simplicidad del proceso resultante hace que no sea necesario un gran nivel de conocimiento técnico por parte del usuario final, lo cual es un factor importante en cuanto a las posibilidades reales de aplicación de la metodología en la gestión y ordenación de espacios metropolitanos.

La otra característica básica que se ha buscado en la elaboración de la metodología es, como se ha mencionado, la flexibilidad: una componente necesaria para dotar al método de un carácter prácticamente universal, es decir, aplicable a un amplio espectro de casos de estudio. Por ello, el proceso metodológico presenta un carácter abierto, modificable en función de la disponibilidad de recursos y de las características propias de cada ámbito de aplicación.

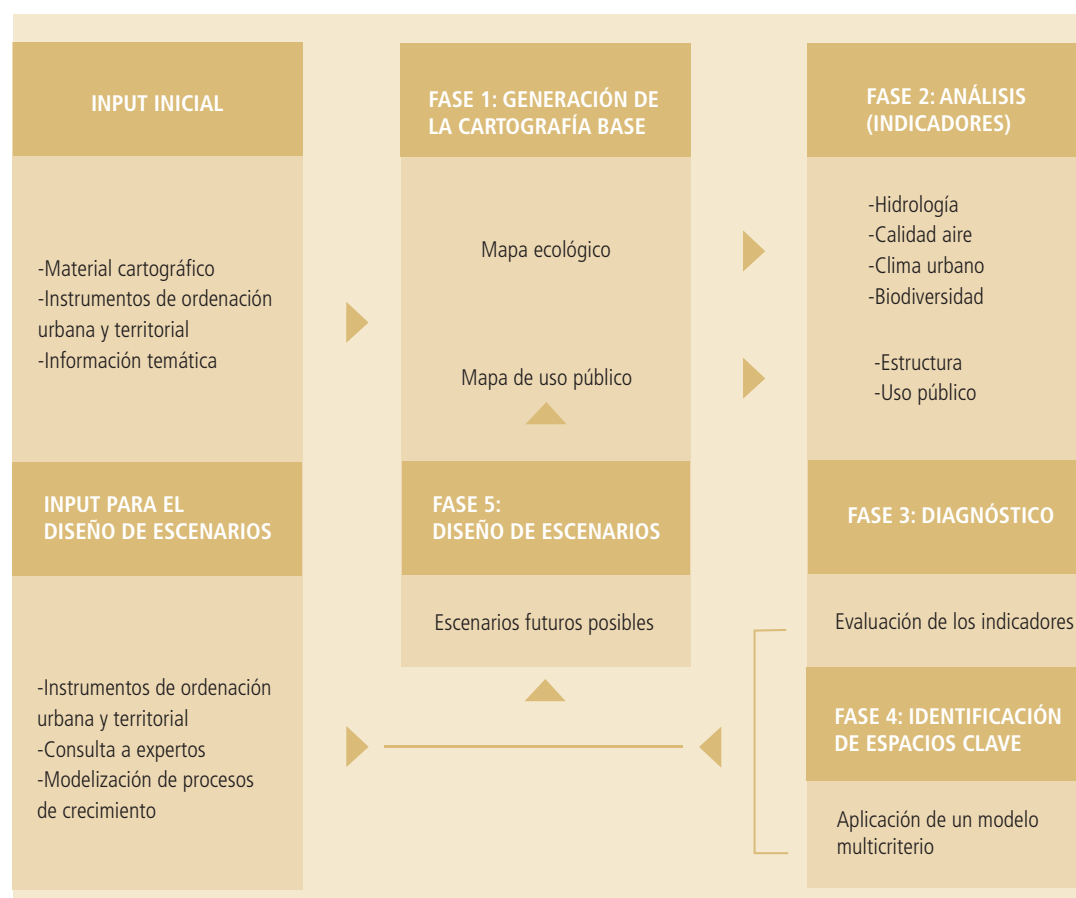
En el apartado siguiente se describe el proceso metodológico a través de una breve descripción de cada una de las etapas que lo componen; se trata, en cualquier caso, de un desarrollo inicial de la propuesta, que debe

ser perfeccionada y completada a través de su aplicación a un caso de estudio real. Por este motivo, se ha decidido llevar a cabo una evaluación de la viabilidad de aplicación de la metodología al ámbito que se ha tomado como referencia para el diseño y la implementación inicial de la propuesta, el Área Metropolitana de Sevilla. Mediante esta valoración previa de las potencialidades del proceso metodológico, se pretende desarrollar una reflexión sobre las principales problemáticas que es posible encontrar durante su puesta en práctica, así como los beneficios y ventajas previsiblemente ligados a su aplicación.

Descripción del proceso metodológico

El esquema inferior recoge de forma esquemática la secuencia del proceso metodológico. Como se puede observar, el procedimiento consta de cinco fases principales de trabajo, si bien la última de estas fases vuelve a conectar con la primera, dotando al proceso de un carácter cíclico. De forma resumida, el proceso se puede describir como sigue. En primer lugar, durante la primera fase se lleva a cabo la síntesis de la cartografía de base,

sobre la cual se desarrollará posteriormente el análisis de las funciones ambientales; los componentes principales de esta cartografía son un mapa ecológico y un mapa centrado en el sistema de espacios de uso público desde el punto de vista de la planificación. En el primero de ellos se representarán los principales hábitats del espacio metropolitano, abarcándose todo el territorio libre del ámbito de estudio; este mapa servirá como base para los análisis de tipo ambiental. En el segundo mapa, la representación se centra en el espacio libre cata-



Representación esquemática del proceso metodológico.

logado por la planificación como de uso público, y servirá de base para el estudio del sistema desde un punto de vista tanto estructural como relativo a la funcionalidad social de espacio.

La segunda fase consiste en el análisis de la cartografía a través de la aplicación de un conjunto de indicadores específicos, relativos a los diferentes aspectos de la funcionalidad del espacio libre. La evaluación de dichos indicadores se lleva a cabo en la tercera fase, mediante la comparación de los resultados obtenidos con una serie de valores de referencia, que pueden ser estándares, niveles recomendados por instituciones y expertos, u objetivos preestablecidos.

La cuarta fase comprende la identificación de espacios que presentan un alto grado de funcionalidad, y que deben ser preservados de la urbanización para el mantenimiento de unos niveles adecuados de calidad ambiental. Estos espacios clave son reconocidos tomando como base el análisis de las diferentes funciones ambientales llevado a cabo en la fase dos, a partir del cual se aplica un modelo multicriterio en el que se otorga un valor específico a cada parte del territorio metropolitano según su capacidad para proveer cada uno de los servicios ambientales considerados.

La quinta fase se centra en el diseño de posibles escenarios futuros para el ámbito de estudio. Se parte de los resultados obtenidos en las fases tercera y cuarta, y se toma en consideración otra serie de *inputs*, como son las determinaciones de los instrumentos de planificación, la opinión de expertos sobre tendencias y procesos de crecimiento en el área, o la aplicación de modelos de evolución del sistema urbano. Una vez definidos los escenarios, se vuelve a repetir el proceso metodológico (fases 1-4) para cada uno de ellos, con objeto de evaluar los posibles efectos que las distintas alternativas tendrían sobre la funcionalidad ambiental. Como referencia para la evaluación de los escenarios se toma el diagnóstico de la situación presente obtenida en la tercera fase.

En los apartados siguientes se profundiza en la descripción de cada una de las fases del proceso metodológico.

Fase 1: elaboración de la cartografía de base para el análisis.

Como se ha indicado, esta primera etapa del proceso metodológico tiene como objetivo la síntesis de la cartografía de base para el posterior análisis de la funcionalidad ambiental del espacio libre. Dos son los principales productos de esta tarea: un mapa ecológico y un mapa del espacio libre de uso público.

El mapa ecológico representa los hábitats que componen el espacio libre metropolitano. El ámbito abarcaría lógicamente todo el territorio del área metropolitana sometida a estudio, incluyendo el espacio natural y rural. Para ello, se ha decidido optar, tomando como ejemplo el trabajo de Freeman y Buck (2003), por una clasificación *fisionómica* de los hábitats,

estableciéndose tres niveles de detalle adaptados a los requerimientos de diferentes tipos de análisis. En un primer nivel, las categorías consideradas atenderán sólo a los rasgos principales de los hábitats, lo que permite diferenciar, por ejemplo, entre áreas boscosas, de matorral o herbáceas. Un segundo nivel permite identificar con mayor detalle la estructura de formaciones vegetales, diferenciándose, por ejemplo, entre bosques perennifolios y caducifolios, diferentes tipos de matorral, etc. El tercer nivel de detalle llegaría a ofrecer información a nivel de especies. A partir de esta clasificación, el mapa de hábitats puede ser utilizado como base para la definición de unidades ecológicas en el área, definidas como zonas continuas de una extensión mínima donde predomine uno de los hábitats en una proporción suficiente. Para la definición de unidades ecológicas se puede tomar como modelo de referencia los criterios utilizados por Marull y Mallarach para el área metropolitana de Barcelona (2005).

El proceso de síntesis de la cartografía ecológica dependerá fundamentalmente de la información de partida disponible para el caso de estudio. La disponibilidad para el ámbito de una cartografía de coberturas vegetales será de gran utilidad para la elaboración del mapa de hábitats; los limitantes con respecto a esta información de partida serán principalmente el grado de actualización de dicha cartografía (importante, debido al dinamismo habitual de las transformaciones de los usos de suelo en los ámbitos metropolitanos) y la escala, que en ocasiones puede ser menor de la requerida para el trabajo en un ámbito metropolitano. La escala final de trabajo dependerá del tamaño del área; por ejemplo, en el caso de la ciudad neozelandesa de Dunedin (Freeman y Buck, 2003), se ha elaborado cartografía ecológica de detalle, a escala 1:3.000 (general) y 1:1.500 (áreas específicas), para un ámbito pequeño (la población total es de 120.000 habitantes); en cambio, el mapa ecológico de Barcelona (Burriel *et al.*, 1998), que abarca el término municipal completo de la capital catalana, se ha elaborado a una escala aproximada de trabajo de 1:8.000, para un ámbito mucho mayor, con una población de aproximadamente 1,5 millones de habitantes (Censo 2001, INE). Por su parte, para la elaboración del mapa ecológico diseñado para el análisis de la conectividad en el conjunto del ámbito metropolitano de Barcelona (Marull y Mallarach, 2005) se ha utilizado una escala de trabajo de 1:25.000, para un ámbito de 4,2 millones de habitantes y 3.200 Km² de extensión. La escala de trabajo para el ámbito metropolitano de Sevilla se acercaría probablemente más a la utilizada en el caso de la aglomeración catalana. El proceso de síntesis de la cartografía puede consistir esencialmente en una reclasificación del mapa de usos de suelo, corregido con información obtenida a partir de fotografía aérea y trabajo de campo, como se ha hecho con el mapa ecológico municipal de Barcelona; o bien en un trabajo más completo, como en el caso del mapa

metropolitano de Barcelona, que integra la interpretación de ortofotografías a color e infrarrojo, el trabajo de campo y el tratamiento de cartografía urbana y de infraestructuras. Otra opción alternativa sería el tratamiento de imágenes de satélite, que permite un mayor grado de precisión y automatización en la identificación de los hábitats metropolitanos; no obstante, esta técnica puede ocasionar ciertos problemas en la delimitación de unidades dentro de los espacios más intensamente urbanizados.

Por su parte, el mapa de uso público representaría la fracción del espacio libre que está destinada al uso público y que aparece recogida en la planificación como zonas verdes, parques, áreas ajardinadas, etc. Al igual que en el caso anterior, la escala dependerá de las dimensiones del espacio de estudio. La información de partida para la elaboración de esta cartografía se obtendría básicamente en los diferentes instrumentos de ordenación urbana y territorial con incidencia en el ámbito. Los espacios deben ser clasificados en función del tipo o tipos de uso que presentan. Las categorías a considerar en un momento inicial serían: *uso recreativo intensivo* (zonas de juegos infantiles, zonas de restauración), *uso recreativo extensivo* (realización de senderos, contacto con la naturaleza), *actividades deportivas* (instalaciones especializadas), *actividades de educación ambiental* (materiales educativos, instalaciones, elementos pedagógicos en el diseño y ordenación del parque), *actividades culturales* (presencia de elementos patrimoniales, instalaciones específicas para música, teatro o espectáculos), *actividades productivas y de carácter comunitario* (huertas comunes, reciclaje de aguas, producción de madera, etc.). Cada espacio puede ostentar, evidentemente, varias de estas categorías de forma simultánea. Se incorporará además al mapa la representación de otros elementos territoriales que de forma efectiva o potencial ejercen una funcionalidad relacionada con el uso público del espacio libre, como pueden ser los caminos rurales o las áreas pertenecientes al dominio público hidráulico.

Ambos mapas servirán como base para el análisis de funcionalidad desarrollado en la fase siguiente de trabajo. Sin embargo, poseen también un valor intrínseco como producto del proceso metodológico, en la medida en que pueden ser utilizados como material de base para realización de otro tipo de estudios, por ejemplo, de índole paisajística, o simplemente como un elemento de reflexión sobre la realidad del ámbito metropolitano en cuestión.

Fase 2: análisis de la funcionalidad del espacio libre. La fase de análisis se centra fundamentalmente en la aplicación de indicadores cuantitativos sobre la cartografía de base elaborada en la etapa anterior, si bien incluye también el análisis cualitativo de algunos aspectos de la funcionalidad del espacio libre. Se definen dos conjuntos de parámetros a analizar: el primero, relativo a la funcionalidad estrictamente ambiental del espacio libre, que será estudiado a partir del mapa ecológico; y el segundo,

relacionado con la funcionalidad social del espacio libre, que será estudiado a partir del mapa de uso público.

