



Las ciudades nacen, hace tan sólo unos 5000 años, como una peculiaridad de la especie humana. Son básicamente estructuras capaces de acoger grandes aglomeraciones permanentes de individuos. Su compleja y artificiosa ordenación hace de ellas el contrapunto "humano" de la naturaleza, razón por la cual la moderna ecología y los movimientos ecologistas surgen como defensores de lo "natural" y contrarios, por tanto, a lo "ciudadano". Pero la ciudad, como entorno vivo, es en sí misma un ecosistema. La ecología urbana surge de esa consideración y estudia, desde una perspectiva científica, el fenómeno urbano centrándose en el estudio de los procesos y los flujos que mantienen el metabolismo de la ciudad.

Ecología urbana analiza de forma clara y comprensible la complejidad de la estructura urbana, cuantifica las corrientes de materia y energía que interrelacionan la ciudad con su entorno y permiten su continuidad, e introduce indicadores ambientales y de sostenibilidad aplicados al conjunto urbano, considerando siempre el protagonismo del elemento vital (humano o animal) que habita la ciudad.

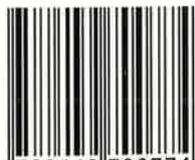
El autor concluye exponiendo las bases sobre las que se sustentará la ciudad futura y enuncia los criterios ecológicos para la gestión de las urbes.

Jaume Terradas es catedrático de Ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona y director del Centro de Investigación de Aplicaciones Forestales (CREAF). Pionero en la investigación de ecosistemas terrestres fue el primer presidente de la Asociación Española de Ecología Terrestre.

Cuadernos de MEDIO AMBIENTE



ISBN 84-497-0077-9



9 788449 700774

Jaume Terradas

Ecología urbana

Jaume Terradas

Ecología urbana



Cuadernos de
MEDIO AMBIENTE

Ecología urbana

Jaume Terradas



RUBES

Colección dirigida por Josep Enric Llebot

Primera edición: noviembre 2001

© Jaume Terradas Serra

© Rubes Editorial, S.L.

Sicilia, 236 bis, 2º 2ª

08013 Barcelona

Tel.: 93 231 12 00

Fax: 93 231 12 01

e-mail: rubes.editorial@retemail.es

Cubierta: Néstor Macià

ISBN: 84-497-0077-9

Depósito legal: B-50 796-2001

Printed in Spain - Impreso en España

Impreso en Litografía 2003 S.L.

sobre papel ecológico 100 % libre de cloro

Índice

Prólogo	7
1 Introducción	9
El fenómeno urbano en la historia	9
El crecimiento explosivo de las ciudades en los últimos tiempos	11
El caso barcelonés y los mecanismos conductores del cambio urbano	15
Los mecanismos y las consecuencias del crecimiento	16
Algunas consecuencias de los cambios recientes en ciudades europeas	17
La globalización de los recursos	20
Las ciudades, sistemas abiertos	21
La ciudad y las sierras	23
El futuro es urbano	25
Ciudad y ecología	27
2 El estudio de la ecología urbana	29
¿Qué es el ecosistema urbano?	33
¿Es la ciudad un ecosistema?	35
Ecología y economía	51
La aproximación ecológica no es reduccionista	54
La noción de sostenibilidad aplicada a las ciudades	55
3 Estructura urbana, urbanismo i ecología	59
Las condiciones ambientales y la estructura urbana	59
Nuevas técnicas y nuevas bases conceptuales de estudio de la estructura urbana y su dinámica	69

La estructura urbana y los modelos urbanísticos	72
La planificación y su eficacia	77
Los espacios verdes urbanos	82
Hacia una estrategia de conservación de la biodiversidad desde las ciudades	85
Ciudad y naturaleza en el territorio	85
4 El metabolismo de la ciudad	89
Las poblaciones urbanas y el metabolismo endosomático	89
Actividad de las poblaciones: el transporte y la estructuración territorial	96
El metabolismo exosomático urbano	99
Caminos de futuro para el análisis ecológico de los sistemas urbanos	104
Tendencias ambientales de las ciudades e indicadores ecológicos de la sostenibilidad	106
Las dificultades de los indicadores	108
Hacia nuevos sistemas de indicadores ambientales locales comparables en el ámbito europeo	115
5 Conclusiones	117
Criterios ecológicos para la gestión urbana	123
Consideraciones generales	123
Recomendaciones generales	124
Índice alfabético	126

Como conclusión natural, la idea de Civilización, para Jacinto, era inseparable de la imagen de Ciudad, de una enorme Ciudad, con todos sus enormes órganos funcionando, poderosos. Este amigo mío supercivilizado no comprendía que, lejos de almacenes atendidos por tres mil cajeros, de mercados donde van a parar las huertas y campos de treinta provincias, de bancos en los que se retiene el oro del universo, de fábricas que humean atareadas e inventan, atareadas también, de bibliotecas repletas a rebosar del papeleo de los siglos, e inacabables hileras de calles cruzadas arriba y abajo por hilos de telégrafo o de teléfono, por conductos de gas o de alcantarillas, de ruidosas caravanas de autobuses, tranvías, carrozas, velocípedos, simonas y berlinas de lujo y de dos millones de una humanidad errante que corre febril entre policías, en la dura búsqueda del pan o con la ilusión del disfrute, el hombre del siglo XIX pudiese saborear plenamente la delicia del vivir.

J.M. EÇA DE QUEIROZ, *La Ciudad y las Sierras*

Prólogo

El fenómeno urbano ha sido decisivo en la historia de la humanidad y sigue siéndolo también en la historia de la vida sobre la Tierra. Desde el punto de vista de la historia, la sociología, la economía, la política y otras ciencias humanas, esta importancia ha sido ampliamente reconocida, y abunda la bibliografía disponible sobre este tema. Durante muchos años, la urbanística, que puede ser considerada como la disciplina de la planificación urbana, y su práctica, el urbanismo, han evolucionado, produciendo nuevas teorías e inventando nuevas soluciones para la ordenación de las ciudades y, a su vez, del territorio, a medida que iban apareciendo nuevas necesidades y nuevas posibilidades (por ejemplo, de comunicaciones y transporte). Hoy día no cabe duda que los retos no son los mismos que hace un siglo o diez siglos. Entre los nuevos retos, hay algunos, al menos, que exigen incorporar nuevos conceptos y desarrollar nuevas herramientas. Una parte significativa de estos nuevos retos es de carácter ambiental y sólo se puede entender si situamos el fenómeno urbano en el marco de los procesos funcionales que relacionan las ciudades y el medio, del cual el territorio es un aspecto importante, pero no el único. En este contexto, si aprendemos a integrar la ecología en las ramas más habitualmente ligadas al estudio de las ciudades, pueden resultar interesantes aportaciones.

Al igual que para Jacinto al inicio de la novela de Eça de Queiroz, la ciudad ha sido sinónimo de civilización a lo largo de los siglos y también ha sido criticada como lugar de desorden, falta de valores morales y peligro, seguramente desde sus orígenes (tal como lo hace el narrador de la misma obra). Aunque la contraposición entre *ciudad*

y *naturaleza* es muy vieja, los argumentos en un sentido u otro evolucionan. Los movimientos ambientalistas, que tanto han crecido en el último medio siglo, los aportan sobre todo en favor de la segunda de las dos «divinizadas» ideas enemigas. Dado que se acostumbra a entender la ecología como una especie de sinónimo de defensa de lo «natural», el lector desprevenido puede pensar que la ecología urbana sólo puede ser una crítica despiadada de los terribles efectos de la ciudad sobre el entorno. Es preciso advertir, sin embargo, que este concepto de ecología no se corresponde con el que siempre han defendido los científicos. La ecología es una ciencia y lo que pretende es ayudar a entender la realidad; no acumular argumentos en favor o en contra de unas ideas abstractas, sino formular preguntas y posibles respuestas y contrastar dichas respuestas hasta comprobar si resisten las pruebas o es preciso encontrar nuevas respuestas. La ecología urbana se enfrenta al fenómeno urbano desde una perspectiva relativamente nueva, considerando a la ciudad como un ecosistema y prescindiendo de la antinomia tradicional entre ciudad y campo, para centrarse en el análisis de procesos. En este libro intentaremos explicar cuál es esta perspectiva y qué puede añadir a nuestra comprensión del fenómeno urbano. Ni más ni menos que eso.

JAUME TERRADAS

Barcelona, octubre de 2001

Introducción

El fenómeno urbano en la historia

Las primeras ciudades conocidas no tienen más de 5000 años de antigüedad. En comparación con la historia de la humanidad se trata de un corto período, ya que nuestra especie tiene unos 300 000 años de antigüedad (y nuestro género *Homo*, del orden de 2,5 millones de años). En resumen, las ciudades son cosa del último 1,5 o 2 % de la historia de nuestra especie, lo que equivale a sólo unas 200 generaciones. Sin embargo, antes de instalarse en ciudades, el hombre ya había adquirido algunas habilidades fundamentales. Sabía usar el fuego para cazar y para desforestar, domesticar plantas y animales, y fabricar herramientas. El fuego y las herramientas eran complementos exosomáticos de su capacidad para extraer recursos del medio y transformarlo, y le proporcionaban grandes ventajas, puesto que tenía, además, una capacidad mucho mayor que las otras especies para transmitir los conocimientos y habilidades adquiridas en el uso de las herramientas por vía cultural. Hace unos 10 000 años se domesticaron plantas y animales para la producción de alimentos: se inventó la agricultura y se desarrolló la ganadería. Esto fue lo que, al garantizar la producción de excedentes alimentarios, abrió las puertas a la creación de ciudades. Lo que define el inicio de la fase urbana de nuestra historia es el establecimiento de poblaciones relativamente grandes en asentamientos en los que mayoritariamente la comunidad ya no depende de la caza, pesca, recolección o agricultura de forma discreta, sino que obtiene los alimentos por intercambio con campesinos, pudiendo así dedicarse a otras actividades.

Advertimos que numerosas especies, además de la humana, forman también grandes aglomeraciones de individuos y construyen refugios. Del estudio de todos estos casos se deduce que la estrategia de formar aglomeraciones tiene siempre inconvenientes conocidos. Uno es el elevado riesgo de epidemias (solamente hay que pensar, en el caso del hombre, en los estragos de la peste negra, o peste bubónica, producida por la bacteria *Pasteurella pestis*, que causó gran mortandad en Europa, también en Cataluña a finales del siglo XIV y principios del XV, con manifestaciones de casos aislados hasta 1844, y hasta 1929 en Hong Kong, o en la denominada gripe española de 1918 que causó veinte millones de muertos). Otro inconveniente es el aumento de la agresividad interespecífica. Un tercero son los posibles períodos de dificultades en el suministro de alimentos que, en el caso humano, están vinculados con la dependencia de monocultivos de alta producción (precisamente para alimentar a una población numerosa): si falla un año el cultivo básico, pueden producirse situaciones de hambre.

Las aglomeraciones también tienen ventajas. Una es la defensa contra depredadores o ataques de poblaciones vecinas de la misma especie. Otra es la posibilidad de dividir funciones y alcanzar así una mayor eficiencia en el conjunto. Sin embargo, aunque la división de funciones hace la sociedad más eficaz, también conlleva otras consecuencias: va asociada al establecimiento de un orden jerárquico más o menos desarrollado. En el caso humano, debido a este orden social, la vida en ciudades ha traído consigo también el refuerzo de la propiedad privada de objetos, casas y, finalmente, medios de producción, incluido el suelo, y la pertenencia de estas propiedades a determinadas familias, así como, la desigual distribución de la riqueza.