La finalidad de los indicadores es evaluar de forma individualizada cada uno de los aspectos que conforman la multifuncionalidad ambiental del espacio libre. El nexo que vincula a los diferentes indicadores seleccionados es, como se ha señalado, el hecho de que parten de la utilización de la información espacial como *input* básico para su cálculo. Ello permite una fácil integración de los diferentes indicadores utilizados en el proceso metodológico, ya que, partiendo de una misma cartografía de base, se puede obtener una valoración para los distintos parámetros objeto de estudio, y mediante la modificación de dicha cartografía (para simular, por ejemplo, distintos escenarios futuros de desarrollo), se pueden evaluar simultáneamente las consecuencias de los cambios en los usos de suelo sobre las diferentes funciones ambientales consideradas. La división de los indicadores en dos subgrupos, ambientales y relativos al uso público, se justifica, como se verá, por la propia naturaleza de los parámetros abordados en cada caso, que obliga a trabajar sobre una base cartográfica diferente.

Indicadores ambientales. Los indicadores propuestos para el análisis de la funcionalidad ambiental se basan fundamentalmente en el tratamiento de la información espacial relativa a los hábitats y usos de suelo del territorio metropolitano, que ha sido sintetizada en el mapa ecológico. Se proponen de forma complementaria otra serie de parámetros opcionales a tener en cuenta, dependientes en buena medida de la información disponible para el ámbito de estudio en cuestión. Como se ha mencionado, se propone también un análisis de tipo cualitativo en aquellos casos en los que esta opción resulte la más eficaz para la valoración del parámetro considerado.

Muchos de los indicadores citados a continuación han sido abordados con mayor profundidad en el capítulo anterior, por lo que la descripción que se hará de los mismos tendrá un carácter sintético.

- Funciones relacionadas con la hidrología

Indicador de escorrentía superficial: la escorrentía superficial se puede calcular por el método de los números de curva (ver USDA NRCS, 2004) u otro similar. La información de partida, aparte de la proporcionada por el mapa ecológico sobre el uso y cobertura vegetal del suelo, consiste en información sobre la precipitación en el ámbito de estudio y la edafología, información disponible a través de la administración ambiental correspondiente.

Indicador de contaminación difusa: a partir del cálculo de la escorrentía superficial, se propone aplicar un modelo de contaminación difusa, como el propuesto por Badhuri y otros (2000) u otro similar. Se utilizará como referencia alguno de los estudios existentes en relación a la acumulación de contaminantes ambientales en los diferentes tipos de uso del suelo (ver Badhuri *et al.*, *ibid.*).

Indicadores opcionales: si está disponible, puede ser muy útil incorporar al análisis información sobre la calidad de las aguas en cauces o masas de agua ubicadas en el contexto metropolitano. Asimismo, resultan de gran interés de cara al análisis del estado ambiental de la red hidrológica los índices relativos a la calidad de la vegetación de ribera. En ambos casos se puede estudiar la vinculación entre la red hidrológica y las funciones relacionadas con la biodiversidad. Algunos indicadores de referencia en este sentido son, por ejemplo, los denominados BILL (Prat *et al.*, 1983), QBR (Munné *et al.*, 1998) o IVF (Agència Catalana de l'Aigua, 2001; todos ellos citados por Marull y Mallarach, 2005, p. 260).

- Funciones relacionadas con la calidad del aire

Indicador de captación de carbono atmosférico: para el análisis de este parámetro, se propone tomar como base la metodología desarrollada por Whitford y otros (2001) a partir del trabajo de Rowntree y Nowak (1991). El *input* para el cálculo del indicador es el porcentaje de cobertura arbórea en el ámbito de estudio, que puede ser obtenido a partir del mapa de hábitats. De forma complementaria, si existe información disponible al respecto, se puede estimar la producción de C en el área metropolitana, como referencia para la evaluación de esta funcionalidad ambiental.

Estimación del IAF para el ámbito de estudio: como se indicó en el capítulo anterior, el IAF puede actuar como indicador de la capacidad potencial del espacio libre para la mejora de la calidad del aire en los ámbitos urbanos. El método básico propuesto para el cálculo del indicador consiste en otorgar a cada tipo de hábitat un valor promedio de IAF, en función de los datos obtenidos por alguno de los estudios previos existentes; así, se puede partir de la tabla de equivalencias ofrecida por el proyecto URGE (2004) en su Catálogo Interdisciplinar de Criterios (ICC), o bien de alguna referencia similar. Otra opción, que permite obtener unos resultados más precisos, es el tratamiento de imágenes de satélite, siguiendo, por ejemplo, la metodología propuesta por Green y Clark (2000; citado por Ong, 2003, p. 205).

- Funciones relacionadas con la regulación del clima

Indicador de temperatura urbana en función de la cobertura del suelo: se propone aplicar el método planteado por Whitford y otros (*ibid.*) u otro similar para estimar la influencia en la temperatura urbana de la proporción entre suelo construido, suelo desnudo y zonas con vegetación. La información básica se obtiene de la reclasificación del mapa ecológico. El modelo matemático empleado requerirá, además, información sobre la configuración espacial del ámbito de estudio y sus características meteorológicas.

Estimación del IAF: como en el caso de la calidad del aire, el IAF puede actuar como indicador de la influencia del espacio libre en el clima urbano mediante la evapotranspiración. Si se dispone de información relativa a la distribución espacial de la temperatura en éste ámbito, puede ser de gran

interés un análisis de contraste entre la distribución del IAF y la distribución de la temperatura en el ámbito de estudio. La cartografía de la temperatura urbana puede ser obtenida a través del tratamiento de imágenes de satélite.

Indicador opcional: el efecto isla de calor urbana puede ser cuantificado de forma simplificada, a partir de la información relativa a la abundancia de espacios libres, mediante una fórmula como la propuesta por Kim (1989) para Seúl, o bien mediante alguna otra expresión de naturaleza similar. Sin embargo, como se indicó en el capítulo anterior, es necesario comprobar el grado de fiabilidad y de universalidad de este tipo de indicadores.

- Funciones relacionadas con la biodiversidad

Análisis cualitativo de la calidad de los hábitats metropolitanos. El estudio de los hábitats metropolitanos y su interés de cara al mantenimiento de la biodiversidad urbana debería desarrollarse principalmente desde un punto de vista cualitativo, dado que depende en gran medida de las características ecológicas de cada ámbito de estudio. Se trata, además, de un aspecto difícil de cuantificar de forma efectiva: en este sentido, se podría establecer una clasificación del tipo de hábitats presentes y estudiar la proporción que representa cada uno de ellos con respecto al total del espacio libre, o hacer un análisis de diversidad; sin embargo, ni el número total de hábitats ni tampoco la existencia de una determinada distribución son necesariamente buenos indicadores de la calidad ecológica del ámbito. Se propone por ello una reflexión de carácter cualitativo, en la cual se tengan en cuenta, al menos, los siguientes aspectos: valoración de la presencia de hábitats de carácter autóctono, representativos del contexto geográfico y cultural, raros, o relevantes para la preservación de especies de flora y fauna de especial interés; evaluación del estado de conservación de dichos hábitats e identificación de las principales amenazas y procesos de cambio; y valoración de las figuras de protección definidas por los instrumentos de planificación con incidencia en el ámbito de estudio.

Análisis de conectividad ecológica: en este caso, sí es posible desarrollar un análisis más sistematizado, orientado a la obtención de un mapa de conectividad ecológica y al cálculo, a partir de éste, de un índice de conectividad. Se aplicará para ello una metodología basada en los planteamientos de la ecología del paisaje, como la propuesta por Marull y Mallarach (2005), o bien alguna metodología similar basada en alguno de los numerosos tratados sobre la materia (ver, por ejemplo, Forman y Godron, 1986; Farina, 1998; Burel y Baudry, 2002). El análisis general de la conectividad debe asumirse como una aproximación general, dado que, en la práctica, el territorio presenta un grado de conectividad diferente para cada especie considerada de forma individual. De forma opcional, sería posible testar la conectividad ecológica del ámbito en relación a una o varias especies que resulten de especial interés en el contexto de estudio.

Análisis estructural: aparte del indicador de conectividad, resultaría interesante la obtención de indicadores de tipo estructural, relativos a la fragmentación y el aislamiento de los espacios libres ubicados específicamente en el seno del tejido urbano. Estos indicadores dan una idea del papel ecológico que pueden jugar las zonas verdes urbanas para el mantenimiento de la biodiversidad en el núcleo de la metrópoli. La fragmentación del espacio puede ser útil como fuente de información de cara a un análisis relacionado con la cuestión SLOSS, ya que permite identificar si la distribución del espacio libre corresponde a un modelo dominado por unos pocos espacios de gran tamaño, o bien a un modelo compuesto predominantemente por un amplio conjunto de espacios de pequeño tamaño. Para el análisis de la fragmentación, se propone utilizar un índice promedio de forma, como el propuesto por URGE (2004). Por su parte, el aislamiento de los espacios urbanos es un factor clave de cara a las posibilidades de dispersión de especies, en un contexto en el que la conectividad suele ser nula o muy reducida; para cuantificar este parámetro se propone la aplicación de un índice promedio de la distancia entre espacios (URGE, 2004). A diferencia del análisis de conectividad, realizado para el conjunto del territorio metropolitano, estos dos últimos indicadores estructurales deben ser aplicados de forma restrictiva al sector del ámbito de estudio constituido por el tejido netamente urbano, descartando el espacio rural y natural de la periferia (donde no tendría sentido hablar de fragmentación y aislamiento, dado que el espacio libre pasa a constituir la matriz del paisaje).

Estructura y uso público. Se proponen cuatro factores diferentes a analizar a partir del mapa de espacios libres. Los dos primeros, la disponibilidad de zonas verdes y su accesibilidad, son habituales, pero en cualquier caso imprescindibles, para el análisis de la funcionalidad social del espacio libre; el tercero, de conectividad, atiende a la funcionalidad territorial del espacio libre como sistema de desplazamiento alternativo para los ciudadanos; el cuarto y último, relativo a la calidad ambiental, permite analizar la relación entre el sistema de uso público y la calidad ecológica del espacio libre metropolitano, en la línea de lo expuesto en el capítulo tercero en relación con la dimensión ambiental del uso público.

Análisis de disponibilidad: se trata de un análisis básico orientado a caracterizar la abundancia relativa de espacios libres de uso público en el ámbito metropolitano. Se utilizarán dos indicadores: el cálculo de la superficie total de espacio libre por habitante, y la proporción de superficie de espacio libre en relación con la superficie construida.

De forma opcional, se podría repetir el análisis de disponibilidad de forma específica para cada uno de los tipos de uso considerados en el mapa de uso público. Esta opción permitiría reconocer deficiencias y carencias

con respecto a determinadas funciones del espacio, que podrían quedar enmascaradas en un análisis global.

Análisis de accesibilidad: el objetivo es dar una medida indirecta de la abundancia y la adecuación de la distribución de los espacios libres de uso público en el tejido urbano. Se parte de la realización de un *buffer* sobre el mapa de espacios libres, tomando una distancia de 500 metros alrededor de cada espacio, es decir, la distancia aproximada recorrida por un peatón en un tiempo de cinco minutos (URGE, 2004); se pueden adoptar como referencia otros valores propuestos por diferentes instituciones o instrumentos de ordenación. Posteriormente se analiza el porcentaje del tejido urbano cubierto por el ámbito de influencia del sistema de espacios libres. Si se combina esta información con una cartografía de usos de suelo en la que se definan las áreas residenciales, se puede estimar el porcentaje de zonas residenciales cubiertas por el ámbito de influencia. Si además se dispone de información relativa a la distribución espacial de la población, se puede realizar una estimación del porcentaje de población urbana que tiene acceso directo a zonas verdes de uso público.

Análisis de conectividad: se propone la obtención de un índice de conectividad de los espacios de uso público basado en el número de conexiones existente para cada espacio. El índice de conectividad puede tomar como referencia el método propuesto por URGE (2004), basado en el cálculo del promedio de conexiones de los espacios de mayor tamaño, o en la expresión definida por Whitford y otros (2001), en la que se obtiene un valor de conectividad para el conjunto del sistema. De forma complementaria, se podrían identificar los espacios que quedan aislados en la trama urbana, así como los elementos potenciales de conexión para la integración de los espacios aislados o para la mejora general de la conectividad del sistema.

Análisis de calidad ambiental: a partir de la superposición de los mapas ecológicos y de uso público, se propone realizar una valoración cualitativa de la calidad ambiental de los espacios de uso público, mediante la identificación de los tipos de hábitat asociados a los diferentes espacios y el cálculo de su importancia relativa en el conjunto del sistema. De forma paralela, se podría realizar este mismo análisis de forma diferenciada para cada tipo de uso, lo que permite establecer un vínculo entre el tipo de funcionalidad pública y la calidad ecológica del ámbito. Asimismo, es posible plantear un análisis similar pero relacionando calidad de hábitat con el tamaño del espacio y con el tipo de uso de suelo circundante.

El conjunto de estos análisis, basados en la combinación de los dos mapas de base, puede servir como punto de partida para la reflexión sobre la interrelación entre tamaño, funcionalidad, localización y calidad de hábitat, pudiendo analizarse así la existencia de un gradiente funcional y

ambiental a través del sistema de espacios libres, en la línea de lo propuesto por Hough (1998; ver pág. 48 del presente trabajo).

Fase 3: evaluación. Los resultados de tipo cuantitativo son evaluados mediante su comparación con valores de referencia preestablecidos. Dichos valores pueden corresponder con estándares legales o estándares recomendados por instituciones o expertos; asimismo, se puede utilizar como referencia los resultados obtenidos para otros casos de estudio a través de alguna metodología similar. Otra opción es el establecimiento de objetivos de calidad ambiental: mediante la comparación de los resultados obtenidos con los objetivos preestablecidos, se pueden identificar tanto los aspectos en los que se cubren las expectativas como aquellos que quedan por debajo de los niveles perseguidos y que, por lo tanto, deben adquirir un papel prioritario de cara a futuras intervenciones.

Cabe la posibilidad de que la metodología se aplique de forma simultánea a diferentes ámbitos de estudio. Se puede realizar entonces una evaluación comparativa de los resultados obtenidos para cada caso, lo cual resulta especialmente revelador de cara a analizar la forma en que diferentes modelos de planificación del espacio libre afectan a los distintos parámetros analizados. Otra opción es la aplicación periódica de la metodología, a largo plazo, a un mismo ámbito de estudio; en este caso, los valores obtenidos en el primer estudio actúan como referencia para evaluar la evolución de los parámetros estudiados en función de la evolución del sistema metropolitano.

Fase 4: identificación de espacios clave. En esta fase de trabajo se persigue la identificación, mediante la aplicación de un modelo de análisis multicriterio, de los espacios que contribuyen de forma destacada a la provisión de cada una de las funciones consideradas, y que, por tanto, son merecedores de una atención prioritaria en lo que respecta a su preservación frente a los procesos de crecimiento urbano.

Partiendo del tratamiento de la cartografía de base, se desarrolla un análisis de potencialidad ambiental y de uso público para el conjunto del territorio metropolitano; las diferentes funciones son evaluadas a partir de los siguientes parámetros:

- Funcionalidad ambiental

- *Funcionalidad hidrológica:* se valora el grado de impermeabilización del suelo y la presencia de vegetación. La combinación de ambos factores permite generar una capa temática donde obtienen un mayor valor aquellos espacios que aportan una mayor función reguladora al ámbito metropolitano.

- *Funcionalidad relativa al clima y a la calidad del aire:* ambas funciones son analizadas de forma simultánea a partir de una reclasificación del mapa ecológico para obtener una representación cartográfica del IAF. Se asignará un valor a cada espacio en función de su valor de IAF.

- *Funcionalidad relativa a la biodiversidad:* mediante la reclasificación del mapa ecológico, se crea una nueva capa temática en la que se otorga un valor diferente a cada uno de los tipos de hábitat existentes, en función de su relevancia relativa de cara al mantenimiento de la biodiversidad. En general, los hábitats de carácter autóctono, raros, representativos o necesarios para la protección de especies de especial interés, tendrán una mayor valoración que el resto.

- Uso público

- *Accesibilidad:* la reclasificación del mapa de uso público permite generar una nueva capa temática donde se otorga un valor a cada punto del espacio en función de su proximidad a los elementos actuales o potenciales de conectividad.

- *Distancia a otros espacios:* de forma similar al caso anterior, cada punto del espacio obtiene un valor, mayor cuanto más elevada sea la distancia al espacio de uso público más próximo; la incorporación de esta capa temática al análisis multicriterio permite contrarrestar posibles tendencias a la concentración de los espacios de uso público.

- *Calidad ambiental:* a partir de la reclasificación del mapa de hábitats, se otorga un valor determinado a cada tipo de hábitat existente. La valoración no sigue los mismos criterios que en el caso de la biodiversidad, dado que, por ejemplo, un espacio de gran valor ecológico puede no ser considerado adecuado para el uso público, y viceversa. La valoración de los diferentes hábitats variará en función del tipo de uso que se quiera priorizar; por ejemplo, determinados hábitats de carácter representativo pueden ser muy adecuados para actividades de educación ambiental, pero no tanto para usos de tipo intensivo.

Del proceso descrito de tratamiento de cartografía de base obtenemos como resultado un conjunto de capas temáticas, cada una de las cuales representa un criterio de valoración de la funcionalidad del espacio libre. El siguiente paso es la integración de las diferentes capas, a fin de obtener una valoración global de las potencialidades del conjunto del espacio metropolitano. La ponderación de las diferentes capas se lleva a cabo otorgándose un peso específico a cada criterio. La ponderación dependerá fundamentalmente de los aspectos que se considere necesario priorizar en función del caso de estudio concreto; por ejemplo, si en la fase de evaluación se identifica un déficit en lo que respecta al mantenimiento de la biodiversidad urbana, será necesario dar un mayor peso en la ponderación a la capa que representa este criterio, con objeto de resaltar aquellos espacios del ámbito con una mayor potencialidad para la biodiversidad.

Fase 5: diseño y evaluación de escenarios. El objetivo de esta fase del proceso metodológico sería la elaboración de diferentes escenarios que representen posibles situaciones futuras, a fin de que puedan ser eva-

luadas y comparadas con la situación actual. Un *input* básico para el diseño de los escenarios es precisamente el diagnóstico obtenido en la fase 3, así como las potencialidades detectadas en la fase 4: a partir de los resultados de ambas etapas del proceso metodológico se reconocen, por un lado, cuáles son las carencias actuales del sistema, y por otro, los espacios óptimos para la potenciación de las funciones que se muestran más débiles. Estos datos pueden ser utilizados para sintetizar un escenario que mejore potencialmente la situación actual.

Existen otra serie de *inputs* que pueden ser tenidos en cuenta para la síntesis de los escenarios:

- *Planificación urbana y territorial*: las determinaciones de los diferentes instrumentos de ordenación urbana y territorial con incidencia en el ámbito de estudio constituyen una referencia básica para definir la evolución futura del sistema metropolitano.

- *Consulta a expertos*: la opinión de urbanistas y responsables de planificación, así como de actores sociales y ambientales —asociaciones de ciudadanos, organizaciones ecologistas—, resulta de gran valor para identificar dinámicas y tendencias que afectan a la configuración del espacio libre; también es útil de cara a identificar necesidades, problemas y soluciones.

- *Aplicación de modelos de crecimiento urbano*: esta opción presenta como principal interés la posibilidad de automatizar esta fase del proceso metodológico. Permite, además, simular diferentes dinámicas de crecimiento urbano y evaluar de forma comparada las implicaciones de cada una de ellas sobre la funcionalidad ambiental del espacio libre. Un ejemplo de este tipo de aplicación es el proyecto BUGS (*Greencluster*, 2004), que incorpora dentro del proceso metodológico el desarrollo de dos modelos de crecimiento urbano: uno basado en la simulación de procesos de *urban sprawl*, y otro relacionado con la formación de áreas metropolitanas policéntricas. El principal inconveniente de esta aproximación está ligado al grado de complejidad que se añade a la metodología. Por otra parte, es necesario evaluar de forma crítica la precisión que pueden alcanzar este tipo de modelos, es decir, la capacidad de predicción de los modelos con respecto a la evolución real de los sistemas urbanos.

Una vez definidos los diferentes escenarios alternativos, se procederá a repetir el proceso metodológico para cada uno de ellos. En la fase 1, la cartografía de base se modifica de forma específica en función de los requisitos de cada escenario. En la fase 2, se analizan de forma independiente cada una de las alternativas. Finalmente, en la fase 3, se evalúan de forma comparada los resultados analíticos, determinando el impacto relativo de cada escenario sobre cada una de las funciones ambientales, y comparando las distintas situaciones posibles con el diagnóstico previamente obtenido para la situación actual.

Cabe señalar que, a nuestro juicio, parece innecesario incorporar al proceso metodológico una valoración cuantitativa global de cada uno de los escenarios: aunque sería posible otorgar un valor numérico a cada una de las alternativas, esta opción supondría una excesiva simplificación; por ejemplo, una puntuación global elevada para un escenario podría enmascarar determinadas carencias en relación a algunos parámetros concretos. La reflexión sobre el conjunto de resultados obtenidos para cada escenario, y no sobre un único valor numérico, posibilita en cambio la evaluación pormenorizada de los pros y contras asociados a cada alternativa.

Análisis inicial de la viabilidad de la aplicación de la propuesta metodológica al ámbito metropolitano de Sevilla

Un examen inicial del ámbito de estudio permite, por un lado, reconocer las potencialidades que hacen que el espacio tenga interés de cara a la puesta a prueba de la metodología, y por otro, identificar aquellos aspectos que puedan resultar en principio problemáticos y que exigen de entrada un especial esfuerzo para a la implementación de la propuesta.

Entre los aspectos que pueden presentar una mayor complicación de cara a la aplicación del proceso metodológico destacaría la delimitación del ámbito de estudio. Como se sabe, existen diferentes criterios que pueden ser tenidos en cuenta para la definición de los límites de un área metropolitana. En el caso sevillano, se puede partir, por ejemplo, del ámbito administrativo definido por el Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Sevilla; o bien del ámbito funcional determinado por la aplicación de una metodología basada en la movilidad residencia/trabajo, tal y como han llevado a cabo Feria y Susino (2005). Sin embargo, de cara a un estudio de naturaleza ambiental, no existe una metodología ni un criterio claro de delimitación del espacio metropolitano desde un punto de vista de la funcionalidad ecológica.

La realidad ecológica correspondería más a un continuo urbano-rural, a través del cual tienen lugar determinados gradientes ambientales, que al establecimiento de unos límites espaciales precisos como los que se desprenden de la mera agregación de términos municipales vinculados desde un punto de vista administrativo o socioeconómico. Como se ha mencionado anteriormente, la dimensión de los diversos procesos ecológicos que subyacen a la funcionalidad ambiental no se adapta a los límites administrativos, lo que, aparte de plantear una mayor dificultad a la hora de definir el ámbito de estudio, puede hacer más problemática la aplicación de los resultados de la investigación, dado que, con toda seguridad, las propuestas y criterios de ordenación surgidos de la aplicación de la metodología

afectarán a más de un municipio metropolitano, e incluso a municipios no integrados dentro del ámbito administrativo de la aglomeración urbana.

Un ejemplo de aproximación a la delimitación del ámbito de trabajo de forma independiente de los límites municipales lo constituye la metodología contemplada por el proyecto Murbandy/Moland (2002). En este caso, se identifica en primer lugar el espacio continuo urbanizado que constituye el núcleo del ámbito metropolitano, y se define a continuación un área periférica a su alrededor, mediante un *buffer* de radio proporcional a las dimensiones del espacio construido. A nuestro entender, los límites asignados tienen un carácter en cierto modo arbitrario, que no respeta la transición gradual entre el espacio urbano y el espacio rural. El espacio rural incorporado dentro del ámbito metropolitano no es incluido tomando como criterio su valor intrínseco, ni sus vínculos ecológicos con el medio urbanizado: su inclusión o no en el ámbito de estudio depende únicamente de la extensión del espacio construido.

Por motivos prácticos, se puede asumir una definición del ámbito basada en la agregación de términos municipales a partir de algún criterio de tipo socioeconómico o administrativo, con objeto de favorecer la incorporación de los resultados de la aplicación de la metodología a los instrumentos de ordenación urbana y territorial del ámbito. Sin embargo, esta opción presenta serios problemas con respecto a la metodología propuesta. En el caso del Área Metropolitana de Sevilla, basta una simple mirada sobre el ámbito resultante de aplicar esta aproximación para reconocer un importante *handicap*: el territorio de algunos municipios que, desde un punto de vista socioeconómico, están indudablemente ligados al espacio metropolitano, es tan extenso que incluye zonas muy alejadas de los procesos metropolitanos, especialmente desde la perspectiva ecológica. En este sentido destaca el caso de La Puebla del Río, uno de los municipios más extensos del ámbito metropolitano de Sevilla, cuyo término municipal, de 377 Km², se extiende hacia el Sur abarcando amplias extensiones de espacio rural alejado de las dinámicas metropolitanas. La toma en consideración de la totalidad de este término municipal en el análisis de las distintas funciones ambientales del espacio libre tendría como consecuencia inmediata una fuerte distorsión de los resultados obtenidos; ello se debe a que se estaría incluyendo en el cálculo de los indicadores una importante extensión de espacio libre que, si bien administrativamente pertenece al ámbito metropolitano, no mantiene una vinculación ecológica directa con el mismo.

Una problemática íntimamente vinculada a la anterior sería la relacionada con la escala específica de cada uno de los procesos y funciones abordados por la metodología. Por ejemplo, de cara al análisis de la funcionalidad climática del espacio libre, resulta evidente que no tiene sentido considerar los espacios rurales alejados del espacio construido. Volviendo

al ejemplo anterior, la inclusión de las amplias zonas de cultivo del término de La Puebla del Río en el cálculo del indicador para la mejora climática no haría sino distorsionar los resultados sobre el efecto regulador del espacio libre en el ámbito metropolitano. Esta funcionalidad exige en cambio adoptar una escala de detalle en los ámbitos urbanos, para tener en cuenta, en la medida de lo posible, el efecto regulador del arbolado urbano (por ejemplo, a partir del tratamiento de imágenes de satélite).

En el extremo contrario encontramos la funcionalidad relativa al mantenimiento de la biodiversidad urbana. En este caso, no sólo presenta interés el análisis del espacio agrícola circundante al ámbito construido, sino que además parece necesario analizar la conectividad del espacio libre metropolitano con ámbitos externos de interés natural que, como se ha comentado, son especialmente numerosos y valiosos en el caso que nos ocupa.