Las ciudades antiguas solían ser de dimensiones relativamente pequeñas, unos miles de habitantes, aunque Roma tuviese cerca de un millón. Muchas ciudades vivieron períodos de esplendor, pero se derrumbaron en poco tiempo, y las sociedades correspondientes volvieron a formas de menor consumo energético (pastoreo en vez de agricultura, por ejemplo, o abandono de la actividad imperialista para recluirse en los límites locales). Estas decadencias se han asignado con frecuencia a causas sociales, económicas o políticas (bélicas), pero la capacidad actual para fechar con precisión los cambios paleoclimáticos ha puesto de manifiesto ejemplos en los que la causa fue un período relativamente largo (unas décadas) de condiciones desfavorables.¹ Otras veces, las causas de regresión a formas preurbanas han sido terremotos o epidemias. Las ciudades primitivas eran muy dependientes de mercados locales, más susceptibles ante un acontecimiento puntual catastrófico. Por tanto, en las regresiones han intervenido causas sociales y causas naturales.

Los ciclos se repiten: paso de sociedades nómadas recolectoras y cazadoras de baja densidad a sociedades con cultivos y ganadería intensivos, rápidas explosiones demográficas, formación de clases y gremios, militarización y aumento de la agresividad sobre sociedades vecinas para ganar territorios (recursos)... y después una decadencia súbita, con frecuencia coincidiendo con guerras, pérdida de control sobre los recursos, un período de unas décadas de frío, sequía o ambas cosas, o con catástrofes puntuales que afectan a la producción básica, a las que siguen probablemente períodos de hambre, que reducen drásticamente la población y llevan al abandono de campos y sistemas de regadío e incluso de la propia ciudad, y el retorno a la vida nómada o a pequeños asentamientos. Una parte de la humanidad ha vivido en ciudades así más de 5000 años, y todavía lo hace.

Sólo en unas seis generaciones (¡tengamos en cuenta que una persona suele conocer, durante su vida, a personas de cinco o hasta siete generaciones; desde sus abuelos o bisabuelos a sus nietos o biznietos), menos de 200 años, se ha desarrollado un cambio esencial, vinculado a la industrialización, que comporta un incremento rapidísimo y acelerado del uso de la energía exosomática para mover máquinas, gracias a que las fuentes tradicionales de energía se complementan y sustituyen por combustibles fósiles y energía eléctrica de origen térmico, hidráulico o nuclear. La gran disponibilidad de energía ha permitido extender y profundizar las actividades de extracción de recursos en muchas zonas del planeta y ha creado grandes cantidades de residuos de todo tipo, pero también ha permitido diversificar los alimentos (por el intercambio a distancias crecientes) y estabilizar el suministro de éstos. Así mismo, las medidas de higiene, la mejor alimentación, las vacunas y los antibióticos han mejorado las condiciones sanitarias y, sin excluir el riesgo de epidemias, consustancial con las aglomeraciones humanas, han reducido sensiblemente los efectos. Sin embargo, en situaciones de crisis, las ciudades son las que más sufren los problemas de hambre y malnutrición. En resumen, la historia nos muestra que los procesos que originan, mantienen o destruyen las ciudades tienen constricciones físicas (geológicas, geomorfológicas, climáticas, etc.) o de origen social y una dinámica marcada por factores físicos, biológicos, culturales, económicos y sociales. La integración de todos estos conocimientos es, pues, un reto permanente para la comprensión del fenómeno urbano.

El crecimiento explosivo de las ciudades en los últimos tiempos

Si algo caracteriza nuestro siglo es la *aceleración*. Hay aceleración en el crecimiento de la población humana, en las tasas de consumo de materiales (como el agua, la madera, los combustibles fósiles), en la apropiación directa o indirecta por el hombre de

la producción primaria (la producción de materia orgánica por las plantas verdes), en la ocupación del espacio, en las distancias de desplazamiento por persona y año, en la capacidad de intercambiar información..., prácticamente en todo. Uno de los fenómenos socialmente más trascendentes es la aceleración del crecimiento de la población urbana en todo el mundo, como se deduce de los datos siguientes: a partir de 1950, el aumento medio anual de la población ha sido de 26,7 millones en la década de los cincuenta, 34 millones en la de los sesenta, 39,7 en la de los setenta, 52,6 en la de los ochenta y 57,6 en la de los noventa. Vemos que el aumento anual medio ahora ya es casi el doble con respecto al de hace 50 años. Como resultado, la gente cada vez vive en mayor proporción en ciudades, y cada vez menos en medios rurales. No sólo eso, sino que la gente vive en ciudades cada vez mayores.

Según el Informe del Worldwatch Institute del 2000,² entre 1996 y 1999 no menos de 200 millones de personas más se añadieron a la población urbana del mundo, alcanzándose un total de 2800 millones, que es el cuádruple de la población urbana de 1950 (¡multiplicarse por cuatro en tan sólo 50 años, dos generaciones, es un fenómeno realmente explosivo!), y esta población urbana supone un 47 % de la población mundial, cuando, en 1950, era menos de un 30 %. Como la población urbana aumenta mucho más deprisa que la total, dentro de 30 años, el 60 % de la población mundial vivirá en aglomeraciones. La proporción es todavía mayor en las zonas desarrolladas, superando el 70 % en Estados Unidos (donde casi llega al 80 %), Canadá, Europa occidental y Japón, y también en América Latina: México tenía un 92 % de población rural hace 35 años y ahora el 78 % es urbana; Brasil tenía un 80 % de población rural a principios de los años sesenta y ahora es urbana el 78 %. Sólo tres de las diez ciudades más grandes del mundo se encuentran en zonas desarrolladas (Tokio, Nueva York y Los Ángeles), y alguna de ellas dejará pronto de ser de las primeras. Las restantes son del denominado Tercer Mundo (México, con más de 20 millones de habitantes; Bombay, que crece más deprisa que cualquier otra ciudad asiática (se cree que ha crecido unos tres o cuatro millones de habitantes en los últimos diez años); Sao Paulo que tiene unos 18 millones; Shangai, Lagos, Seúl y Pequín), como también lo son otras que se acercan o sobrepasan la cifra de los 10 millones de habitantes (Teherán, Calcuta, Karachi, Yakarta, Río de Janeiro, Buenos Aires (fig. 1.2), Lima, El Cairo, etc.), muchas de las cuales han crecido casi de la nada durante el presente siglo. El Cairo tenía unos cinco millones y medio de habitantes en 1965 y ahora se acerca a los 15 millones. Yakarta se acerca a los 14 millones y crece a un ritmo vertiginoso (casi un millón por año), como también lo hace Estambul, que tiene unos quince millones de habitantes (fig. 1.1).

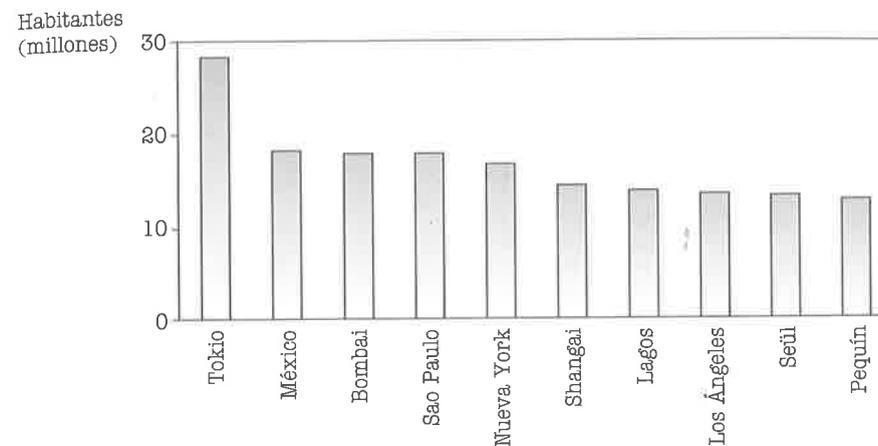


Figura 1.1 Las diez ciudades con mayor población del mundo. Estimación para el año 2000. La primera, Tokio, tiene 28 millones de habitantes; la décima, Pequín, 12,4 millones. (Fuente: <http://www.merit.com/Agenda21>)

Los cambios que se pronostican para el 2020 sitúan en primer lugar a Bombay, con más de 28 millones de habitantes y un incremento del orden del 53 %, seguida de Tokio, Lagos, Dhaka (en Bangla Desh), Karachi, México, Sao Paulo, Yakarta, Calcuta y Delhi. Se espera que el crecimiento de Lagos y Dhaka sea superior al 85 %. Las primeras de estas ciudades tienen densidades superiores a 40 000 habitantes por km².

En el Tercer Mundo, el crecimiento urbano es tan rápido que sobrepasa en mucho la capacidad para dotar a las ciudades de los suministros e infraestructuras más básicas (red de alcantarillado, agua potable, recogida de residuos, luz y combustible). Por ejemplo, Nuakchott, capital de Mauritania, que es uno de los países más pobres del mundo, multiplicó por once su población en un período de 15 años. La población urbana africana que era sólo del 27 % en 1980 pasará al 54 % en 2030. Pero antes de escandalizarnos recordemos que en la Europa del siglo XVI, Londres, Nápoles, Milán y Venecia sobrepasaban ligeramente la cifra de los 200 000 habitantes, París no alcanzaba esa cifra, y tan sólo 14 ciudades pasaban de 100 000 habitantes. Más tarde, Barcelona, en un siglo, desde 1715 a 1815, multiplicó su población por 35, ¡y entre 1715 y 1975 por 113! En resumen, muchas ciudades, sobre todo del Tercer Mundo, crecen muy deprisa y actualmente, según datos de las Naciones Unidas del año 1997, existen en el mundo 16 ciudades de más de 10 millones de habitantes y 300 ciudades de más de un millón.

El proceso de urbanización comporta problemas ambientales no únicamente locales. Por ejemplo, las ciudades, que sólo ocupan un 2 % de la superficie del planeta, produ-

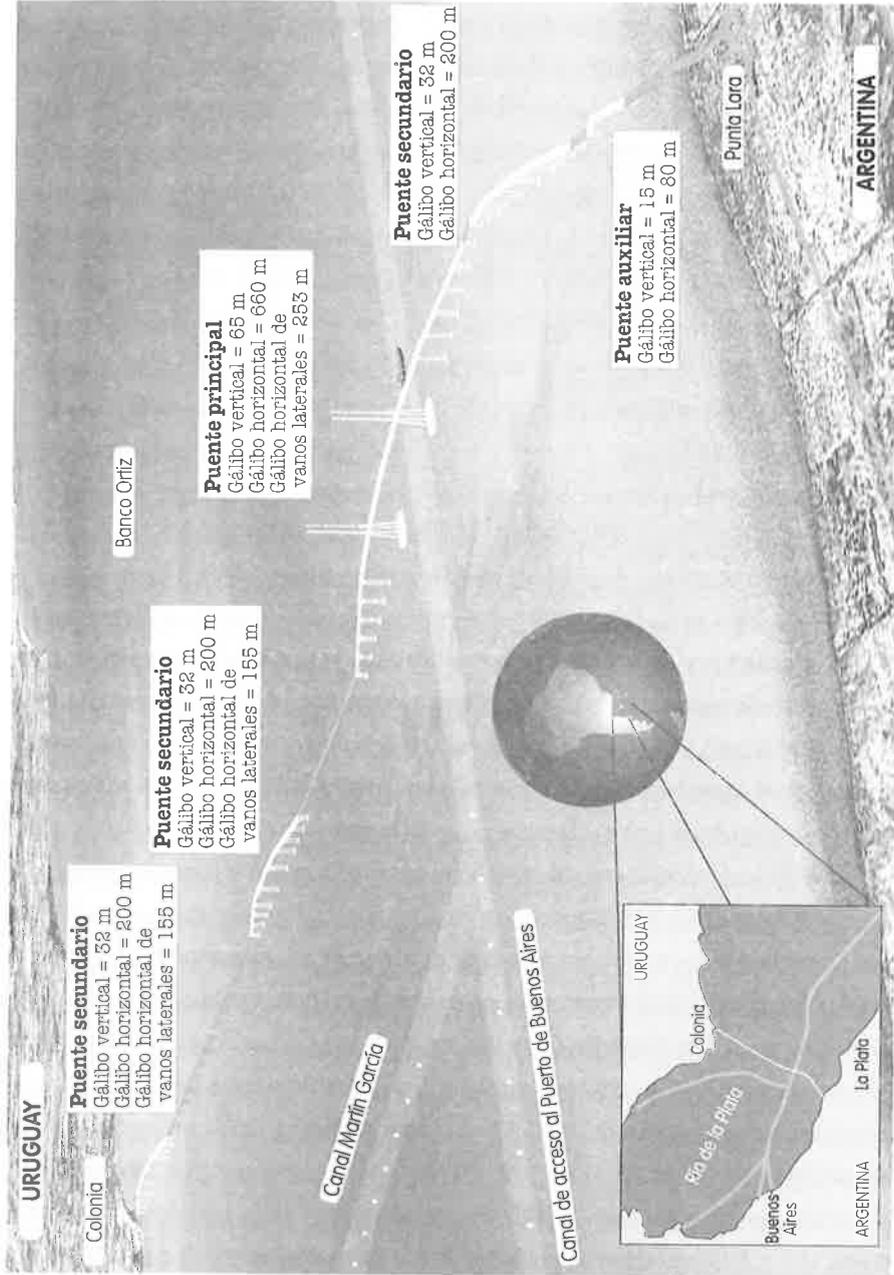


Figura 1.2 Simulación del futuro puente que unirá Buenos Aires, por Punta Lara, junto a La Plata, con Montevideo, por Colonia de Sacramento. Buenos Aires tiene unos 15 millones de habitantes y Montevideo menos de dos millones. El puente, con una longitud de 35 km, reduce en 350 km la conexión terrestre entre ambas áreas metropolitanas. Sin duda alguna, una obra de estas características sería un paso de gigante en el desarrollo de la red urbana sudamericana. (Imagen cedida por la revista *Ambiente*, de Buenos Aires. Agradecemos a Ramon Folch su mediación.)

cen el 78 % de los gases de efecto invernadero.³ El suministro de agua, energía y alimentos a las ciudades exige el aprovechamiento de recursos muy distantes. Y éste será uno de los temas básicos del libro. Lo que conviene ahora es adelantar que el impacto de la ciudades sobre los sistemas de soporte de vida del planeta es desmesurado en relación a la superficie directamente ocupada.

¿Hay perspectivas de que la urbanización explosiva se frene? En algunas grandes ciudades occidentales, las estadísticas parecen indicar un freno o incluso un retroceso del crecimiento. En Europa, las grandes ciudades han experimentado sucesivamente: *a*) una afluencia de población, *b*) un crecimiento en mancha de aceite, *c*) la aparición de áreas suburbanas y *d*) una tendencia al abandono de los centros históricos que, a partir de la década de los setenta, pueden haber sufrido, primero, un proceso de despoblamiento y decadencia, y haberse convertido, después, en foco de atracción de población no nativa, con un nuevo crecimiento demográfico. La reacción de los poderes públicos en contra de la decadencia de los antiguos centros ha comportado importantes transformaciones, y ahora estos procesos de remodelación y cambios demográficos pueden estar actuando simultáneamente. Las ciudades pequeñas y medianas, en cambio, han crecido durante más tiempo y la desaceleración no se ha producido hasta bien entrada la década de los ochenta. Ahora bien, ¿se trata realmente de un frenazo? Y en caso de que así sea, debemos admitir que no se advierte un proceso parecido en la mayor parte de las grandes ciudades del mundo. Veamos un caso que nos es cercano.

El caso barcelonés y los mecanismos conductores del cambio urbano

Actualmente, la población de Barcelona disminuye. Pero hay que estudiar las estadísticas con prudencia. Recordemos que Barcelona tenía en 1715, después de la Guerra de Sucesión y la caída de la ciudad, cerca de 37 000 habitantes, cifra que se había doblado hacia 1760. La población se volvió a duplicar en 80 años y, desde entonces hasta finales de siglo el crecimiento fue muy rápido. En un siglo, de 1715 a 1815, multiplicó su población por 35. En 1880 había, en la futura conurbación, unos 650 000 habitantes, cifra que se duplicó hacia 1920 y se volvió a duplicar en 1960, cuando se sobrepasaban los 2 300 000 habitantes. Entre 15 y 20 años más tarde ya se habían alcanzado, en el espacio metropolitano, los 4 200 000, lo cual refleja la gran ola migratoria de la década de los sesenta. En total, entre 1715 y 1975, la población del área se multiplicó aproximadamente por 113.

Así pues, aunque la población catalana, como la de otros países de la Europa occidental que ya han superado el período de la denominada transición demográfica, haya variado poco las últimas décadas, la tendencia a la concentración de población en la conurbación fue muy clara hasta 1975.

Si se estudian los datos recientes relativos al municipio de Barcelona, se verá que esta ciudad ha perdido 300 000 habitantes en los últimos 20 años, una población equivalente a todo L'Hospitalet de Llobregat (sólo en el año 1999, Barcelona perdió más de 21 000 habitantes y, por cierto, L'Hospitalet también perdió más de 4000). No obstante, esto no contradice la tendencia general. Tenemos un mundo crecientemente urbanizado y nuestro país no es una excepción. La población perdida por Barcelona o L'Hospitalet no ha vuelto al mundo rural, sino que ha hecho crecer las ciudades del área y la región de Barcelona, sobre todo de la denominada segunda corona y áreas de tipo suburbano. La pérdida de población de Barcelona es una mera consecuencia de migraciones en el interior de la conurbación barcelonesa, un proceso comparable al del vaciado de núcleos urbanos antiguos constatado en muchas ciudades del mundo (las oficinas sustituyen a las familias), y provocado por el encarecimiento de la vivienda y de los servicios. El conjunto de la conurbación no ha perdido población aunque ha dejado de crecer. Lo que se está produciendo es el paso de una *ciudad compacta* a una *megalópolis difusa*, el tránsito a la «*región urbana*». Los túneles de Collserola y Garraf, y el metro del Vallés, por ejemplo, son estructuras vertebradoras de esta región urbana. La llegada del tren de alta velocidad y de otras infraestructuras tenderán, en el futuro, a reforzar los vínculos de la nueva metrópoli, extendida sobre una superficie muy superior. En la medida en que la realidad está cambiando, nos podemos preguntar si sirven los mismos esquemas organizativos y de lenguaje. ¿Existe todavía la ciudad como un ente claramente identificable? ¿Qué es en la actualidad, por ejemplo, Barcelona? Pero, sobre este tema, recientemente muy bien tratado por O. Nel-lo,⁴ no nos extenderemos. No nos preocupará la definición de unos límites cada vez más evanescentes, sino los procesos que se hallan vinculados a la urbanización del territorio.

Los mecanismos y las consecuencias del crecimiento

El desorbitado crecimiento urbano no se debe a un mero hecho biológico, reproductivo. Las ciudades crecen, en gran parte, por la inmigración, tanto si es desde el entorno rural relativamente próximo, como desde países a veces muy lejanos, y lo hacen en intervalos rápidos, casi violentos, como pasó en Barcelona en la década de los

sesenta, que no dan tiempo a una integración urbanística y social. En esos procesos, los colectivos de inmigrantes no siempre se diluyen en la población autóctona, sino que a veces forman núcleos parcialmente segregados, guetos a menudo discriminados económica y socialmente, y mantienen una personalidad diferenciada. Quien mueve realmente los hilos de este proceso es el interés del capital industrial o agroindustrial y comercial para disponer de mano de obra y ampliar mercados.

Las ciudades europeas necesitaban derribar las murallas para permitir la expansión de las actividades comerciales e industriales. Ahora nos encontramos en una nueva fase en la que a las fuerzas económicas imperantes les conviene otro modelo de ciudad. La atracción de inmigrantes tiene como motor la búsqueda de mano de obra relativamente barata. Aunque, la inmigración es también un fenómeno más o menos espontáneo para encontrar nuevas esperanzas de una vida mejor sería ingenuo no darse cuenta que hay intereses locales que se benefician de ella y la provocan. Nuestros gobiernos nos dicen constantemente que nuestra expansión económica demanda inmigrantes, mano de obra. Hay un doloroso doble juego hipócrita en todo ello, porque se quiere atraer a inmigrantes pero con costes mínimos, con una espantosa carga de sufrimiento humano y con escasa previsión de los conflictos sociales generados por la difícil asimilación cultural. La estrategia de ciertos poderes políticos y económicos para atraer mano de obra barata se beneficia del coro de voces bien intencionadas y utópicas que defienden la multiculturalidad. Pero tras esas voces, con las que no cuesta simpatizar, no hay más que una postura ética e ideológica, y falta una reflexión profunda sobre los mecanismos, ritmos y procesos de construcción de una nueva sociedad, tolerante y libre.

Aparte de los procesos migratorios, el crecimiento del sistema urbano puede deberse a cambios demográficos (las ciudades con una población joven se comportan diferente de las de edades más equilibradas o envejecidas) y depende de factores en los que intervienen decisiones individuales tomadas a escalas de familia, casas o barrios y que repercuten a escalas superiores. Este punto de la multiplicidad de escalas y el determinismo «de abajo hacia arriba», desde decisiones individuales a efectos generales, es muy importante en nuestra manera de afrontar el estudio, como pondremos de manifiesto más adelante.

Algunas consecuencias de los cambios recientes en ciudades europeas

Las decisiones urbanísticas, a veces tomadas de inmediato y bajo una fuerte presión, tanto especulativa como social, tienen su influencia en la evolución de estas situaciones.