En una situación intermedia estaría la funcionalidad hidrológica, en la cual la escala de trabajo óptima es la de cuenca fluvial. La opción óptima sería delimitar las cuencas existentes dentro del ámbito de estudio y llevar a cabo el análisis propuesto de forma pormenorizada para cada una de ellas, sin perjuicio de desarrollar como culminación del proceso un análisis global para el conjunto. Se podrían evaluar así, de forma específica, las consecuencias que sobre el ciclo hidrológico tienen determinados desarrollos urbanos. Por ejemplo, en el caso sevillano presenta un especial interés el análisis de la cuenca del arroyo Riopudio, ubicado en un entorno especialmente presionado por los desarrollos de baja densidad, que actúan como una de las principales causas de la degradación del cauce (canalización del tramo final e impermeabilización de las márgenes, erosión e inestabilidad de taludes, profundización del cauce, afectación de la vegetación de ribera). Tanto en este caso como en los anteriores, parece necesario plantear en la fase de análisis una estrategia de subdivisión del área de estudio en diferentes ámbitos secundarios, definidos de forma específica para abordar el estudio pormenorizado de cada una de las funciones ambientales consideradas.

Otra de las cuestiones que plantean una cierta dificultad en relación a la aplicación de la metodología en el ámbito metropolitano de Sevilla es la ausencia de datos ambientales a escala metropolitana, por ejemplo en lo que respecta a parámetros meteorológicos, biodiversidad, calidad de las aguas, etc. El problema se deriva principalmente de la necesidad de contar con esta información no sólo para complementar los análisis propuestos en el proceso metodológico, sino, sobre todo, para llevar a cabo una comprobación de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología. La evaluación del grado de fiabilidad de la propuesta, es decir, de la correspondencia del resultado de la investigación con la realidad del ámbito analizado, se ve notablemente dificultada por esta carencia.

En cualquier caso, hay que tener en cuenta que, como ya se ha mencionado, los resultados analíticos son antes que nada estimaciones generales, que actúan como indicadores para evaluar diferentes situaciones o estrategias de intervención en el territorio. No ofrecen valores absolutos para los parámetros estudiados, o por lo menos no lo hacen con el suficiente grado de precisión como para ser tomados como tales. Para obtener datos específicos relativos, por ejemplo, a la influencia del espacio libre en la temperatura o a la cantidad de contaminantes absorbidos por la vegetación, habría que aplicar metodologías más complejas que implicarían desviarse de los objetivos inicialmente planteados con respecto a la flexibilidad y dinamismo del proceso analítico.

Parece claro, sin embargo, que, de forma previa al análisis de escenarios futuros, hay que comprobar la efectividad conseguida en el diagnóstico de la situación actual. Es necesario hacer un esfuerzo en este sentido y trabajar en la integración de los datos disponibles (a menudo escasos o dispersos), para poder contrastar de forma satisfactoria los resultados metodológicos con la situación real del ámbito de estudio.

A pesar de las citadas problemáticas, que no deben resolverse tanto en un plano abstracto como a la hora de abordarse una realidad concreta, el ámbito de Sevilla presenta potencialidades fácilmente reconocibles, que lo dotan de un especial interés para la puesta a prueba de una metodología como la aquí planteada. En primer lugar, se trata de un ámbito muy dinámico que en la actualidad está experimentando un intenso proceso de transformación, en el cual el espacio libre adquiere, como hemos visto, un papel ambiental y territorial más que relevante. Por ello, la oportunidad del desarrollo de una aproximación ecológica al estudio del espacio libre de la aglomeración sevillana es evidente. Pero lo que realmente aporta valor al proceso de desarrollo y perfeccionamiento de la metodología es el carácter diverso y complejo del ámbito, que ha quedado puesto de relieve anteriormente a través de la caracterización del medio físico sobre el que se asienta la aglomeración urbana. La diversidad de espacios y de procesos permite, sin lugar a dudas, poner a prueba las distintas componentes de la propuesta metodológica con mucha mayor profundidad que si se tratara de un ámbito relativamente homogéneo e indiferenciado. De dicha diversidad se desprende, asimismo, el amplio conjunto de recursos territoriales y naturales que constituyen elementos potenciales para la configuración de un sistema libre integrado a escala metropolitana. Aparte de los beneficios que ello puede conllevar para el fortalecimiento de la funcionalidad ambiental del espacio libre metropolitano en un futuro, la riqueza potencial del ámbito

permite jugar con muy diferentes posibilidades, tanto a la hora de diseñar posibles escenarios futuros como de evaluar diferentes estrategias posibles de intervención en el territorio libre.

Otro aspecto a destacar es el de la disponibilidad del material y la información necesarios para la aplicación de la propuesta metodológica. Si bien, como se ha indicado anteriormente, no existe una gran cantidad de datos integrados sobre el medio ambiente metropolitano, sí hay en cambio la suficiente disponibilidad en lo que respecta a material cartográfico, imágenes aéreas y de satélite e información estadística básica sobre los municipios que integran el ámbito de estudio. El material cartográfico es abundante y fácilmente accesible: es posible utilizar cartografía topográfica a diferentes escalas; cartografía temática sobre medio físico, actividades productivas e infraestructuras; y cartografía sobre usos de suelo y coberturas vegetales; todas ellas como material de partida o de apoyo en la síntesis de los mapas ecológico y de uso público. En general, la información de base no parece representar un factor limitante a la hora de poner en práctica el procedimiento metodológico descrito; de hecho, uno de los objetivos de la propuesta es precisamente minimizar los requerimientos relativos a los *inputs* del proceso de análisis, para intentar solventar la todavía habitual carencia de información ecológica sobre los ámbitos metropolitanos.

Por último, la utilización del Área Metropolitana de Sevilla como ámbito de referencia para el diseño y la mejora de la metodología, abre la puerta a una posible aplicación del procedimiento metodológico en otros ámbitos metropolitanos de naturaleza similar, que compartan con la ciudad andaluza su dimensión y su posicionamiento intermedio dentro de la jerarquía del sistema de ciudades europeo, tanto por tamaño como por funcionalidad. De entrada, el proceso propuesto parece lo suficientemente flexible como para facilitar la aplicación del mismo a espacios que, por encima de rasgos diferenciadores en cuanto a la configuración de los procesos urbanos o a la caracterización de su medio físico, presentan unas dimensiones similares. En cambio, la aplicación del proceso metodológico a entes metropolitanos de rango superior plantearía seguramente problemáticas específicas derivadas de la mayor complejidad de dichos ámbitos, que exigirían la modificación en profundidad de diversos aspectos de la metodología. En cualquier caso, la pretendida universalidad de la metodología debería ser comprobada mediante un análisis comparativo de diferentes casos de estudio, una posibilidad futura de gran interés, pero que debería llevarse a cabo una vez que el proceso metodológico sea completado y perfeccionado mediante su aplicación al Área Metropolitana de Sevilla.

Conclusiones

La ciudad puede ser considerada como un artefacto, una creación tecnológica a través de la cual el ser humano modifica el entorno natural con el objetivo de generar un medio óptimo para el desarrollo de sus actividades vitales. Desde una óptica ecológica, los espacios libres urbanos no son sino aquellos ámbitos donde la naturaleza aflora o persiste, de una forma más o menos modificada, dentro de este entorno profundamente antropizado, adaptado casi exclusivamente a las necesidades de la especie humana. Se puede afirmar que a través de la ordenación y el diseño de estos espacios “naturales” o “seminaturales” en la ciudad el hombre plasma su propia percepción del vínculo que mantiene con la naturaleza. Dado que la relación hombre-naturaleza no es en absoluto inmutable, sino más bien todo lo contrario, el examen histórico de la evolución de los espacios verdes (primero huertos y jardines de palacios y templos, más tarde jardines aristocráticos, finalmente parques, paseos y espacios abiertos al conjunto de la ciudadanía) nos permite observar cómo el tratamiento que se da a esta “naturaleza recreada” en la ciudad ha ido cambiando en función de los gustos, las necesidades y los valores presentes en cada época y cada contexto cultural.

Resulta evidente que el carácter estrictamente funcional y productivo con que se concibieron los primeros vergeles de la antigüedad o los huertos urbanos medievales, o la extraordinaria fastuosidad de los grandes espacios ajardinados destinados a la exhibición y el disfrute elitista de las clases privilegiadas en el Renacimiento y el Barroco, apenas tienen nada que ver con la actual percepción social de lo que significa la introducción de elementos naturales en nuestro entorno urbano. Las grandes zonas verdes de la ciudad contemporánea son ámbitos abiertos a la ciudadanía, con una clara vocación de espacios de sociabilidad y esparcimiento. Hoy en día, la “naturaleza urbana” o “urbanizada” está al servicio de las necesidades recreativas de una sociedad que demanda, cada vez más, entornos abiertos para el desahogo y la distensión de las presiones de la vida en la ciudad. No obstante, los criterios básicos a partir de los cuales se conciben y se construyen estos nuevos espacios verdes no distan demasiado de los principios formales que guiaban aquellas antiguas creaciones: la profunda modelación de los elementos de la naturaleza conduce a la creación de espacios en los que desaparece casi cualquier proceso ecológico, siendo sustituidas las dinámicas naturales, al igual que sucedía en el antiguo huerto urbano o en el jardín aristocrático, por el mantenimiento humano intensivo.

Es sabido que la sociedad actual, al menos en lo que respecta a su relación con el medio natural, se encuentra en un periodo de transición, de apertura hacia nuevas perspectivas. El paradigma de la sostenibilidad impulsa la búsqueda de nuevas formas de intervención en el medio ambiente,

menos agresivas con el entorno y, a la larga, también más beneficiosas para el hombre. En este contexto de cambio, cabe plantearse, como hemos hecho a lo largo de la presente obra, si esta vieja forma de recrear o de manipular la naturaleza en los espacios libres de la ciudad se corresponde con los nuevos tiempos que corren. A la luz del discurso de la sostenibilidad urbana, se nos invita a descubrir los procesos ecológicos asociados a los espacios verdes, a reconocer en ellos nuevas funciones de carácter ambiental, y a buscar nuevas formas de ordenarlos y diseñarlos para potenciar esa funcionalidad emergente.

Hay que reconocer el hecho de que, desde bastante tiempo antes de la consagración del término “desarrollo sostenible”, notables urbanistas, arquitectos y teóricos de la ciudad han venido buscando en el espacio libre una de las claves fundamentales para establecer una relación más armoniosa entre la ciudad y su entorno natural, al mismo tiempo que han considerado este componente del tejido urbano como un factor básico para el mantenimiento de un ambiente óptimo para el desarrollo de la vida en la ciudad. Sin embargo, no ha sido hasta hace relativamente poco cuando los avances logrados en ámbitos disciplinares como la ecología urbana o la ecología del paisaje aplicada a espacios urbanizados, así como en otras disciplinas como la climatología, o la hidrología, han permitido conocer en profundidad los procesos ecológicos ligados al medio urbano y valorar su importancia para el mantenimiento de unas condiciones de vida saludables; a la vez, estos avances han contribuido a identificar el papel esencial del espacio libre en el mantenimiento de dichos procesos y a reconocer, en general, su relevancia de cara a la consecución de unos niveles aceptables de calidad ambiental.

El concepto de servicio ecológico nos permite entender estos procesos ecológicos urbanos como funciones ecosistémicas que redundan en un beneficio para el ser humano. Si entendemos la ciudad como un mosaico de hábitats, como un paisaje ecológico fragmentado en el cual un conjunto diverso de teselas de carácter natural o seminatural (parques y jardines, pero también espacios agrícolas, terrenos baldíos, márgenes fluviales, etc.) se insertan en una matriz edificada y con condiciones ecológicas extremas, es fácil identificar los ecosistemas urbanos fragmentarios y aislados con el conjunto de espacios libres urbanos (entendidos éstos, claro, desde una óptica amplia, no estrictamente vinculada al uso público). Como se ha visto en el capítulo tercero, las funciones ambientales ligadas al espacio libre abarcan aspectos tan diversos como la regulación hidrológica mediante la provisión de espacios permeables en un contexto fundamentalmente impermeabilizado; la mejora de la calidad del aire a través de la absorción de contaminantes atmosféricos como CO₂, NO₂, SO₂, O₃, partículas, etc.; la

regulación microclimática del medio urbano gracias al proceso de evapotranspiración y a la provisión de sombra; el mantenimiento de espacios adecuados para el soporte de una más que notable biodiversidad urbana; o la provisión de espacios idóneos para la educación ambiental y el uso público vinculado al disfrute y al conocimiento de los valores naturales.

En su conjunto, los beneficios ligados a estas funciones tienen una doble dimensión: por un lado, una mejora de la calidad de vida y de las condiciones ambientales en el seno del tejido urbano, y por otro, una mayor armonización de la interrelación de la ciudad con su entorno territorial. En lo que respecta a la calidad de vida, los beneficios que obtendrían los ciudadanos de una ordenación del espacio libre llevada a cabo en base a preceptos de tipo ecológico resultan evidentes: se reduciría la incidencia de los problemas de salud y las molestias ligadas a la concentración de contaminantes atmosféricos en el medio urbano, se moderaría el efecto térmico de las superficies artificiales urbanas sobre el clima de la ciudad (la conocida isla de calor urbano), y se potenciaría una estética más natural en el paisaje urbano.

Este último aspecto no es en absoluto superficial: la población urbana demuestra, no sólo a través de encuestas directas o de estudios de valoración económica, sino también mediante sus propias dinámicas de desplazamiento residencial, una creciente preferencia por habitar en un entorno donde la naturaleza (más o menos modificada o recreada) se encuentre presente. Este aprecio por lo natural se extiende a las actividades de ocio, quedando perfectamente reflejada en los desplazamientos desde la ciudad a ámbitos del medio rural durante las vacaciones o fines de semana. De hecho, se ha llegado a observar un aumento de la presión sobre los ecosistemas naturales derivado precisamente de esta tendencia creciente a la búsqueda de actividades de esparcimiento en un entorno natural. Si la ordenación del espacio libre urbano consigue mejorar la naturalidad de los espacios verdes, aproximando o incluso integrando la naturaleza en la ciudad a través de la recreación de ecosistemas autóctonos, no sólo se respondería a esta demanda ligada a las nuevas necesidades de ocio, sino que se conseguirían además algunos beneficios adicionales para la ciudadanía: por ejemplo, la provisión de espacios idóneos para la educación ambiental, la potenciación de los sentimientos de identificación del ciudadano con su entorno natural y, en conjunto, el refuerzo de la concienciación ambiental. Como se ha apuntado anteriormente, en la ciudad la mayoría de los procesos ecológicos están ocultos, lo que facilita que se pierda la noción de su importancia para el desarrollo de la vida urbana. El contacto o la experiencia directa de estos procesos contribuiría, sin duda, a mejorar la comprensión y la sensibilización de la sociedad con respecto a los vínculos entre las dinámicas naturales y las actividades humanas.

En lo que respecta a la mejora de la interrelación de la ciudad con su entorno, el papel del espacio libre resulta decisivo. La configuración de una transición armónica entre el espacio de la ciudad y su entorno rural y natural exige la consideración del espacio libre desde un punto de vista sistémico, como un continuo a través del cual se manifiestan una serie de gradientes ambientales desde el centro urbano a la periferia y el territorio circundante. Las potencialidades que ofrece este enfoque sistémico son notables. Por ejemplo, una estrategia de ordenación del espacio libre que, partiendo de esta base, esté orientada a preservar los procesos ecológicos en el continuo urbano-rural frente a las dinámicas de expansión urbana, puede contribuir de forma notable al mantenimiento de una biodiversidad urbana a través de la configuración de un mosaico de hábitats rico y funcionalmente equilibrado. Una ordenación racional del territorio potenciaría la permeabilidad del paisaje metropolitano al desplazamiento de especies y evitaría la destrucción o el menoscabo de muchos ecosistemas de gran valor biológico que se encuentren en las proximidades del espacio urbanizado. Por otro lado, los impactos sobre la hidrología local originados por la impermeabilización del suelo urbano, y que incluyen desde el desbordamiento puntual de cauces fluviales externos a la ciudad hasta la potenciación de procesos erosivos o de contaminación difusa, pueden ser minimizados mediante la adecuada planificación del espacio libre.

Si se asume un enfoque global (no limitado a la funcionalidad ambiental específica de un espacio libre concreto, sino capaz de abordar el conjunto de funciones del sistema de espacios libres al completo), resulta claro que la dimensión de los procesos ecológicos que subyacen a la funcionalidad ambiental no corresponde con los límites espaciales más o menos difusos de la ciudad, ni mucho menos con los límites administrativos que definen el ámbito municipal. En la mayoría de los casos, la escala de los procesos ecológicos exige, ya sea para estudiarlos o para intervenir sobre ellos, la inclusión del conjunto del territorio libre que rodea a la urbe en el ámbito de trabajo a considerar. Así, se haría necesario aplicar una escala territorial tanto para el análisis como para la ordenación del espacio libre, lo cual vendría a reflejar la idea de autores como Bettini o Mumford de que la ecología de una ciudad no puede ser entendida sin considerar el territorio circundante a la misma. Esto es especialmente cierto para los ámbitos metropolitanos, dado que en ellos el espacio rural y natural que actúa como matriz donde se insertan los desarrollos urbanos constituye el soporte territorial de muy diversos procesos ecológicos y, por consiguiente, es provisor de importantes funciones ambientales; por este motivo, la matriz rural debe considerarse un componente esencial del espacio libre metropolitano, y no sólo como un "espacio en blanco" siempre disponible para los procesos de crecimiento de los núcleos urbanos.

Este enfoque amplio e integrador, que a lo largo del estudio hemos denominado como “territorial”, está esencialmente ligado a una concepción del espacio libre distinta a la habitual en el contexto de la planificación urbanística tradicional. Dentro de un contexto urbano o metropolitano, el espacio libre es básicamente el conjunto de ámbitos en los que aflora la matriz biofísica del paisaje, y por ende constituye el soporte de la funcionalidad ecológica del territorio. Desde esta óptica, el territorio debe ser entendido como una pieza clave para la comprensión global e integrada del conjunto de las funciones ambientales. La componente espacial de la intervención antrópica sobre el territorio, materializada en el mosaico de usos de suelo (cada uno de los cuales supone un distinto grado de alteración de los procesos ecológicos preexistentes), es el nexo que permite interrelacionar y estudiar de forma conjunta las diversas funciones ambientales del espacio libre.

La asunción de una perspectiva territorial nos obliga a tomar determinadas decisiones en nuestra forma de estudiar y de intervenir en el espacio libre urbano y metropolitano. En primer lugar, es necesario asumir una escala de trabajo supramunicipal, tanto para el análisis de la funcionalidad ambiental como para la ordenación del espacio libre. En este sentido, un ámbito metropolitano debería contar, si no con un plan global de ordenación, al menos con algún instrumento específico para la planificación del espacio libre metropolitano, en cualquier caso vinculante con respecto a los planes de ordenación municipales. En ausencia de esta condición, la ordenación del espacio libre, que debería ser entendido como un sistema unitario e integrador, se desarrolla de forma fragmentaria y parcial. Las funciones ambientales del espacio libre quedan así seriamente disminuidas, cuando no directamente anuladas, al no poder desarrollarse una estrategia única orientada a aprovechar las potencialidades ecológicas del territorio metropolitano.

En segundo lugar, parece una cuestión urgente avanzar en nuestro conocimiento de los procesos ecológicos urbanos y de su potencial para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Una de las principales problemáticas actuales con respecto a la cuestión que nos ocupa es que, al igual que ocurre con la mayoría de los servicios ecológicos a nivel global, las funciones ambientales del espacio libre urbano no son suficientemente tenidas en cuenta por la dinámica económica de los mercados. Lo mismo ocurre en general con respecto a la planificación urbana y territorial, aun cuando en ciertos ámbitos se ha comenzado a incluir criterios y objetivos de naturaleza ambiental en los instrumentos de ordenación (aunque, como opinan algunos autores, se trate de una respuesta tardía y tímida a las exigencias del paradigma ambiental). Como consecuencia de esto, en muchos casos, el espacio libre es considerado no como un recurso para la calidad ambiental y el bienestar de los ciudadanos, sino como un mero vacío territorial disponible para la implantación y el desarrollo de otros usos de

rentabilidad económica más inmediata. En cualquier caso, el conocimiento científico de los procesos y, especialmente, su cuantificación y la valoración de su impacto en la calidad ambiental de un espacio urbano, son factores determinantes para que las funciones ambientales del espacio libre comiencen a tener el peso que merecen dentro de los procesos políticos de toma de decisiones.

Con vistas a lo anterior, es necesario insistir en la necesidad de desarrollar instrumentos y herramientas de análisis capaces de abordar el estudio integrado de la funcionalidad ambiental del espacio libre. En la actualidad, como se ha puesto de manifiesto en el capítulo cuarto, la mayoría de las iniciativas de investigación en este campo asumen una perspectiva parcial, principalmente como consecuencia de los todavía rígidos límites que se derivan de la tradicional división disciplinar del conocimiento científico. Dada la naturaleza compleja y multidimensional del objeto de estudio que nos ocupa, resulta fundamental adoptar una perspectiva transdisciplinar, sobre todo con objeto de identificar y analizar los vínculos a través de los cuales se interrelacionan las distintas funciones ambientales. Por otro lado, aparte de facilitar la comprensión de los procesos ecológicos y su relación con la configuración espacial del tejido urbano, las nuevas herramientas metodológicas que surjan en un futuro deben tener una clara vocación práctica, es decir, deben facilitar la aplicación de los resultados de la investigación a la gestión y la planificación del espacio libre (ya sea, por ejemplo, a través de la provisión de criterios generales de ordenación y diseño, o mediante la evaluación ambiental de diversas estrategias alternativas de intervención en un territorio).

Todos estos aspectos han sido considerados como criterios de base para la elaboración de la propuesta metodológica que se ha expuesto en el capítulo V. Como se ha podido comprobar, el ámbito escogido como referencia, el Área Metropolitana de Sevilla, constituye tanto por su riqueza territorial como por su dinamismo un espacio de enorme interés desde el punto de vista del estudio de la dimensión ambiental del espacio libre. De forma previa a la aplicación de la metodología de análisis a este contexto, parece necesario apuntar aquí algunas reflexiones iniciales sobre la situación de los espacios libres en el ámbito sevillano.

En primer lugar, parece claro que el principal *handicap* que hasta el día de hoy ha tenido que afrontar cualquier intento de mejora de la funcionalidad ambiental de la aglomeración urbana de Sevilla ha sido la falta de un instrumento único de ordenación para el conjunto del territorio metropolitano. La ordenación fragmentaria del territorio llevada a cabo por parte de los distintos municipios integrados en la aglomeración ha venido respondiendo principalmente a intereses parciales, no a una percepción del espacio metropolitano en su conjunto, lo que en determinados casos, como

avanzábamos anteriormente, mutila el potencial ecológico de algunos espacios clave.

En este sentido, son numerosos los ejemplos de ámbitos que, abarcando más de un término municipal, no han contado con una estrategia de ordenación unitaria, circunstancia que, además de desaprovechar las notables potencialidades ligadas al uso público de estos espacios como zona de ocio, dificulta la solución de los problemas ambientales que los afectan. A menudo, la aplicación de soluciones parciales y carentes de cualquier criterio ecológico, no sólo no contribuye a mejorar la situación, sino que genera nuevos impactos en el conjunto del ámbito. El cauce del Riopudío y su cuenca fluvial constituyen un ejemplo paradigmático de adónde puede llevar esta situación; pero es fácil citar otros casos que, con una notable potencialidad de cara a su funcionalidad ambiental, se han visto en los últimos tiempos sometidos, bien a presiones contrarias a su aprovechamiento ecológico, bien a un abandono a un segundo plano por parte de la planificación territorial; tal es el caso, por ejemplo, de la dehesa de Tablada, del encauzamiento del Guadaira y la isla de los Olivillos, del tramo del Guadaira que une Alcalá con Sevilla, del cauce vivo del río Guadalquivir, de la cornisa norte del Aljarafe, o de numerosas zonas de olivar en la plataforma del Aljarafe.

En segundo lugar, es necesario señalar que la problemática situación del espacio libre responde a la actual dinámica de crecimiento urbano, en la cual el territorio agrícola es despojado de cualquier tipo de valor intrínseco para ser utilizado, como ya se ha apuntado, como espacio en blanco para la implantación de nuevos desarrollos urbanos e industriales. Es obvio que un ámbito metropolitano con el dinamismo de la aglomeración urbana de Sevilla necesita espacio para su crecimiento. Sin embargo, parece también evidente que la forma en que hasta el momento actual se ha venido articulando la expansión de los usos urbanos sobre el territorio, en apariencia totalmente ajena a intereses que no sean estrictamente económicos, no es la más adecuada, al menos desde la óptica del mantenimiento de los procesos

ecológicos y de la configuración de un ámbito con unos niveles aceptables de calidad ambiental. El crecimiento urbano conforme a las necesidades de la metrópoli y la conservación de la dinámica ecológica del territorio metropolitano pueden y deben ser objetivos compatibles, algo perfectamente asumible a través de una adecuada planificación del espacio libre. El reconocimiento de las funciones y valores ambientales del paisaje metropolitano podría contribuir, al menos en parte, a frenar el proceso de destrucción de importantes recursos territoriales, cuya funcionalidad potencial resultará en un futuro imprescindible para la conformación de un ámbito metropolitano acorde con los planteamientos del desarrollo urbano sostenible.

En este sentido, y para finalizar, es necesario indicar el papel potencial del Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Sevilla como herramienta para revertir la situación que se ha venido produciendo hasta la actualidad. Pendiente de aprobación en el momento de finalización de la presente obra, el Plan recoge en el apartado relativo al espacio libre algunas de las nociones y criterios expuestos a lo largo de los capítulos anteriores, planteamientos que presuponen la adopción de una perspectiva más ecológica e integradora en la planificación del ámbito metropolitano. En esta línea, el documento de ordenación presenta algunos aspectos de notable interés, como la consideración explícita del valor del espacio agrario, junto con el espacio forestal, dentro del denominado sistema de protección del territorio; o el planteamiento sistémico adoptado para la ordenación del sistema de espacios de uso público, buscando una articulación de los elementos nodales (grandes espacios metropolitanos de uso público) mediante una red de caminos rurales y vías verdes que facilitan el acceso de los ciudadanos al entorno rural y natural. Lógicamente, la aplicación de la metodología propuesta deberá tener en cuenta estos y otros contenidos del Plan, pudiendo servir de hecho como instrumento para la evaluación de la incidencia ambiental de las determinaciones del mismo y para el seguimiento de la evolución futura del área metropolitana.