Con demasiada frecuencia, no son más que la respuesta directa o indirecta a las demandas de los poderes económicos. Por desgracia, si los procesos de cambio urbanístico y demográfico son rapidísimos, los efectos socioeconómicos y culturales tienen, en cambio, una inercia considerable y se prolongan durante varias generaciones. En nuestro entorno social, vivimos una nueva ola migratoria, que todavía se halla en sus inicios y tiene poco impacto demográfico, mayoritariamente de procedencia mucho más diversa y lejana que la de los años sesenta en la que básicamente era del sur de la península Ibérica. Actualmente se trata de personas de predominio magrebí y subsahariano, pero con muchos sudamericanos, europeos orientales, indostánicos y chinos, que buscan alojamiento sobre todo en los barrios del centro más envejecido y devaluado, donde ya antes de su llegada se daban bolsas de marginalidad y delincuencia, así como en ciudades periféricas dentro de la región urbana barcelonesa e incluso más allá. La integración de estos inmigrantes es todavía más difícil que la de los meridionales que llegaron a Barcelona durante la década de los sesenta, dado que las distancias económicas y culturales en este caso son mayores. El proceso ha sucedido con anterioridad, y en mayores proporciones, en otras muchas ciudades europeas.

En casi todos estos procesos, el comportamiento demográfico de los inmigrantes se manifiesta más dinámico que el de los autóctonos. Es una regla ecológica que se observa al comparar diferentes especies: las poblaciones con mayor nivel de organización territorial y social tienen menos descendientes, pero éstos son objeto de mayor protección por parte de los padres, alcanzando una mayor supervivencia. Si comparamos poblaciones diferentes de la especie humana el resultado es el mismo.

Actualmente, las medidas de higiene, el control del agua potable, las vacunaciones y los antibióticos, entre otros factores, hacen que la tasa de mortalidad se acerque de forma relativamente rápida entre subpoblaciones de una misma ciudad, mientras que las tasas de natalidad, que dependen de decisiones de carácter cultural y, en razón inversa, del grado de emancipación de la mujer, tardan más a equilibrarse debido a los colectivos inmigrantes que proceden de culturas diferentes. Por lo tanto, la *tasa de crecimiento*, diferencia entre las de natalidad y mortalidad, será más alta entre los colectivos inmigrantes, al menos durante unos años, o quizá unas décadas. Sin entrar en la bondad o no de este hecho, es indudable que producirá importantes transformaciones que unos ven con miedo y otros saludan con entusiasmo, pero que pocos parecen preparar con políticas a medio o largo plazo.

Hemos señalado el papel de las fuerzas económicas en generar demanda de mano de obra para la industria. Pero estas fuerzas no se limitan a la industria. El gran capital

tiende a desarrollar potentes centros comerciales y a construir una nueva oferta de viviendas. Es más sencillo, más barato, hacerlo en espacios nuevos, y en el caso de las grandes superficies comerciales, jugando con los volúmenes de ventas y un rígido control de los proveedores, ofrecer precios más bajos que el pequeño comercio intraurbano. La tendencia a ir abriendo nuevas grandes superficies comerciales es un modelo ambientalmente desastroso (y socialmente creo que también, porque comporta el cierre de tiendas y el empobrecimiento rápido de los mercados tradicionales, es decir, la destrucción de la autonomía de los barrios). Los pisos situados en urbanizaciones periféricas son más asequibles para los jóvenes, que abandonan la ciudad para irse a vivir en ellos. Todo esto son elementos que generan el paso hacia la megalópolis difusa. Las consecuencias son múltiples. Entre las ambientales, está el incremento de la sectorialización del espacio, la generación de más movilidad (desplazamientos entre el hogar y el centro comercial) acompañada de contaminación y consumo de energía, más dependencia del automóvil, etc. Naturalmente, las hay de orden social o económico, como la pérdida de puestos de trabajo en el pequeño comercio, como las crecientes limitaciones de los denominados «*prisioneros*» de la ciudad, es decir, las personas que tienen la movilidad restringida por una razón u otra, y como la concentración del poder económico entre unos pocos, eliminando la competencia y aumentando la dependencia de todos con relación a unas pocas empresas multinacionales. Pero no podemos profundizar en estos aspectos, que el lector encontrará mejor descritos por sociólogos, geógrafos y economistas.

Como resultado de estos y otros fenómenos, ligados al desigual juego de fuerzas económicas, las ciudades de los países desarrollados se convierten en socialmente segregadas y culturalmente heterogéneas. Similares procesos se viven en Nueva York, París o Londres, desde hace muchos años. No hay que ocultar que todo ello genera conflictos que pueden generar resultados lamentables como, por ejemplo, los racistas. La aceptación de la diversidad es el camino moralmente defendible. Pero llenarnos la boca de las ventajas de la multiculturalidad no es, en sí mismo, ninguna solución a los problemas concretos. Sería como decir que los problemas de la justicia social se solucionarían si todo el mundo fuese bueno. Lo que necesitamos son mecanismos de integración, y sobre eso aún queda mucho por hacer, incluso por inventar, en el ámbito institucional y social. En resumen, la tendencia a la formación de regiones urbanas, el crecimiento demográfico, la segregación espacial de subpoblaciones económica, social y culturalmente heterogéneas, el colapso de las vías tradicionales de transporte y la constante creación de nuevas infraestructuras, así como el desarrollo de nuevas tecnologías para la comunicación, y el creciente impacto del fenómeno urbano sobre procesos ecológicos globales o

regionales de extrema importancia, configuran un panorama totalmente nuevo, de crisis de los antiguos modelos urbanos, sobre el que hay que basar un urbanismo también profundamente renovador. De hecho, más que un urbanismo, una nueva cultura urbana, los elementos de la cual aún no están sólidamente establecidos. Entre los elementos de esta nueva cultura urbana hay, en un lugar destacado, los de tipo ecológico y ambiental, que han de centrar especialmente nuestra atención.

La globalización de los recursos

Veamos algunas cifras relativas al consumo de recursos como uno de los principales aspectos de aceleración que caracterizaba nuestro tiempo. La movilización anual media per cápita de materiales de todo tipo en los países industrializados es de unas 80 toneladas. El consumo de materiales totales en el mundo alcanzaba 5700 millones de toneladas en 1975, pero en tan sólo 25 años ha aumentado a 9500 millones, con una tasa de crecimiento anual del 1,8 %. En el mismo período, la tasa de crecimiento anual de la energía ha sido incluso un poco superior, de un 1,9 %. Es cierto que, en conjunto, son valores muy parecidos a los de la tasa de crecimiento de la población (1,8 %), aunque repartidos de manera desigual. Aumenta mucho el consumo en poblaciones que no crecen demográficamente o lo hacen con moderación, mientras que las que sí crecen lo aumentan mucho menos, en términos absolutos.

Por el contrario, la producción de alimentos, en conjunto, ha crecido más que la población, pero lo ha hecho de forma bastante desequilibrada: mientras los cereales se han incrementado con una tasa del 2,7 %, la de los tubérculos y las leguminosas han quedado por debajo del 1,1 %. El crecimiento de la producción agrícola se relaciona mucho más con el uso de abonos (que han crecido hasta alcanzar una tasa del 9,6 %) y de plaguicidas, que con un incremento de las superficies de cultivo, el cual ha sido irrelevante: se han perdido muchas tierras de cultivo por el mal uso y se han abierto nuevos cultivos talando bosques, con un cambio total escaso. A pesar de ello, lo que más aumenta en la producción agrícola no es la producción de alimentos sino la de fibras. Las ayudas que se dan, teóricamente para combatir el hambre, lo que hacen es introducir más población en los mercados mundiales y eliminarla de la agricultura de subsistencia (sistemáticamente infravalorada por las estadísticas). Paradójicamente, ello aumenta los riesgos en los suministros, porque el precio de los productos agrícolas baja cuando aumenta la producción,⁵ y gentes que antes se producían ellos mismos los alimentos que necesitaban, sin entrar en los circuitos comerciales, ni en las estadísticas de la FAO, ahora han

de vender lo que producen y comprar los alimentos necesarios con el dinero obtenido, generalmente poco. Aún así, el hecho de que las estadísticas oficiales no consideren la producción para autoconsumo resta credibilidad a algunas conclusiones sobre el hambre, que continúa siendo un fenómeno básicamente asociado a grandes trastornos políticos y sociales (sobre todo, guerras o desastres naturales episódicos, como sequías, inundaciones o cataclismos).

No resulta menos escandaloso el hecho de que el coste de muchas materias primas, en general, haya bajado (en moneda constante) desde 1960: el coste del acero, del aluminio y el plomo se ha reducido a la mitad o más, el del petróleo ha subido con muchas fluctuaciones, y el del papel se ha mantenido, por ejemplo. Tanto la evolución de los precios agrícolas como la de los materiales muestran de qué manera controlan los mercados en beneficio propio los países desarrollados y ponen al Tercer Mundo en creciente situación de dependencia. Este es un elemento importante de lo que se denomina *globalización*: el uso de recursos de todos para unos cuantos. Los abusos están provocando una respuesta política contraria a la globalización que, en poco tiempo, ha adquirido proporciones notables y mucha presencia en los medios de comunicación, pero está lejos de presentar demasiada cohesión interna ideológica y estratégica. Aun así, nadie puede prever sus consecuencias.

Las ciudades, sistemas abiertos

En términos ecológicos, las *ciudades* son sistemas básicamente *heterotróficos*, es decir, que dependen de la producción primaria que se produce en otros lugares. De forma directa o indirecta, se ha estimado que la humanidad se apropia del 40 % de la producción primaria del planeta.⁶ Como la población urbana ya es la mitad del total, más de un 20 % de la producción primaria total del planeta sirve para alimentar también de forma directa o indirecta a las poblaciones concentradas en el 2 % urbano del territorio. Algo parecido sucede con las materias primas o con la energía. Las ciudades son sistemas que no producen agua, alimentos o energía, y por la tanto precisan de un suministro continuado. Enormes embalses, canalizaciones, conducciones eléctricas e infraestructuras y sistemas de transporte se ocupan de garantizar los suministros a las ciudades. El hombre urbano usa estos recursos y, dado que la materia y la energía se transforman pero no desaparecen, los retorna al medio en una forma de menor calidad, o sea menos concentrada y menos aprovechable: disipa energía en forma de calor, emite gases a la atmósfera, introduce sustancias disueltas o partículas en las aguas residua-

les, y vierte desechos sólidos que transporta a más o menos distancia del lugar de uso (fig. 1.3).

Como resultado de este funcionamiento de la ciudad, importando recursos y exportando residuos de energía o materia de baja calidad, resulta obvio que los impactos sobre el resto del territorio o el medio marino son importantes: *ocupación del espacio* para usos agrícolas, por estructuras de transporte, difusión urbana, vertederos, segundas residencias y usos recreativos, etc.; *fragmentación* de este espacio, con pérdidas de biodiversidad; *explotación* muy intensa de ciertos recursos (por ejemplo, minería, especialmente a cielo abierto, tala de bosques, pesca, etc.); *consumo de energía y contaminación del aire y del agua* debidos al transporte; *conversión de los ríos* en canales y embalses; *expansión de especies invasivas exóticas* importadas, sobre todo, a través de los intercambios desde la ciudad... Algunos problemas adicionales a éstos repercuten directamente en el territorio urbano: la congestión de tráfico, las emisiones de contaminantes con formación de una cúpula de aire alterado que se acompaña con alteraciones microclimáticas, la misma concentración de población que comporta riesgos añadidos en caso de epidemia, etc. Se trata, por supuesto, de los más visibles y los que hace más tiempo que han dado lugar a respuestas por parte de las autoridades locales. Otros tienen sus efectos muy lejos de donde se originan (a decenas o centenares de kilómetros, como es el caso de la inundación de valles para construir embalses que garanticen el suministro de agua; incluso pueden acontecer a miles de kilómetros afectando, por ejemplo a la pesca o a la emisión de contaminantes que circulen por la atmósfera). En Europa, se calcula que una ciudad de un millón de habitantes necesita diariamente una media de 11 500 t de combustibles fósiles, 320 000 t de agua, 31 000 t de oxígeno y 2000 t de comida, y produce 300 000 t de aguas residuales, 25 000 t de CO₂ y 1600 t de residuos sólidos.⁷ Estas cifras tienden a crecer porque el consumo por habitante aumenta. En América del Norte están por encima (se calculan por ejemplo unas 650 000 t de agua),



Figura 1.3 La ciudad como sistema abierto a la materia y a la energía. En ella entran recursos (materia y energía): la energía se transforma y disipa en calor; los materiales, en parte, se dispersan como contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos

en el Tercer Mundo muy por debajo, pero creciendo en todas partes. Un ejemplo sobre el papel ambiental de las ciudades es el dato ya mencionando según el cual, a pesar de que sólo ocupan un 2 % de la superficie del planeta, producen el 78 % de los gases de efecto invernadero.