Glosario

Se ofrece a continuación un breve glosario que recopila algunos de los conceptos de mayor importancia que aparecen a lo largo del documento. En cada entrada, se indican entre paréntesis los términos utilizados como sinónimos del término principal. En cada definición, se destacan en cursiva aquellos términos que poseen una entrada propia en el glosario.

Agenda 21 Local

Documento que contiene las estrategias consensuadas entre la administración, los ciudadanos y los agentes locales orientadas a alcanzar el *desarrollo sostenible* en un ámbito local a medio y largo plazo. Surge como una traslación a la escala local de la denominada Agenda 21, el plan de acción global hacia la *sostenibilidad* elaborado en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992. El documento fundacional de la Agenda 21 Local es la Carta de Aalborg, aprobada en la Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles, celebrada en Aalborg, Dinamarca, en 1994.

Área metropolitana (aglomeración urbana)

“Ámbito urbano de funcionamiento unitario respecto al mercado del suelo y a las relaciones diarias de trabajo y residencia; en consecuencia, tiende a dotarse de una estructura física y unos órganos de gestión también unitarios” (Acosta y Burraco, 1998, p. 92). El *territorio* metropolitano sería el espacio geográfico definido por el ámbito de un área metropolitana.

Biodiversidad

Según la Convención Internacional sobre Diversidad Biológica (2003), la *biodiversidad* puede ser definida como “la variabilidad existente entre los organismos vivos de cualquier fuente incluyendo, *inter alia*, tanto ecosistemas terrestres como marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales forman parte; esto incluye la diversidad intraespecífica, interespecífica y de ecosistemas”. Existen numerosas definiciones de este término, por lo que se ha llegado a criticar una cierta ambigüedad con respecto a su uso. Algunos autores lo utilizan como sinónimo de “diversidad de especies”; en otras ocasiones se dota de un alcance más amplio, hasta abarcar “el conjunto de la diversidad de la vida en la Tierra”.

Para una discusión en profundidad de este concepto, ver Hamilton, 2005.

Capacidad de carga

“Máxima población (nº de individuos) de una especie concreta que puede ser soportada indefinidamente en un hábitat determinado sin disminuir permanentemente la productividad de éste” (Rees, 1996; citado por Calvo y Sancho, 2001, p. 25).

Conectividad (c. biológica, c. ecológica)

La *conectividad biológica* puede definirse como “la relación funcional existente entre dos espacios predominantemente naturales, manifestada en la facilidad de circulación de organismos impelidos por sus necesidades vitales (obtención de alimento, apareamiento, etc.)” (Folch, 2003, p. 276). La *conectividad ecológica* incluiría, además de los flujos bióticos, los abióticos (energía, agua, aire, suelo, contaminantes, nutrientes, sedimentos).

La *conectividad* favorece los flujos de energía y materia claves en el funcionamiento de los ecosistemas, entre ellos, los movimientos migratorios y dispersivos, la polinización, los flujos de nutrientes, etc.; y facilita la capacidad de respuesta de los *paisajes* ante situaciones de cambio o incertidumbre (Hill, 1995; citado por Castro Nogueira, 2002, p. 38). Depende principalmente de la estructura espacial del *paisaje* y de la permeabilidad de los distintos componentes que lo forman.

Contaminación difusa

El concepto de *contaminación difusa* (*non-point source pollution*) hace referencia al impacto originado por contaminantes de diversa naturaleza que, acumulados en las diferentes superficies urbanas, son arrastrados por el agua de escorrentía y posteriormente canalizados a través de los sistemas de drenaje. Por ello, a diferencia de otras vías de contaminación hídrica como los focos de vertido industrial o los vertidos de carácter puntual, la contaminación difusa no tiene un origen espacial determinado.

Corredor (c. biológico, c. ecológico)

Elemento lineal del *paisaje*. Pueden actuar como conductos que canalizan determinados flujos, o bien como barreras o filtros para otros flujos (Rodà, 2003, p. 44).

Desarrollo sostenible (desarrollo sustentable, sostenibilidad)

Según el Informe Brundtland, “desarrollo sostenible es aquel que permite satisfacer nuestras necesidades actua-

les sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”. En esta definición se halla implícita la triple dimensión de la sostenibilidad: ambiental, económica y social. A pesar de que se suele vincular al pensamiento ecologista, algunos autores sostienen que la componente socioeconómica es prioritaria en la noción de sostenibilidad.

Para profundizar en el concepto, ver el capítulo II, pp. 57-64.

Desarrollo urbano sostenible (sostenibilidad urbana)

Aplicación del paradigma de la *sostenibilidad* al contexto urbano. No puede entenderse como un sinónimo de autosuficiencia de la ciudad, objetivo imposible de alcanzar por la propia naturaleza del hecho urbano, sino como una estrategia de desarrollo que se manifestaría fundamentalmente a través de dos vectores principales: la disminución del impacto ambiental de la urbe en el conjunto de la biosfera, y la mejora de la calidad ambiental y las condiciones de habitabilidad de la ciudad.

Ecología del paisaje

Estudio de las interacciones entre patrones paisajísticos y procesos ecológicos, específicamente de la influencia de dichos patrones en los flujos de agua, energía, materia y biota (Turner, 1989; citado por Castro Nogueira, 2002, p. 19).

Ecología urbana

En términos generales, la *ecología urbana* puede ser entendida como el estudio de los *ecosistemas urbanos* (Terradas, 2001, p. 33), o bien como la investigación ecológica desarrollada en asentamientos humanos (Niemela, 1999, p. 58). Se pueden distinguir en la literatura científica dos aproximaciones bien diferenciadas a la *ecología urbana*: la primera de ellas, pone el énfasis en el estudio del metabolismo urbano, es decir, de los flujos de materia y energía que atraviesan la ciudad, entendida ésta como *ecosistema* artificial. La segunda aproximación a la *ecología urbana* entiende la ciudad como un mosaico de *hábitats*; en este caso, la ciudad en sí no sería considerada un *ecosistema* en su conjunto: en cambio, se entenderían como *ecosistemas urbanos* aquellos espacios urbanos que presentan un cierto grado de naturalidad dentro de la *matriz* edificada.

Para una mayor profundización en este concepto, ver el capítulo II, pp. 64 y ss.

Ecosistema

En palabras de Margalef, un *ecosistema* puede ser definido como “un sistema formado por individuos de muchas especies, en el seno de un ambiente de características definibles, e implicados en un proceso dinámico e incesante de interacción, ajuste y regulación, expresable bien como intercambio de materia y energía, bien como una secuencia de nacimientos y muertes, y uno de cuyos resultados es la evolución a nivel de las especies y la sucesión a nivel del sistema entero” (Margalef, 1991, p. 2).

Ecosistema urbano

El concepto de *ecosistema urbano* posee dos acepciones diferentes, en función de la aproximación al estudio de la *ecología urbana* que se asuma.

La primera acepción entiende el conjunto de la ciudad como un *ecosistema* artificial heterótrofo, desde el punto de vista del metabolismo urbano de la energía y los materiales. Esta definición es adecuada para analizar los ciclos urbanos del agua, los materiales y residuos y la energía, así como para realizar un balance entre los *inputs* (consumo de recursos naturales externos) y los *outputs* (emisión de contaminantes y residuos al medio ambiente) materiales y energéticos de la ciudad. Algunos autores sostienen que el concepto de *ecosistema*-ciudad quedaría incompleto si no se contemplan los ambientes de entrada y salida. La segunda acepción de *ecosistema urbano* considera como tal aquellos componentes del tejido urbano que presenten un cierto grado de naturalidad (zonas verdes, jardines, riberas fluviales, etc.). La ciudad sería considerada así como un mosaico de *hábitats*, es decir, un *paisaje* ecológico fuertemente fragmentado en el que las *teselas* de *hábitat* (sean de origen natural o antrópico) estarían intercaladas en una *matriz* edificada, que actuaría como fuente de presiones y perturbaciones para los procesos ecológicos que subsisten en el medio urbanizado. Es una definición más adecuada que la anterior para el estudio de la *biodiversidad* urbana.

Escorrentía superficial

Parte de la precipitación que escapa de la infiltración y de la evapotranspiración, circulando por la superficie del terreno. Los factores que influyen en la escorrentía son la textura del suelo, la pendiente, el clima y el tipo de uso del suelo (ver GEMET Thasaurus, EIONET. Glosario de la Red Europea de Observación e Información Ambiental (EUNIS), disponible en la siguiente dirección: <http://www.eionet.europa.eu/gemet>).

Espacio libre

Desde una perspectiva urbanística se considera que “los espacios libres son espacios abiertos, de carácter público, que juegan un papel básico en la satisfacción de las necesidades ciudadanas de ocio y esparcimiento y en la mejora de la calidad ambiental de la ciudad, además de representar un instrumento imprescindible en la ordenación, para la articulación de zonas o la reducción de la densidad” (Acosta y Burraco, 1998, p. 42).

Desde una óptica territorial, el espacio libre sería el “suelo no dedicado a usos urbanos o paraurbanos, es decir, espacio mayoritariamente exento de construcciones, sea de uso forestal, pastoral, agrícola o plenamente silvestre, con independencia del estatuto jurídico o del régimen de propiedad a que esté sometido” (Folch, ed., 2003, p. 281). En este sentido, el espacio libre estaría constituido por el conjunto de espacios donde la *matriz biofísica* del territorio emerge en el tejido urbano o metropolitano; como consecuencia de ello, actuaría como garante del mantenimiento de una serie de funciones ambientales derivadas de los procesos ecológicos ligados a la *matriz biofísica*. En general, esta es la acepción asumida en el desarrollo del presente trabajo.

Para profundizar en el concepto de espacio, libre ver el capítulo I, pp. 32-52.

Especies (tipología)

Se definen a continuación algunos tipos de especies que han sido citadas a lo largo de la obra. Para profundizar en las tipologías de especies asociadas a ámbitos urbano o antropizados, ver Salvo y García-Verdugo (1993, pp. 145 y ss.) *Alóctonas* (o exóticas). Aquellas inmigradas a una región determinada desde una región distante.

Autóctonas. Aquellas que son propias de una región determinada.

Arqueófitas. Especies que fueron introducidas en una región en épocas prehistóricas y que se han establecido perfectamente (naturalizado).

Invasoras. Especies exóticas que colonizan ecosistemas naturales o seminaturales, convirtiéndose en un agente de cambio y amenazando la diversidad biológica nativa.

Pioneras. Especies que constituyen las primeras fases dentro de un proceso de sucesión.

Ruderales. Especies que prosperan en lugares ocupados por el hombre, como bordes de caminos y carreteras, intermediaciones de las viviendas, patios, escombreras, etc.

Sinantrópicas. Especies cuya distribución está asociada a la actividad del hombre.

Xerotéricas. Especies adaptadas a la escasez de precipitaciones y elevadas temperaturas.

Especie clave (*keystone species*)

Especie que desempeña funciones exclusivas que son vitales para el mantenimiento del conjunto de la comunidad ecológica en que vive. La pérdida de una especie clave provoca cambios irreversibles en el ecosistema, y puede desencadenar una cadena de extinciones.

Especie paraguas (*umbrella species*)

Especie cuya conservación confiere protección a un gran número de especies que conviven de forma natural.

Función ambiental (función ecológica)

El concepto de *función ambiental*, equivalente en el presente texto al de *servicio ecológico*, hace referencia a los procesos ecológicos que resultan en algún tipo de beneficio para el ser humano. La aplicación de este concepto al medio urbano hace posible la identificación de una serie de *funciones ambientales* vinculadas al *espacio libre*: *Funciones hidrológicas*: el espacio libre permite contrarrestar los impactos producidos en el ciclo hidrológico por la impermeabilización, especialmente el aumento de la *escorrentía superficial* y la génesis de *contaminación difusa*, así como los daños causados por ambos factores en los ecosistemas acuáticos externos a la ciudad.

Funciones relacionadas con la calidad del aire: el espacio libre es capaz de contribuir a la mejora de la calidad del aire de la ciudad a través de la absorción de diversos contaminantes atmosféricos por medio de la vegetación y el suelo.

Funciones microclimáticas: la vegetación asociada al espacio libre, a través de los procesos de evapotranspiración y de provisión de sombra, actúa como un mecanismo regulador de las condiciones microclimáticas en el medio ambiente urbano.

Funciones relativas a la biodiversidad urbana: el conjunto de espacios libres de una ciudad puede ser considerado como un mosaico de *hábitats*, es capaz de dar soporte a una cierta diversidad de especies animales y vegetales.

Funciones relacionadas con el uso público: el componente de naturalidad que poseen muchos espacios libres urbanos ofrece una notable potencialidad para el desarrollo de actividades de uso público vinculadas con el disfrute y el conocimiento del entorno natural, el establecimiento de vínculos identitarios con el *paisaje* local y el fortalecimiento de la concienciación ambiental entre la ciudadanía.

Hábitat

Existen distintas aproximaciones al concepto de *hábitat*. En su acepción más básica, puede ser considerado como "el lugar donde una especie vegetal o animal vive de forma natural" (ver GEMET Thasaurus, EIONET, Glosario de la Red Europea de Observación e Información Ambiental (EIONET), disponible en la siguiente dirección: <http://www.eionet.europa.eu/gemet>). Si incorporamos a esta definición el conjunto de factores bióticos que determinan la potencialidad de un ámbito para la supervivencia y reproducción de un organismo, podemos definir *hábitat* como el espacio que reúne las condiciones físicas y biológicas para el desarrollo de una especie. En ambos casos, la definición de hábitat es restrictiva para una especie concreta.