No sólo aumenta el metabolismo urbano. El denominado *cambio global* no es únicamente el cambio que inducen las emisiones contaminantes en las condiciones atmosféricas (que tienen efectos sobre el clima) o sobre el estado de las aguas y los suelos, sino también el cambio de usos del suelo, puesto que también crece la ocupación del espacio por áreas edificadas. Cada vez se necesita más espacio para nuestras actividades, y esto no sólo depende del crecimiento demográfico. Veamos un ejemplo: en el área metropolitana de Barcelona, el suelo construido durante los últimos 25 años ha sido mayor que el construido en toda la historia previa, aun así la población prácticamente no ha cambiado en este mismo período. Con estas cifras y la perspectiva de crecimiento, es más fácil entender por qué motivo se hace indispensable analizar la ecología de las ciudades. Como es lógico, tanto los aspectos sociales como los sanitarios y ambientales dependen de una serie de características, que varían de unas ciudades a otras. Estas cuestiones, que examinaremos posteriormente, nos darán una idea de la importancia ecológica de la estructura urbana, de los flujos materiales y energéticos, de la demografía. Todo ello nos permitirá entender mejor los efectos de la ciudad sobre el resto del territorio y el grado de sostenibilidad de diversas alternativas de diseño del sistema urbano.

La ciudad y las sierras

Como ya ha sido dicho en la introducción preliminar, no es el propósito de la ecología urbana, ni de este libro, presentar a la ciudad como la causa de nuestros males, y confrontarla con una naturaleza paradisíaca, a pesar de que este planteamiento tiene una larga tradición, en parte relacionada con puntos de vista ideológicos y religiosos. Pero, consideremos las críticas a la ciudad. Son muchos los que han visto en la ciudad un lugar de vida frívola, desvinculada del contacto con la tierra y de la visión de las estrellas, de la naturaleza y de la percepción de la grandeza de la creación divina. Las citas literarias en este sentido serían inacabables. El título de este apartado quiere recordar la novela del portugués Eça de Queiroz, de la que hemos incluido un fragmento al inicio de este libro, en que Jacinto, el amigo del narrador, pasa del entusiasmo por la vida urbana a la percepción de sus debilidades y la recuperación de los valores de la vida rural. Podemos aceptar un fondo de verdad en este tipo de críticas. Los urbanitas

están efectivamente aislados en un mundo creado por la mano del hombre, en el que les resulta difícil percibir las dependencias que siguen teniendo respecto de la producción de la tierra o, en general, de los sistemas de soporte de la vida a la Tierra (que incluyen procesos climáticos, agua y aire de cierta calidad). Aparecen aquí algunos aspectos psicológicos y culturales que no se pueden menospreciar. Lewis Mumford ha sido uno de los precursores en la defensa de que la naturaleza reconquiste la ciudad, con el fin de deshacer este aislamiento. Un punto esencial para comprender lo que tiene de nuevo la perspectiva ecológica de las ciudades es que, hasta ahora, el hombre urbano no acostumbra a entender el funcionamiento heterotrófico de la ciudad, su papel en *procesos del tipo fuente-sumidero*. El urbanita actúa como si la comida se crease en los supermercados y las basuras simplemente desaparecieran, se vuelve prepotente y desdeñoso con relación al agricultor o al pastor, por ejemplo. Pensemos en un establecimiento humano más elemental: un caserío. En un caserío, el campesino sabía muy bien de dónde era necesario aportar los recursos, cuántos le hacían falta, hasta qué punto estaba garantizado el suministro y qué esfuerzo le suponía obtenerlo. También sabía dónde dejar los residuos (en su mayor parte se quedaban en el caserío, alimentaban a los cerdos o se acumulaban). En la ciudad actuamos *como* si el pescado, la carne o la verdura que consumimos fuesen fabricados en el propio mercado de compra, *como* si la electricidad se formase, milagrosamente al mover un conmutador; *como* si el agua sucia desapareciese definitivamente por el desagüe, o *como* si la bolsa de basura desapareciese cada día sin dejar rastro. Es evidente que no sucede de esa manera, y que en estos casos tan claros cualquiera lo admitirá, pero habitualmente nos sentimos despreocupados del origen y el destino de los materiales y la energía que consumimos. Nuestra percepción del agua de consumo doméstica es muy miope: *empieza en el grifo y termina en el desagüe*. Esta inconsciencia sistemática es una de las causas básicas de los problemas ambientales que estamos generando. Se puede pensar que hace milenios que existen las ciudades y nunca ha sido necesario tener una visión ecológica de las mismas. Nunca hasta ahora, porque nuestra ignorancia o desinterés sobre los procesos fuente-sumidero ha ido en aumento y la población que participa a nivel planetario también lo ha hecho, por lo tanto ahora sí que nos hace falta una visión ecológica.

También se ha dicho que en la ciudad se está menos atento a lo esencial, estamos demasiado rodeados de información irrelevante, de «ruidos» (en el sentido de informaciones irrelevantes que esconden las importantes), que la ciudad es alienadora. Todo ello es cierto, y no sólo lo ha criticado mucha gente sino que algunos han huido de las ciudades para buscar un poco de la paz o serenidad que no encontraban en la ciudad.

Los propios urbanitas seguramente creen que es conveniente hacerlo de vez en cuando, incluso algunos aspiran a vivir en casas con jardín y no en apartamentos. ¿Qué explica, pues, el éxito histórico y actual de las ciudades?

El futuro es urbano

Dadas las tendencias mundiales que acabo de exponer, el título de este apartado parece una conclusión fácil e innecesaria. En efecto, la gente vive cada vez más en *aglomeraciones urbanas* (el término ahora es más preciso que el de ciudad, que representa realmente un tipo de aglomeración claramente delimitada que está en vías de extinción, a pesar de que seguiremos hablando de ciudades por razones de comodidad), y no se advierte ningún indicio general de cambio de dirección. Pero lo que pretendo no es tan sólo afirmar una verdad banal sino transmitir una convicción más profunda, en contraposición a las críticas del anterior apartado. Las ciudades son una forma de organización que ha representado un cambio progresivo sustancial para nuestra especie. La revolución urbana inicial ya se produjo después del neolítico, hace al menos 4500 años, y se identifica por la presencia de un mercado y un conjunto de artesanos (del hierro, madera, cuero, etc.), y por una vida social organizada en los aspectos religiosos (con la existencia de uno o más templos) y sociales (con la existencia también de un palacio o casa principal, lugares de reunión y de ocio) y en los suministros (esencialmente de agua). Así, se vio de inmediato que como forma de organización, la ciudad es creativa ya que permite reunirse y comunicarse, interactuar, a una gran diversidad de personas con oficios y conocimientos diversos: se puede decir que es precisamente esto lo que mejor la define. Un aspecto importante es que las primeras verdaderas ciudades aparecen cuando se abandonan las posiciones elevadas, protegidas por el relieve, y se ocupa la llanura. A pesar de que anteriormente ya existía una planificación, a veces cuidadosa y simbólica, de la distribución de los edificios religiosos y administrativos o de los barrios. Al ocupar la llanura, se hace más fácil la planificación de las calles, como se observa normalmente en las ciudades romanas, pero también en algunas ciudades muy anteriores, como las helenísticas, recuérdese el caso de Mileto que poseía, hace 2500 años, una trama cuadrículada muy parecida a la de las ciudades actuales, atribuida al primer gran urbanista reconocido, Hipódamo (y aún conviene advertir que la cuadrícula es incluso muy anterior, puesto que, según parece, existía ya en ciudades indostánicas, egipcias y mesopotámicas). La diferencia principal entre la ciudad romana y estos intentos urbanísticos anteriores no se basa en una planificación de las calles y de la situación de los

edificios principales. La ciudad romana es moderna porque tiene mucho más en cuenta el metabolismo que la belleza y la situación. Los romanos se preocupaban de garantizar, por ejemplo, el suministro de agua y la evacuación de aguas residuales. En este sentido, la ciudad ya no es simplemente un poblado que crece, sino un establecimiento concebido *ex novo*, con una voluntad planificadora, atenta de manera especial a su propio funcionamiento metabólico. Entre los romanos, los aspectos prácticos se convierten en decisivos, frente a motivaciones religiosas y simbólicas (como pasaba en Cuzco o en Pequín, donde la población vivía en el exterior de la *Ciudad*, o en tantos otros lugares) o estéticas. Algunos estudiosos lo frivolan, diciendo que la cultura romana tenía una visión «anal» del urbanismo, con respecto al punto de vista estético y artístico de los griegos. Los romanos simplemente asumieron que era necesario dar respuesta a los problemas funcionales. Su ejemplo fue seguido más o menos parcialmente. Durante la conquista de América, el Gobierno español daba instrucciones sobre algunas consideraciones a tener en cuenta en el momento de fundar nuevas ciudades, en particular relacionadas con el alejamiento de ciénagas (consideradas insanas) o a la proximidad de cursos fluviales para facilitar la evacuación de los residuos. En este sentido, cabe añadir que algunas de las grandes ciudades sudamericanas con las se toparon los conquistadores españoles estaban muy bien equipadas en estos aspectos, en comparación con las de la metrópoli.

A lo largo de la historia, el desarrollo cultural va asociado al desarrollo urbano gracias a las ventajas que da la facilidad de interacción. No olvidemos que el término *civilización* tiene la misma raíz que la palabra *civitas* de la que deriva, quizá de forma poco precisa, el vocablo *ciudad* ya que, la *urbe*, o ciudad física, espacio construido, es el continente de la *civitas*, esto es, de la organización social, política y cultural. Era la gente que vivía en las ciudades, la *ciudadanía*, la que forjaba las civilizaciones. La ventaja de la interacción de conocimientos y habilidades que se concentran en las ciudades todavía no ha desaparecido en nuestros días. Además de innovación, las ciudades generan potencial económico y poder político, que extienden sobre territorios muy considerables, y ello explica que constituyeran la base de los imperios. Aún hoy día, las ciudades siguen llevando el mayor peso en estos aspectos.

Hay que advertir, sin embargo, que la tendencia a pasar de la ciudad compacta a la ciudad difusa o región urbana destruye algunas de las ventajas tradicionales, ya que supone un cambio de perspectiva fundamental: en la *ciudad compacta*, la calle y la plaza, el espacio público, son los lugares de encuentro e interacción que garantizan la función esencial de la ciudad. En la *ciudad difusa*, el espacio público es meramente el lugar de paso entre espacios cerrados, la casa y el trabajo, tránsito que se hace esencialmen-

te en automóvil, de modo que la función de interacción y encuentro disminuye considerablemente. Para el arquitecto Oriol Bohigas, tan sólo la ciudad compacta es, realmente, ciudad, civilidad, y creo que tiene razón, pero nos guste o no, seguiremos denominando ciudad a nuevas realidades que ya no tienen sus características.

Dicho de otro modo, la ciudad ha sido esencial para el desarrollo cultural de la humanidad, pero no está nada claro que la ciudad «expandida» siga teniendo este papel positivo. De momento, hay motivos para dudarlo.

Algunos creen que el inmenso incremento de la capacidad de comunicación a distancia que ofrecen las nuevas tecnologías permitirá una cierta redifusión de la población, porque existirán *ciudades virtuales* capaces de suplir las funciones creativas de las ciudades reales. Es posible, aunque no necesariamente deseable, ni social ni ambientalmente. Personalmente, apostaría todavía por las ciudades reales o lo que queda de ellas. Unas ciudades que, eso sí, deben asumir un conjunto de retos de cara al futuro, como hemos visto antes y como se puede deducir de lo que acabamos de mencionar en relación a los cambios que se están produciendo. Las ciudades compactas que conocemos y amamos están en crisis o son historia, y las nuevas ciudades quizá no puedan superar estos retos.

Ciudad y ecología

Cuando se considera la realidad, crecientemente urbana, de las sociedades humanas es ridículo hablar de medio ambiente y sostenibilidad sin tener presente esta realidad. Y, no obstante, la mayoría de libros de ecología y muchas de las obras sobre medio ambiente se han desinteresado del papel de las ciudades. Las ciudades se han considerado objeto de estudio de otros expertos, arquitectos, urbanistas, geógrafos, sociólogos, historiadores y economistas que, a menudo, creen que el mero hecho de hablar de ecología urbana es una prueba irrefutable de reduccionismo, o que los ecólogos defienden una visión «anal» de la ciudad, como se ha dicho de los romanos. Intentaremos demostrar que no tienen razón: no se puede abordar la cuestión ambiental sin profundizar en la urbana, y esta profundización requiere, por supuesto, las aportaciones de todos estos especialistas, pero también una nueva manera de organizar ciertos conocimientos, que denominamos *ecología urbana*. Sin estudiar el funcionamiento ecológico de las ciudades, los ecólogos no podrán progresar en muchos aspectos de su interpretación de la realidad. Pero creemos, además, que las otras disciplinas también se beneficiarán de los progresos en ecología urbana.

En la medida en que la preocupación ambiental ha llegado a los responsables de la gestión urbana, las administraciones han interpretado la expresión *ecología urbana* como tema relacionado con la reducción de la contaminación atmosférica y el ruido, el reciclaje de residuos y poca cosa más. Por ejemplo, un barrendero pasa a ser un operador ecológico y los servicios de limpieza y recogida de residuos se integran en una concejalía, consejería, o Ministerio de Medio Ambiente que prácticamente no hace nada más que eso. Trataremos de demostrar que ésta es una visión demasiado meramente «anal», no sólo demagógica sino miope. Los contenidos de la ecología urbana van mucho más allá.

También se intentará demostrar que la terca realidad de los procesos ecológicos básicos que tienen lugar a múltiples escalas, son difíciles de tratar desde un sistema institucional que, a pesar de ser también multiescalar, a menudo no hace corresponder los diferentes ámbitos de actuación con los ámbitos en los que tienen lugar los procesos. Por otro lado, como sea que los últimos años, de hecho, y sobre todo después de la Conferencia de Río, el discurso de la sostenibilidad ha empezado a impregnar las formulaciones del futuro de las ciudades, deberemos tratar sobre sostenibilidad y de las limitaciones de este discurso.

Vamos a ver, pues, qué entendemos por ecología urbana, cuál es su aportación al conocimiento de la ciudad y cómo puede ayudar a hacerla menos insostenible.

Notas

¹ H. Weiss, R.S. Bradley: «What drives societal collapse?», *Science* 2001; 26 de enero: 291.

² Worldwatch Institute: *L'estat del món 2000*, Barcelona, Centre UNESCO de Catalunya, 2000.

³ Grimm N.B.: «Integrated approaches to long-term studies of urban ecosystems», *BioScience Online* 2000.

⁴ Nel-lo O.: *Ciutat de ciutats*, Empúries, Barcelona, 2001.

⁵ Fernández Alés R., Solbrig O.T.: «Are famine and malnutrition questions of supply and demand? Implications for environmental rural sustainability», en: O.T. Solbrig, R. Paarlberg, F. di Castri: *Globalization and the rural environment*, Cambridge, Massachusetts (Estados Unidos), Harvard University Press, 2001.

⁶ Garí J.A.: «The human appropriation of net primary production (HANPP)». Tesis del Máster en Ecología de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, UAB, 1998. Y también, P.M. Vitousek, P.R. Ehrlich, P.A. Matson: «Human appropriation of the products of photosynthesis», *BioScience* 1988; 36: 368-373.

⁷ European Environmental Agency: *Europe's environment*, The Dovers Assessment, Copenhagen, 1995.

2

El estudio de la ecología urbana

La ciudad es un fenómeno complejo que, como hemos dicho, puede ser estudiado desde puntos de vista muy diversos, ninguno de los cuales agota el tema ni nos da una visión suficientemente comprehensiva como para excluir o superar los restantes. Pero, para entender el punto de vista de la ecología, diremos que se basa en considerar la ciudad como un *ecosistema*. Fue durante los años setenta cuando los ecólogos comenzaron a interesarse por las ciudades consideradas como ecosistemas. Desde 1925, existían algunos precedentes en el uso de términos ecológicos aplicados a las ciudades pero se trataba de una mera traslación de estos términos a la sociología, hecha por los sociólogos de la Escuela de Chicago,¹ traslación que no se mostró especialmente fructífera.

Por otro lado, algunos ecólogos se habían interesado por el estudio de la *naturaleza en las ciudades* (qué plantas o qué pájaros, insectos, etc. se encuentran en las ciudades, y en qué ambientes) y hablaban de *ecología urbana* para referirse a este tema concreto, que podríamos describir como la historia natural de las ciudades. Todavía hoy se mantiene ese uso y si el lector busca el término «*urban ecology*» en Internet, encontrará diversas muestras, como en la página de The Centre for Urban Ecology, de Washington.² La aproximación ecosistémica a la ecología urbana, es decir, la aplicación de las ideas sobre *flujos de materia y energía* en ecosistemas urbanos, incluyendo tanto el *metabolismo endosomático* (los materiales y la energía que circulan por el cuerpo de los habitantes de la ciudad) como el *exosomático*, también denominado *extrasomático* (los materiales y la energía que se emplean al hacer casas, desplazar vehículos, hacer funcionar instalaciones industriales o servicios como el agua potable o el alumbrado, etc.), llega con retraso:

mucho después de que se hiciesen los primeros estudios de flujos en los ecosistemas antropógenos más sencillos, que estaban esencialmente centrados en sociedades cazadoras-recolectoras o agrícolas, de los que fueron pioneros autores como Rappoport o Pimentel. El primer gran proyecto sobre ecología urbana fue dirigido por S. Boyden y su equipo de investigadores australianos en Hong Kong, una ciudad que, siendo al mismo tiempo una isla y por entonces un Estado, tenía muchas ventajas a la hora de hacer un análisis cuantitativo, ya que se disponía de buenas estadísticas oficiales, de entradas y salidas.

El libro que resumía el resultado de los diversos estudios no se publicó hasta el año 1981.³ El estudio de Hong Kong procura tomar en consideración las interrelaciones entre todos los aspectos, bióticos, abióticos, culturales y sociales, en sus diversos niveles (individual, familiar, social, regional...), sin olvidar temas como la creatividad o el grado de implicación. Es interesante que el estudio procura introducir en sus modelos el estado del ambiente natural, como determinante para la salud y el sentimiento de bienestar de la población, una cuestión que aparece recurrentemente en la historia del urbanismo y la sanidad desde los griegos.

En Europa, los conceptos de la estructura y el metabolismo urbano habían interesado a P. Duvigneaud y S. Denaeyer en Bruselas, que hicieron un cierto número de publicaciones sobre lo que denominaban *ecosistema URBS* también durante los años setenta.⁴ En Tokio se realizaron numerosos trabajos dirigidos por Kimura, sobre diversos aspectos de la ecología urbana.

La obra de C.A. Doxiadis *Ecology and Ekistics*,⁵ publicada el 1977, cuestionable en muchos aspectos (por ejemplo, las propuestas de ecumenópolis defendidas por Doxiadis más bien dan miedo, a pesar de que quizá sean premonitorias), es importante sobre todo por el hecho de que su autor ha pretendido crear la *equística*, una ciencia de los asentamientos humanos que aspira a estudiar las ciudades como entidades en sí mismas. También es interesante por la conciencia que muestra sobre la importancia de ciertos aspectos ecológicos. Doxiadis hace especial énfasis en la categorización de los territorios urbanos en *naturáreas*, *culturáreas*, *antropáreas* e *industriáreas*. Estos tipos principales se subdividen hasta un total de 12 tipos de subáreas, que van desde la vida salvaje real hasta la industria pesada y de residuos. Básicamente, hay dos criterios: el grado de influencia humana sobre los sistemas naturales y el nivel de densidad humana en los espacios construidos.

30 La sistematización de Doxiadis de los tipos de áreas sigue los mismos criterios básicos en que se basa el *Mapa Ecológico de Bruselas*, de Duvigneaud y Denaeyer-DeSmet. A partir de nuestros contactos con el grupo belga, en la Universidad Autónoma de Bar-

celona iniciamos también algunos trabajos con estudiantes que nos condujeron a la confección del primer *Mapa Ecológico de Barcelona* ya durante el curso 1977-78. Entre 1980 y 1982, primero con la ayuda del desaparecido Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA), y después como un programa UNESCO en convenio con el Ayuntamiento de Barcelona, elaboramos el estudio que dio lugar al libro *Ecología de una ciudad: Barcelona*,⁶ en el cual aplicábamos el análisis de flujos de materia y energía. J.M. Naredo y J. Frías hicieron un intento parecido al nuestro, aunque con diferentes énfasis, en la Comunidad Autónoma de Madrid.⁷

También en aquellos años propusimos la creación de un Instituto de Ecología Urbana (que existió solamente unos años sobre el papel, como editor de unos cuantos libros sobre aspectos de percepción y funcionamiento del sistema urbano barcelonés) y preparamos la exposición «Barcelona funciona: ecología de una ciudad», que tuvo lugar en el invernadero del Parque de la Ciudadela entre octubre de 1986 y enero de 1987. Posteriormente, el interés del Ayuntamiento de Barcelona en el tema pareció decaer, y el Instituto de Ecología Urbana terminó desapareciendo igual que fue creado, sin una decisión oficial, a pesar de que los trabajos realizados en Barcelona habían tenido alguna resonancia, incluso en el ámbito internacional. Sólo muy recientemente se ha creado una Agencia de Ecología Urbana, promovida por S. Rueda. En el esquema municipal, el medio ambiente era en aquellos años cada vez más cuestión de basuras, contaminación atmosférica y ruidos. En realidad, sin embargo, hemos de admitir que la pérdida de interés por el tema no se produjo solamente aquí.