De forma más general, se puede definir *hábitat* como unidad ambiental conformada por "las comunidades vegetales y animales, como elementos característicos del medio biótico, junto con los factores abióticos (suelo, clima, disponibilidad y calidad de agua, etc.), y su interacción a una escala particular" (ver EUNIS; Glosario del Sistema Europeo de Información de la Naturaleza (EUNIS), disponible en la siguiente dirección: <http://eunis.eea.europa.eu/glossary.jsp>. Agencia Europea del Medio Ambiente). En el presente trabajo, se adopta preferentemente esta última acepción.

En términos generales, el conjunto de los *hábitats* urbanos serían asimilables a la noción de *espacio libre* asumida en el presente trabajo.

Huella ecológica

Indicador ambiental desarrollado por Wackernagel y Rees (1996), y que puede ser definido como "el área de territorio productivo o ecosistema acuático (entendida como superficie biológicamente productiva) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico, donde sea que se encuentre este área" (Calvo y Sancho, 2001, p. 26). Se expresa en unidades de superficie por habitante, y puede ser considerado el inverso de la *capacidad de carga*.

Índice de Área Foliar (IAF)

El *índice de área foliar* es la capacidad de ocupación del terreno por las partes aéreas de la planta, expresada mediante la relación entre el área foliar y el área del suelo cubierta por la planta. Es un parámetro adimensional.

Índice de integridad biológica (IBI)

Indicador desarrollado por Karr (1981) que representa la salud de un ecosistema. Ver *integridad biológica*.

Integridad biológica (integridad ecológica)

Habilidad de un ecosistema de perpetuar su funcionamiento en el tiempo siguiendo su camino natural de evolución, y de poder recuperarse tras una perturbación. Es un estado de referencia que señala el óptimo para la evaluación de los ecosistemas (Castro Nogueira, 2002, p. 17).

Matriz

Es el tipo de *tesela* que ocupa mayor superficie en el *paisaje*. En muchos casos, es fácilmente reconocible y da nombre al *paisaje* (*paisaje agrícola*, *paisaje forestal*); en cambio, en *paisajes* muy fragmentados, en los que no queda claro cuál es el tipo de *tesela* predominante, se puede optar por considerar como *matriz* el elemento con un mayor grado de interconexión, o bien como aquel elemento que tiene una mayor influencia en la dinámica del *paisaje* (Rodà, 2003, p. 44).

Matriz biofísica del territorio

"Conjunto de vectores abióticos y bióticos (substrato, clima, geomorfología, suelo, flora, fauna) que subyace en todo *territorio* y que condiciona permanentemente las transformaciones antrópicas" (Folch, ed., 2003, p. 284). La presencia de este conjunto de vectores en el espacio urbano o metropolitano permite el mantenimiento de una serie de *funciones ambientales*.

Paisaje

Desde una óptica ecológica, el paisaje puede ser definido como "un mosaico de amplitud kilométrica conformado por ecosistemas locales recurrentes" (Forman, 1995; citado por Castro Nogueira, 2002, p. 16). Desde una perspectiva sociológica, puede ser entendido como el producto de la percepción social de dicha configuración espacial del territorio.

Los componentes principales del *paisaje* ecológico son la *matriz*, las *teselas* y los *corredores*.

Servicio ecológico

Según Daily (1997), los *servicios ecológicos* (*ecosystem services*) son aquellos "procesos que producen, de forma directa o indirecta, bienes y servicios de los cuales se beneficia el ser humano" (citado por Limburg y Folke, 1999, p. 180). Ver definición de *función ecológica*.

Territorio

Según Folch, el *territorio* es el "espacio atribuido a algún ente individual o colectivo, que inicialmente tiene sentido de dominio ecológico, aunque en relación con los seres humanos alcanza la dimensión de espacio vivido y moldeado por una comunidad. Es entonces un espacio de dimensiones kilométricas resultante de la transformación de la *matriz biofísica* por efecto de las actuaciones antrópicas" (Folch, ed., 2003, p. 290).

Desde el punto de vista de la organización administrativa y la ordenación del territorio, se puede definir el *territorio* como el "espacio geográfico demarcado y delimitado y sujeto a una unidad de administración" (Acosta y Buraco, 1998, p. 89). En este sentido, se puede hablar de un *territorio* metropolitano como el espacio geográfico asociado al ámbito administrativo y funcional definido por un *área metropolitana*.

Tesela (patch)

Las *teselas* son las unidades que componen el mosaico paisajístico; se trata de áreas de carácter relativamente homogéneo y no lineal (Folch, ed., 2003, p. 290), que difieren en sus características de las que las rodean. Las *teselas* reguladas por la actividad humana se caracterizan por la mayor cantidad de energía artificial invertida y por el rejuvenecimiento y simplificación de los *ecosistemas* que soportan; en cambio, las *teselas* con coberturas naturales y en ausencia de perturbación tendrán, en igualdad de condiciones ambientales, una mayor complejidad y diversidad (Castro Nogueira, 2002, p. 20).

Bibliografía

ACOSTA, G.; BURRACO, M. *Glosario básico de la ordenación urbanística y territorial*. Sevilla: Consejería de Gobernación y Justicia, Junta de Andalucía, 1998.

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE. *Towards an urban atlas. Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas*. (Proyecto Murbandy / Moland). Bruselas: Comisión Europea, Joint Research Centre, 2002 (Environmental issue report No 30).

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE. *Medio Ambiente en Europa*. Informe Dobris. Edición en español. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 1998.

ALBERTI, M.; BETTINI, V. "Sistemas urbanos e indicadores de sostenibilidad". En: BETTINI, V. (ed.) *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Ed. Trotta, 1998, p. 183-214.

ARNOLD Jr., L.C.; GIBBONS, C.J. "Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator". *Journal of the American Planning Association*, 1996, 6: 243-259.

BADHURI, B. et al. "Assessing Watershed-Scale, Long-Term Hydrologic Impacts of Land-Use Change Using a GIS-NPS Model". *Environmental Management*, 2000, 26: 643-658.

BALRAM, S.; DRAGICEVIC, S. "Attitudes towards urban green spaces: integrating questionnaire survey and collaborative GIS techniques to improve attitude measurements". *Landscape and Urban Planning*, 2005, 71: 147-162.

BARIDON, M. *Los jardines. Pasajistas, jardineros, poetas. Antigüedad – Extremo Oriente*. Madrid: Abada Editores, 2005a.

BARIDON, M. *Los jardines. Pasajistas, jardineros, poetas. Islam – Edad Media – Renacimiento – Barroco*. Madrid: Abada Editores, 2005b.

BENGOCHEA, A. "A hedonic valuation of urban green areas". *Landscape and Urban Planning*, 2003, 66: 35-41.

BETTINI, V. (ed.) *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Ed. Trotta, 1998.

BETTINI, V. "Lo que no es ecología urbana". En: BETTINI, V. (ed.) *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Ed. Trotta, 1998, p. 55-76.

BETTINI, V. "El balance de la ciudad". En: BETTINI, V. (ed.) *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Ed. Trotta, 1998, p. 77-108.

BETTINI, V. "La ciudad, un mosaico de hábitats". En: BETTINI, V. (ed.) *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Ed. Trotta, 1998, p. 131-156.

BETTINI, V. "La ciudad de la naturaleza". En: BETTINI, V. (ed.) *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Ed. Trotta, 1998, p. 311-366.

BLAIR, R. B. "Land use and avian species diversity along an urban gradient". *Ecological Applications*, 1996, 6 (2): 506-519.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. "Ecosystem services in urban areas". *Ecological Economics*, 1999, 29: 293-301.

BRADLEY, G. A. (ed.) *Urban forest landscapes. Integrating multidisciplinary perspectives*. Seattle: University of Washington Press, 1995.

BREUSTE, J. H. "Decision making, planning and design for the conservation of indigenous vegetation within urban environment". *Landscape and Urban Planning*, 2004, 68: 439-452.

BUREL, F.; BAUDRY, J. *Ecología del paisaje*. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 2002.

BURRIEL, J. A.; PONS, X.; TERRADAS, J. *Mapa Ecològic de Barcelona* (en línea). Barcelona: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), 1998. Disponible en: <<http://www.mediambient.bcn.es/cat/mapa/MEB/Mapes.htm>>

CALVO, M.; SANCHO, F. *Estimación de la huella ecológica en Andalucía y aplicación a la aglomeración urbana de Sevilla*. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía, 2001.

CAPEL, H. *La morfología de las ciudades. Vol. I: Sociedad, cultura y paisaje urbano*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002.

CASTRO NOGUEIRA, H. (coord.) *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 2002.

CELECIA, J. *UNESCO's Man and Biosphere Programme and urban ecosystem research: a brief overview of the evolution and changes of a three-decade international experience*. París: MAB Urban Group, UNESCO, 2000.

CELESTI GRAPOW, L.; BLASI, C. "A comparison of the urban flora of different phytoclimatic regions in Italy". *Global Ecology and Biogeography Letters*, 1998, 7: 367-378.

CHIESURA, A. "The role of urban parks for the sustainable city". *Landscape and Urban Planning*, 2004, 68: 129-138.

COLLINGE, S. K. "Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning". *Landscape and Urban Planning*, 1996, 36: 59-77.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. *Libro verde sobre el medio ambiente urbano*. Bruselas: Oficina de Publicaciones de las Comunidades Europeas, 1990.

COMISIÓN DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future* (Informe Brundtland). Naciones Unidas, 1987.

COMISIÓN EUROPEA *Hacia un perfil de la sostenibilidad local. Indicadores comunes europeos* (en línea). Bruselas: D. G. Medio Ambiente, Comisión Europea, 2000. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/urban/pdf/indicadores_es.pdf>

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (Andalucía). *Diagnóstico ambiental de las ciudades andaluzas de más de 30.000 habitantes*. Sevilla: Junta de Andalucía, 2001.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (Andalucía). *El Medio Ambiente Urbano en Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía, 1997.

CONSTANZA R., et al. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*, 1997, 387 (15): 253-260.

COWELL, F. R. *The garden as a fine art: from antiquity to modern times*. London: Weidenfeld and Nicolson, 1978.

DAILY, G. (Ed.). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington D.C.: Island Press, 1997.

DE GROOT, W. T.; VAN DEN BORN, R. J. G. "Visions of nature and landscape type preferences: an exploration in The Netherlands". *Landscape and Urban Planning* 2003, 63: 127-138.

DEUTSCHEWITZ, K. et al. "Native and alien plant species richness in relation to spatial heterogeneity on a regional scale in Germany". *Global Ecology & Biogeography*, 2003, 12: 299-311.

DOUGLAS, I. *The urban environment*. London: Edward Arnold, 1983.

DUHME, F.; PAULEIT, S. "Some examples of different landscape systems and their biodiversity potential". *Landscape and Urban Planning*. 1998, 41 (3-4): 249-261.

ELIASSON, I. "The use of climate knowledge in urban planning". *Landscape and Urban Planning*, 2000, 48 (1-2): 31-44.

FARIELLO, F. *Parchi e zone verdi nella struttura urbana*. Roma: Ed. dell'Ateneo, 1969.

FARINA, A. *Principles and Methods in Landscape Ecology*. London: Chapman & Hall, 1998.

FARIÑA TOJO, J. *La ciudad y el medio natural*. Madrid: Akal, 2001.