En efecto, entre los ecólogos de todo el mundo, durante la década de los ochenta, se imponía una visión diferente de la ecología, menos ecosistémica y más poblacional, y quedaban pocos grupos que siguieran trabajando sobre flujos de materia y energía, y menos aún en sistemas urbanos. Una expresión del relativo poco éxito del tema la encontramos en el hecho que el primer Informe Dóvrís de la Agencia Europea del Medio Ambiente, de 1995, escogía el ejemplo de los flujos de agua en Barcelona, sacado de nuestro trabajo de diez años antes, cabe suponer que a falta de estudios europeos más recientes. En todo caso fue una lástima que en Barcelona el gobierno municipal no se mantuviera más atento a esta cuestión, ya que las grandes transformaciones de aquellos años (finales de los ochenta y primeros de los noventa) se hicieron sin ninguna consideración especial por los aspectos ecológicos, y sin duda se perdió una gran oportunidad de hacer una experiencia positiva con la Villa Olímpica.

31 Sin embargo algunos economistas ecológicos continuaron interesándose en los planteamientos «metabólicos» de los ecólogos, y el mejor ejemplo en España es el de

Naredo.⁷ Que fueran más economistas heterodoxos que ecólogos los que mantuvieran la atención sobre los intercambios materiales y energéticos de las ciudades entre mediados de los ochenta y mediados de los noventa es un hecho curioso y, a mi entender, de alguna manera significativo con relación al funcionamiento de la ciencia oficial. De todas formas, en España, algunos estudiosos siguieron trabajando sobre la aproximación ecológica al hecho urbano, y el 1995 S. Rueda publicó su libro *Ecología urbana*,⁸ que tomaba un punto de vista un poco diferente al que se basa en los flujos, más atento al uso de parámetros inspirados en la ecología y la termodinámica para tratar temas relacionados con el urbanismo y el transporte. Posteriormente, J. Bertran⁹ ha tratado los temas de la organización territorial a escala metropolitana con una óptica que también tiene uno de sus pilares en consideraciones ecológicas y físicas.

A partir de 1992, y de la cumbre de Río, el tema de las Agendas 21 y de la sostenibilidad alentó de nuevo el interés por los estudios de tendencia ecológica, y este interés ha ido en aumento a medida que se ponían en marcha las Agendas 21 locales. En este contexto, se ha desatado lo que podríamos denominar una obsesión por los indicadores ambientales. En un capítulo posterior nos ocuparemos de los indicadores. El hecho es que, por todo el mundo, vuelven a salir aproximaciones a la ecología urbana. El ya nombrado primer Informe Dóvris 1995 trata extensamente la ecología urbana. Un ecólogo muy conocido, S.T.A. Pickett, se ha mostrado especialmente activo, coordinando el proyecto sobre Baltimore dentro de la red de investigación ecológica a largo plazo (LTER) norteamericana.¹⁰ Los trabajos actuales de los ecólogos americanos, en Baltimore y Phoenix sobre todo, ponen énfasis en los siguientes temas:

1. ¿Cuáles son los flujos de energía y materia y cómo cambian con el tiempo?
2. ¿Cómo se relaciona la estructura espacial de los factores ecológicos, físicos y socioeconómicos con el funcionamiento del ecosistema?
3. ¿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?

Conceptual y metodológicamente, se han producido cambios importantes en relación a los estudios metabólicos de los años ochenta, que desarrollaremos más adelante.

Como resultado de los procesos derivados de la cumbre de Río de Janeiro, muchas corporaciones locales en todo el mundo han reemprendido los estudios sobre metabolismo urbano.¹¹ Se han propuesto también listas de indicadores¹² y se ha trabajado sobre

la huella ecológica.¹³ A escala europea, proliferan los intentos de unificar esfuerzos y encontrar metodologías comparables de medida y seguimiento de tendencias, como veremos al tratar los indicadores.

¿Qué es el ecosistema urbano?

Podemos definir la *ecología urbana* de una forma sencilla como el estudio de los ecosistemas urbanos. Pero veamos más concretamente qué entendemos por *ecosistema urbano*. Cuando hablamos de *ecología*, lo hacemos en el sentido estricto de disciplina científica que estudia los seres vivos y sus interacciones, entre ellos y con la matriz física que constituye su biotopo. El *ecosistema* es un sistema ecológico (una parte de la biosfera) formado por un conjunto de especies que interactúan en el seno de una matriz ambiental. Definimos los límites según nuestras conveniencias de estudio, ya que cualquier sistema que escojamos será abierto a la materia y a la energía, aunque procuraremos hacer que los límites escogidos tiendan a minimizar, relativamente, los flujos que los atraviesan. Por ejemplo, es más razonable estudiar un lago como un ecosistema, que estudiar un cierto número de metros cúbicos de agua del mismo lago, pero esto último no es necesariamente absurdo. De hecho, sean cuales sean los límites que imponamos al ecosistema, siempre quedarán flujos que los atravesarán, y que conectarán nuestro ecosistema con los vecinos.

El problema de los límites se complica cuando estudiamos sistemas humanos, pero quizá la solución sea la misma que en ecología. El programa europeo EUROSTAT intenta diseñar y probar un método de delimitación de las aglomeraciones urbanas empleando teledetección y sistemas de información geográfica (SIG). En este caso, se considera que cada *unidad administrativa* pertenece a una aglomeración urbana cuando el núcleo de población de la unidad es contiguo al conjunto de la aglomeración y más del 50 % de la unidad está construida. Estos planteamientos pueden tener alguna utilidad para estudios concretos, pero ignoran el hecho básico de que el territorio es un mosaico de piezas heterogéneas, a su vez divididas en otras piezas heterogéneas, es decir, que hay heterogeneidad a múltiples escalas y las escalas están jerárquicamente organizadas, un punto de vista habitual en la ecología moderna. O. Nel-lo¹⁴ ha tratado el tema de los límites de las ciudades y las diferentes posibilidades para establecerlos desde una perspectiva más social: se han intentado usar criterios de estatuto jurídico, continuidad del espacio construido y densidad de población, áreas funcionales, servicios y sus jerarquías. Su conclusión es que no tiene utilidad tratar de definir la ciudad en abstracto sino

comprender el proceso de urbanización. Eso es lo mismo que hacen los ecólogos, interesarse más por los procesos que por la definición precisa de los objetos, admitiendo la heterogeneidad y la jerarquía en la estructuración de las piezas del mosaico territorial.

Esto no quiere decir que no existan límites. Los hay, y tienen influencia en el funcionamiento. El problema es que existen demasiados y de diferentes tipos. Las ciudades y otros territorios están organizados de acuerdo con unos límites administrativos que no se corresponden necesariamente, ni con la realidad socioeconómica ni con la ecológica. Podríamos pensar que son límites poco interesantes desde el punto de vista científico. No obstante, eso no es cierto, ya que estos límites son efectivos en muchos sentidos. Por un lado, la información sobre muchos procesos importantes se recoge fraccionada, ya que depende de diferentes administraciones en diferentes partes del territorio. Puede ser que dispongamos de buena información hasta el límite de un municipio, con un gran nivel de detalle, y que en el municipio vecino la situación sea diferente. Esto complica cualquier tipo de estudio sobre procesos que se extienden en territorios amplios, de escalas situadas entre el municipio y la región o el país. El hecho de que quien solicite y pague los estudios sea una administración concreta aún lo complica más, ya que normalmente no querrá cubrir ámbitos más amplios que los que les corresponden. Por otro lado, y mucho más importante, las decisiones políticas y de gestión que se toman dentro de un ayuntamiento, por ejemplo, pueden no estar determinadas por la lógica de los procesos generales, sino por cuestiones estrictamente locales. Todos hemos visto cambiar la calidad de una carretera al cambiar de municipio, aunque la función de la carretera sigue siendo la misma a uno y otro lado del límite.

Todo ello explica que sea difícil emprender políticas adecuadas a las dimensiones de cada proceso real, y que muchos indicadores empleados tengan una significación de difícil interpretación científica, al no referirse al proceso en conjunto sino a un territorio administrativo. Por ejemplo, en Barcelona baja la población y se marcha la industria y, por tanto, el consumo de agua de la ciudad disminuye. Pero la gente y las industrias no han desaparecido, solamente se han trasladado fuera del término municipal; por tanto, el consumo de agua calculado por el municipio no indica *ninguna* tendencia real de la población y de la manera de funcionar de la sociedad con relación a la sostenibilidad. Tendremos oportunidad de volver a este tema más adelante.

En resumen, cualquier límite que establezcamos corta conexiones entre lo que queda dentro y lo que queda fuera. El crecimiento difuso de las ciudades hace muy difícil aplicar un criterio morfológico sencillo (como podía existir cuando las ciudades tenían murallas, que eran, de hecho, el carácter definitorio de ciudad para todos), y el crecimiento de los

intercambios y del transporte horizontal hacen también discutibles los otros criterios. Al igual que en ecología, el estudioso tendrá que decidir qué sistema estudiar en función de las preguntas que se plantee. Dado que las diversas disciplinas urbanísticas hace tiempo que tienen dificultades para hablar de ciudad al tratar de estructuras urbanas cada vez más extendidas e interconectadas, y ante la evidencia de que las ciudades tradicionales cambian y aparecen sistemas mucho más difusos, algunos autores han proclamado la muerte de la ciudad como concepto utilizable por las disciplinas relacionadas con el urbanismo. O. Nel-lo sugiere que la dicotomía ciudad-campo es un anacronismo. Las ciudades ya no tienen límites definidos, de manera que la percepción de la ciudad real, de sus límites, por parte de sus habitantes depende de las actividades y desplazamientos del núcleo familiar. La percepción de los estudiosos, como pasa en ecología, depende del problema que se estudie y los límites del ecosistema urbano se deciden en cada caso convencionalmente en función del objetivo del estudio. Por eso es defendible que, en el estudio científico del fenómeno urbano, se hable no de ciudades sino de sistemas o ecosistemas urbanos.¹⁵ Por eso también, en contra de lo que puede parecer de antemano, el uso de estos términos no es necesariamente una buena noticia para la defensa del punto de vista ecológico, ya que, como en los tiempos de los sociólogos de Chicago, se puede emplear el término sin los contenidos conceptuales. Conviene que insistamos un poco más en estos contenidos.

¿Es la ciudad un ecosistema?