- FAULKNER, S. "Urbanization impacts on the structure and function of forested wetlands". *Urban Ecosystems*, 2004, 7: 89-106.
- FERIA, J. M. (dtor.) *Área metropolitana de Sevilla. Análisis del medio físico*. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía, 1998.
- FERIA, J. M. (coord.) *La ciudad de Sevilla y su dimensión metropolitana. Documento de diagnóstico para la elaboración del Plan General de Ordenación Urbana de Sevilla*. Informe inédito.
- FERIA, J. M.; SUSINO, J. (coord.) *Movilidad por razón de trabajo en Andalucía*. 2001. Sevilla: Instituto de estadística de Andalucía, 2005.
- FERNÁNDEZ ALBA, A. "La naturaleza como arquitectura recreada". *Ciudad y Territorio*, 1992, 94: 15-37.
- FOLCH, R. (ed.) *El territorio como sistema*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003.
- FOLCH, R. "Los conceptos socioecológicos de partida". En: FOLCH, R. (ed.) *El territorio como sistema*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003a, p. 19-42.
- FOLCH, R. "La aproximación sostenibilista. Evolución de la mirada y del proyecto sobre el territorio". En: FOLCH, R. (ed.) *El territorio como sistema*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003b, p. 91-100.
- FONT, A. (coord.) *Planeamiento urbanístico. De la controversia a la renovación*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003.
- FORMAN, R.; GODRON, M. *Landscape ecology*. New York: John Wiley and Sons, 1986.
- FREESTONE, R.; NICHOLS, D. "Realising new leisure opportunities for old urban parks: the internal reserve in Australia". *Landscape and Urban Planning*, 2004, 68: 109-120.
- FREEMAN, C.; BUCK, O. "Development of an ecological mapping methodology for urban areas in New Zealand". *Landscape and Urban Planning*, 2003, 63: 161-173.
- GEOGHEGAN, J.; WAINGER, L. A.; BOCKSTAEL, N. E. "Spatial landscape indices in a hedonic framework: an ecological economics analysis using GIS". *Ecological Economics*, 1997, 23: 251-264.
- GEOGHEGAN, J. "The value of open spaces in residential land use". *Land Use Policy*, 2002, 19: 91-98.
- GODEFROID, S.; KOEDAM N. "Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest: an effect of the city-forest ecotone". *Landscape and Urban Planning*, 2003a, 65: 169-185.
- GODEFROID, S.; KOEDAM N. "How important are large vs. small forest remnants for the conservation of the woodland flora in an urban context?". *Global Ecology & Biogeography*, 2003b, 12: 287-298.
- GORDON, D. (coord.) *Green Cities. Ecologically sound approaches to urban space*. Montréal: Black Rose Books, 1990.
- GREENCLUSTER. *Report review 2: Tools* (en línea). Red de investigación Greencluster, 2004. Disponible en <<http://www.greencluster.org>>
- HAMILTON, A. J. "Species diversity or biodiversity?". *Journal of Environmental Management*. 2005 (ejemplar consultado en prensa).
- HERNÁNDEZ AJA, A. *Informe sobre los indicadores locales de sostenibilidad utilizados por los municipios españoles firmantes de la Carta de Aalborg* (en línea). Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2003. Disponible en: <<http://habitat.aq.upm.es/indloc/aindloc.pdf>>
- HOUGH, M. *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998.
- JARDEL, E. J. "Medio Ambiente, sustentabilidad y ecosistemas urbanos". Ponencia presentada en el Primer Encuentro Nacional Gobierno-Sociedad por el Hábitat. Secretaría de Desarrollo Social. Puerto Jayarta, Jalisco, México, 2001.
- JIM, C. Y.; CHEN, S. S. "Comprehensive greenspace planning based on landscape ecology principles in compact Nanjing city, China". *Landscape and Urban Planning*, 2003, 65: 95-116.
- JO, H. "Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea". *Journal of Environmental Management*, 2001, 64: 115-126.
- KANDA, M. "Progress in the scale modeling of urban climate: Review". *Theoretical and Applied Climatology*, 2006, 84 (1-3): 127-135.
- KIM, G. K. *Climate, urbanization and green spaces in urban areas. The case of Seoul, Republic of Korea*. París: UNESCO MAB, 1989.
- LEFREVRE, H.: *Town and Country, Writings on cities*. Massachusetts: Blackwell Publishers, 2000.
- LIMBURG, E. A.; FOLKE, C. "The ecology of ecosystem services: introduction to the special issue". *Ecological Economics*, 1999, 29: 179-182.
- LLOP, C. "De la reserva urbana al proyecto del territorio municipal". En: FONT, A. (coord.) *Planeamiento urbanístico. De la controversia a la renovación*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003, p. 151-168.
- LUCK, M.; WU, J. "A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA". *Landscape Ecology*, 2002, 17: 327-339.
- MAHON, J. R.; MILLER, R. W. "Identifying high-value greenspace prior to land development". *Journal of Arboriculture*, 2003, 29 (1): 25-33.
- MARGALEF, R. *Ecología*. Barcelona: Ediciones Omega, 1991.
- MARULLI, J.; MALLARACH, J. M. "A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area". *Landscape and Urban Planning*, 2005, 71: 243-262.
- MAURER, U.; PESCHEL, T.; SCHMITZ, S. "The flora of selected urban land-use types in Berlin and Postdam with regard to nature conservation in cities". *Landscape and Urban Planning*, 2000, 46: 209-215.
- MCDONNELL, M. J. et al. "Ecosystem processes along a urban-to-rural gradient". *Urban Ecosystems*, 1997, 1: 21-36.
- MCKINNEY, M. L. "Urbanization as a major cause of biotic homogenization". *Biological Conservation*, 2005, 127: 247-260.
- MCPHERSON, E. G. "Cooling urban heat islands with sustainable landscapes". En: PLATT, R. H.; ROWNTREE, R. A.; MUICK, P. C. (ed.) *The ecological city. Preserving and restoring urban biodiversity*. Amherst: University of Massachusetts Press, 1994, p. 151-171.
- MCPHERSON, E. G.; ROWNTREE, R. A.; WAGAR, J. A. "Energy-efficient landscapes". En: BRADLEY, G. A. (ed.) *Urban forest landscapes. Integrating multidisciplinary perspectives*. Seattle: University of Washington Press, 1995, p. 150-160.
- MCPHERSON, E. G. et al. "Quantifying urban forest structure, function and value: the Chicago Urban Forest Climate Project". *Urban Ecosystems*, 1997, 1: 49-61.
- MEADOWS, D. L. et al. *The Limits to Growth* (Los límites del Crecimiento. Informe al Club de Roma). Nueva York: Universe Books, 1972.
- MILTNER, R. J.; WHITE, D.; YODER C. "The biotic integrity of streams in urban and suburbanizing landscapes". *Landscape and Urban Planning*, 2004, 69: 87-100.
- MUMFORD, L. "Historia natural de la urbanización". Versión española. Contribución del autor al Seminario Man's role in changing the face of Earth, 1956 (en línea). Disponible en: <<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n21/al-mum.html>>
- NAREDO, J. M. "Raíces económicas del problema ambiental". Ponencia presentada al I Congreso de la Asociación Hispano-Portuguesa de Economía de los Recursos Natu-

- rales y Ambientales. 2004a. Disponible en: <<http://www.aena.org>>
- NAREDO, J. M. "Desarrollo sostenible y territorio". En: *Urbanismo para un desarrollo más sostenible*. Palma de Mallorca: Col·legi Oficial d'Arquitectes de les Illes Balears, Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2004b. P- 16-31.
- NEBBIA, G. "Historia natural de los bienes en el ecosistema urbano". En: BETTINI, V. (ed.) *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Ed. Trotta, 1998, p. 215-232.
- NIEMELA, J. "Ecology and urban planning". *Biodiversity and Conservation*, 1999a, 8: 119-131.
- NIEMELA, J. "Is there a need for a theory of urban ecology?". *Urban ecosystems* 1999b, 3: 57-65.
- NOWAK, D. J. et al. "Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide". *Journal of Arboriculture*, 2002, 28 (3): 113-122.
- ODUM, E.P. *Basic Ecology*. Filadelfia: Saunders College Publishing, 1983.
- OGUZ, D. "User surveys of Ankara's urban parks". *Landscape and Urban Planning*, 2000, 52: 165-171.
- OKE, T.; KAYSIK, K.; BERNHOFER, C. "Editorial: progress in urban climate". *Theoretical and Applied Climatology*, 2006, 84 (1-3): 1-2.
- ONG, B. L. "Green plot ratio: an ecological measure for architecture and urban planning". *Landscape and Urban Planning*, 2003, 63: 197-211.
- PARK, R. E. *La ciudad y otros ensayos de ecología urbana*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1999.
- PEDERSEN, A. O.; NYHUUS, S.; BLINDHEIM, T. "Implementation of a GIS-based management tool for conservation of biodiversity within the municipality of Oslo, Norway". *Landscape and Urban Planning*, 2004, 68: 429-438.
- PESCI, R. "El urbanismo y la cultura ambiental". En: FOLCH, R. (ed.) *El territorio como sistema*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003, p. 101-120.
- PLATT, R. H.; ROWNTREE, R. A.; MUICK, P. C. (ed.) *The ecological city. Preserving and restoring urban biodiversity*. Amherst: University of Massachusetts Press, 1994.
- PLATT, R. H. "The ecological city: introduction and overview". En: PLATT, R. H.; ROWNTREE, R. A.; MUICK, P. C. (ed.) *The ecological city. Preserving and restoring urban biodiversity*. Amherst: University of Massachusetts Press, 1994a, p.1-20.
- PLATT, R. H. "From commons to commons: evolving concepts of open space in North American cities". En: PLATT, R. H.; ROWNTREE, R. A.; MUICK, P. C. (ed.) *The ecological city. Preserving and restoring urban biodiversity*. Amherst: University of Massachusetts Press, 1994b, p. 21-39.
- PYSEK, P. "Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison". *Journal of Biogeography*, 1998, 25: 155-163.
- RICHARD, J. F. "Paysages, ecosystemes, environnement. Une approche géographique". *L'Espace Géographique*, 1975, 2:81-92.
- ROBITU, M. et al. "Modelling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate". *Solar Energy*, 2006, 80 (4): 435-447.
- RODÀ, F. "La matriz del paisaje. Funciones ecológicas y territoriales". En: FOLCH, R. (ed.) *El territorio como sistema*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003, p. 43-56.
- RODRÍGUEZ-AVIAL, L. *Zonas verdes y espacios libres en la ciudad*. Madrid: Instituto de Estudios de la Administración Local, 1982.
- RUBINO, M. J.; HESS, G. R. "Planning open spaces for wildlife 2: modeling and verifying focal species habitat". *Landscape and Urban Planning*, 2003, 64: 89-104.
- SABATÉ, J. "Balance y perspectivas del planeamiento urbanístico municipal". En: FONT, A. (coord.) *Planeamiento urbanístico. De la controversia a la renovación*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003, p. 181-206.
- SAL'NIKOV, A. L.; PILIPENKO, V. N. "Anthropogenic transformation of flora in the city of Astrakhan and its environs over the past 100 years". *Russian Journal of Ecology*, 2005, 36 (6): 383-390.
- SALVADOR PALOMO, P. J. *La planificación verde en las ciudades*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2003.
- SALVO, A. E.; GARCÍA-VERDUGO, J. C. (coord.) *Naturaleza urbanizada. Estudios sobre el verde en la ciudad*. Málaga: Universidad de Málaga, 1993.
- SAWHILL, R. B.; FERGUSON, B. K. "The potential for recycling municipal sewage sludge as a substrate for wetland creation". *Landscape and Urban Planning*, 1998, 42: 123-134.
- SEVILLA GLOBAL. *Atlas Sevilla Metropolitana: Territorio y Actividades Productivas*. Sevilla: Agencia Urbana de Promoción Económica, 2003.
- SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. "Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees". *Energy and Buildings*, 2000, 31 (3): 221-235.
- SOPPER, W. "Forests as living filters for urban sewage". En: GORDON, D. (coord.) *Green Cities. Ecologically sound approaches to urban space*. Montréal: Black Rose Books, 1990, p. 145-158.
- SORIA Y PUIG, A. "En pro de una red peninsular de parques lineales". *Ciudad y Territorio*, 1996, 111: 31-47.
- STADLER, J. et al. "Exotic plant species invade diversity hot spots: the alien flora of northwestern Kenya". *Ecography*, 2000, 23: 169-176.
- SUKOPP, H.; WERNER, P. *Naturaleza en las ciudades. Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas*. Edición en español. Madrid: Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1991.
- SUKOPP, H. "On the early history of urban ecology in Europe". *Preslia*, 2002, 74: 373-393.
- TARRANT, M. A.; CORDELL, H. K. "Amenity values of public and private forests: examining the value-attitude relationship". *Environmental Management*, 2002, 30 (5): 692-703.
- TERAN, Fernando. *Ciudad y urbanismo en el mundo actual*. Madrid: Blume, 1969.
- TERRADAS, J. *Ecología urbana*. Barcelona: Rubes Editorial, 2001.
- THACKER, C. *The history of gardens*. London: Croom Helm, 1979.
- TURNER, T. *Garden history: philosophy and design 2000 BC-2000 AD*. London: Spon, 2005.
- TYRVÄINEN, L. "Economic valuation of urban forest benefits in Finland". *Journal of Environmental Management*, 2001, 62: 75-92.
- U.N. POPULATION DIVISION. *World Population Prospect: The 2004 Revision* (en línea). Naciones Unidas, 2005. Disponible en: <<http://esa.un.org/unpp>>
- URGE. *Making Greener Cities. A practical guide* (en línea). Leipzig-Halle: UFZ Centre for Environmental Research, 2004. Disponible en: <<http://www.urge-project.ufz.de>>
- URGE. *Interdisciplinary Catalogue of Criteria (ICC)* (en línea). Leipzig-Halle: UFZ Centre for Environmental Research, 2004. Disponible en: <<http://www.urge-project.ufz.de>>
- USDA NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICES / AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE *Hydrology National Engineering Handbook* (en línea). United States Department of Agriculture, 2004. Disponible en: <<http://www.wwc.nrcs.usda.gov/hydro/hydro-techref-neh-630.html>>
- VENETOULIS, J.; CHAZAN, D.; GAUDET, C. *Ecological Footprints of Nations, 2004* (en línea). Redefining Progress, 2004. Disponible en: <<http://www.redefiningprogress.org>>
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers, 1996.

WACKERNAGEL, M. *Advancing Sustainable Resource Management. Using ecological footprint analysis for problem formulation, policy development and communication* (en línea). Bruselas: Dirección General de Medio Ambiente, Comisión Europea, 2001. Disponible en <<http://www.redefiningprogress.org>>

WANIA, A.; KÜHN, I.; KLOTZ, S. "Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany – spatial gradients of species richness". *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75: 97-110.

WHITE, M. D.; GREER, K. A. "The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Peñasquitos Creek, California". *Landscape and Urban Planning*, 2006, 74: 125-138.

WHITFORD, V.; ENNOS, A. R.; HANDLEY, J. F. "City form and natural process –indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK". *Landscape and Urban Planning*, 2001, 57: 91-103.

WOLMAN, A. "The metabolism of cities". *Scientific American*, 1965, 213: 179-190.

YANG, J. et al. "The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction". *Urban Forestry and Urban Greening*, 2005, 3: 65-78.

ZERBE, S. et al. "Biodiversity in Berlin and its potential for nature conservation". *Landscape and Urban Planning*, 2003, 62: 139-148.

ZHANG, L. et al. "A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China". *Landscape and Urban Planning*, 2004, 69: 1-16.

ZIPPERER, W. C. et al. "The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes". *Ecological Applications*, 2000, 10 (3): 685-688.