Desde un 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. Es decir, bombean continuamente energía de este medio y la disipan en formas no aprovechables (calor, gases, etc.). Sin esta entrada continua de energía, no podrían aumentar su orden interno. Por eso se consideran *estructuras disipativas*. De hecho, también bombean materiales, que acaban en forma de partículas no aprovechables. Las ciudades y los sistemas socioeconómicos de escalas más grandes son también estructuras disipativas. No han dejado de depender de unos ingresos energéticos y materiales que proceden, en último término, del medio natural (*ingresos naturales*), que los tiene en cantidad finita (en terminología económica, un *capital*), ya que el planeta no crece. Y la disipación se traduce en incremento de desorden en el medio natural. Si se consume una cantidad superior a los «ingresos naturales», se reduce el «capital natural». Y este también se ve afectado por

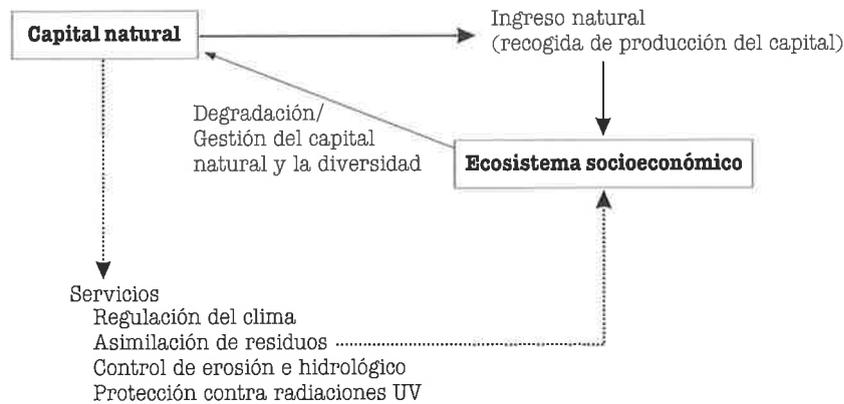


Figura 2.1 Relaciones entre los sistemas socioeconómicos y los naturales, incluyendo los «servicios» que la naturaleza hace a los sistemas socioeconómicos (véase texto)

el vertido resultante de la disipación, de manera que disminuye la calidad del aire, agua y tierra, la superficie forestal, la biodiversidad, etc. (fig. 2.1).

La ciudad, creada y habitada por seres vivos, es una parte de la biosfera, y se comporta también como un sistema disipativo, así que consideraremos a la ciudad como un *sistema ecológico*, como un ecosistema de pleno derecho, pero tenemos que justificar esta opción. En primer lugar, tendremos que aclarar si la ciudad tiene todas las características de los sistemas ecológicos. En segundo lugar, deberemos intentar convencer a los posibles críticos (es una vieja polémica, pero para muchos todavía es nueva) que no pretendemos hacer ninguna reducción biológica de un fenómeno complejo, humano y social como es el urbano. Lo que defendemos es que la ciudad es un ecosistema y que verla así puede ser útil, no que *solamente* deba considerarse como un ecosistema.

El componente biótico, o *biocenosis*, de un ecosistema urbano es una comunidad biológica dominada por la especie humana. El hombre es una especie de las que se conocen como constructoras, es decir, aquellas que levantan estructuras y organizan el espacio. Otros ejemplos de seres vivos constructores son las termitas, las hormigas, las abejas, los castores, los corales, los estromatolitos.¹⁶ También los árboles: la mayor parte de la madera es materia orgánica muerta, y con ella se construye una estructura compleja para aumentar la superficie de captación de recursos y garantizar la conducción. En todos estos casos, como en las ciudades, los «artefactos», las estructuras muertas construidas, permiten ejercer un control sobre el medio físico, o biotopo.

Empecemos por ver cuáles son los aspectos de las ciudades que tienen alguna relación con la ecología. Si tomamos un texto de ecología general cualquiera, seguramente

presentará una serie de bloques o divisiones que corresponden a los diferentes niveles de aproximación y perspectivas que se emplean en el estudio de los sistemas naturales. Al menos algunos de ellos son fácilmente aplicables también a las ciudades. Entre estas divisiones clásicas de los textos de ecología tenemos los siguientes:

1. La concepción jerárquica de la organización de la biosfera. La ecología estudia fenómenos y procesos a lo largo de una serie escalonada de escalas de aproximación. En los niveles jerárquicos inferiores (por ejemplo, las poblaciones uniespecíficas) se producen *interacciones dinámicas* y cambios que pueden ayudar a explicar procesos a niveles superiores, como el de comunidad o paisaje, pero a veces la dinámica del nivel inferior no se traduce en inestabilidad de variables correspondientes a los niveles superiores, sino que se integra en ellos en forma de oscilaciones locales que no afectan a los valores estadísticos sintéticos. Los sistemas urbanos contienen también una jerarquización de escalas. Hay componentes de vida corta y pequeñas dimensiones, como las personas, si se comparan con los edificios, y estos duran menos y son menores que el núcleo urbano. Cuando nos situamos en un determinado nivel de estudio en ecología, empleamos el conocimiento de lo que pasa en el nivel inferior desde el punto de vista de las interacciones entre los componentes. Normalmente, podemos interpretar esta dinámica con modelos mecánicos relativamente precisos. Por ejemplo, se puede conocer bien el comportamiento ecofisiológico de una especie, hacer modelos que expliquen el crecimiento de los individuos en función de variables ambientales como la luz, el agua o los nutrientes disponibles, y añadir interacciones competitivas u otras, para escalar desde estos modelos a otros que simulen el comportamiento de una masa forestal. Son modelos que van *de abajo a arriba* en la jerarquía de escalas. A veces, los ecólogos parten de información obtenida a partir de mapas o por teledetección, sobre variables relativas a territorios extensos, y tratan de seguir el proceso opuesto, *de arriba a abajo*. Normalmente, las variables del nivel superior actúan sobre las del inferior como *constricciones*.

En ecología urbana veremos que existe una multiplicidad de escalas similar y una jerarquización, y que se cumplen las mismas reglas: de abajo a arriba cuenta la dinámica de *interacción* y siempre es más fácil tener modelos más precisos para los niveles más bajos, mientras que de arriba a abajo hay *constricción* y los modelos para los niveles superiores son más groseros. Sin embargo, el estudio de cada nivel es legítimo, se definen variables apropiadas en cada caso y se pueden construir modelos en las dos direcciones.

2. El estudio del biotopo o medio físico, es decir, geomorfología, substrato geológico, hidrología o clima, por ejemplo, como factores determinantes de la actividad biológica. En las ciudades, estos factores, naturalmente, también se encuentran y determinan aspectos bien diversos de la dinámica, la estructura y el funcionamiento urbano. Meteorólogos, geógrafos y geólogos acostumbran a ser los que estudian las cuestiones citadas, pero los urbanistas no las han ignorado o, al menos, las han considerado parcialmente desde muy antiguo, por ejemplo a la hora de decidir localizaciones. El ecólogo se interesa por ellas siempre, y también en el caso de las ciudades, como condiciones para la vida de los organismos (hombre y otros), como modificadoras de las interacciones entre ellos (es decir, de relaciones depredador-presa, parásito-huésped, de competencia, etc.) y, finalmente, y muy importante, como constricciones o factores que influyen en los intercambios de materia y energía a nivel de todo el sistema ecológico. Por ejemplo, nadie puede dudar que las condiciones de temperatura propias del clima de una ciudad tienen que ver con cosas tan diversas en dimensiones y características como el tipo de plantas ornamentales que se pueden emplear en los jardines y balcones, ciertas soluciones constructivas o el consumo global de energía de la ciudad. Trataremos más a fondo estos aspectos al estudiar la estructura urbana, en el capítulo siguiente.

3. El estudio de las poblaciones biológicas, esencialmente desde el punto de vista demográfico (tasas de crecimiento y mortalidad, estructura de edades y otros parámetros), de sus distribuciones en el espacio y de sus interacciones con otras poblaciones. En el caso de las ciudades, y si nos interesamos sobre todo por la especie humana, no son habitualmente los ecólogos, sino los demógrafos, los que se ocupan de estos temas. Si añadimos los aspectos relacionados con la distribución de ocupaciones dentro de la sociedad, los grupos sociales diferenciados y los respectivos comportamientos, entraremos en el terreno de los sociólogos. Son importantes los temas del parasitismo y la epidemiología, cuestiones demográficas que implican a otras especies además de la humana, y que pertenecen sobre todo al mundo de la sanidad. Sin embargo, dentro de la ecología urbana pueden ser interesantes también otras poblaciones, como palomas, gaviotas, cotorras, gatos, perros, etc., por diferentes causas, y a menudo conviene conocer su evolución demográfica para tomar medidas de control, tema éste que puede estar en manos de zoólogos, ecólogos o veterinarios. Una visión ecológica de la ciudad, se interesará por los datos proporcionados por los diferentes especialistas en esas materias (por ejemplo, la presencia de especies invasoras y en expansión, como ocurre en Barcelona con las cotorritas de pecho gris, *Myopsitta monachus*, es un fenómeno ecológico lo sufi-

cientemente interesante), consideradas en sí mismas y también como *condicionantes* de fenómenos a escala del sistema ecológico. Así, más población humana, o bien una población más joven, o que sea más activa en el campo industrial, son características que tendrán consecuencias diferentes que las características opuestas en la demanda y consumo de energía y materiales del conjunto urbano y en el crecimiento de este sistema. Naturalmente, la dinámica demográfica humana de una ciudad está fuertemente relacionada con su evolución estructural (fig. 2.2).

Al aplicar los modelos de los demógrafos a poblaciones animales y vegetales, los ecólogos han aportado algunos conceptos a los que se ha atribuido importancia para la comprensión de la dinámica ecosistémica, pero que resultan demasiado simplificadores para ser realmente útiles. Algunos de estos conceptos son los que se refieren a la dinámica de las poblaciones, a su crecimiento, en particular el *potencial biótico* (o capacidad intrínseca de la población para multiplicarse), y la *capacidad de carga del medio*, que suele definirse por la población máxima de una especie dada que los recursos del medio son capaces de soportar por un tiempo indefinido, sin una crisis en la productividad del sistema. En los gráficos de la figura 2.3, n representa el número de individuos de la población y K el máximo valor de n que el medio puede soportar (su capacidad de carga para la especie). En el primer gráfico no hay limitaciones para el medio, y el crecimiento de la población es exponencial, en la segunda sí que las hay (recursos de alimento o espacio limitado) y la curva es de tipo logístico, disminuyendo el crecimiento de forma gradual cuando la población se aproxima a la capacidad de carga del medio.

Por lo que se refiere al potencial biótico, la especie humana no presenta demasiadas peculiaridades con relación a otras. De hecho, cualquier especie tiene sobrada capacidad para llenar toda la superficie del planeta. Y ello es cierto tanto si se reproduce con tasas elevadas (los conejos, por poner un ejemplo tópico), o más lentas —tiempos de gestación largos, con uno o pocos hijos en cada parto o puesta— que sería nuestro caso entre muchos otros, tanto si deja los huevos o las crías desarrollarse solas desde que nacen, con una mortalidad «infantil» elevada, como si aporta muchos cuidados a los hijos, hasta que pueden valerse con más probabilidad de éxito y con una mortalidad baja, ya que el crecimiento, si no se ve limitado por factores externos, es exponencial. Pero los cambios demográficos no dependen nunca (en otras especies tampoco) solamente de las tasas de natalidad y mortalidad, sino también de las de inmigración y emigración. En el caso del hombre, todas y cada una de estas tasas (mortalidad, natalidad, inmigración, emigración) están influenciadas por factores sociales y económicos, culturales y políticos. La ecología urbana no enseñará a los demógrafos cómo debe ser su trabajo, aunque

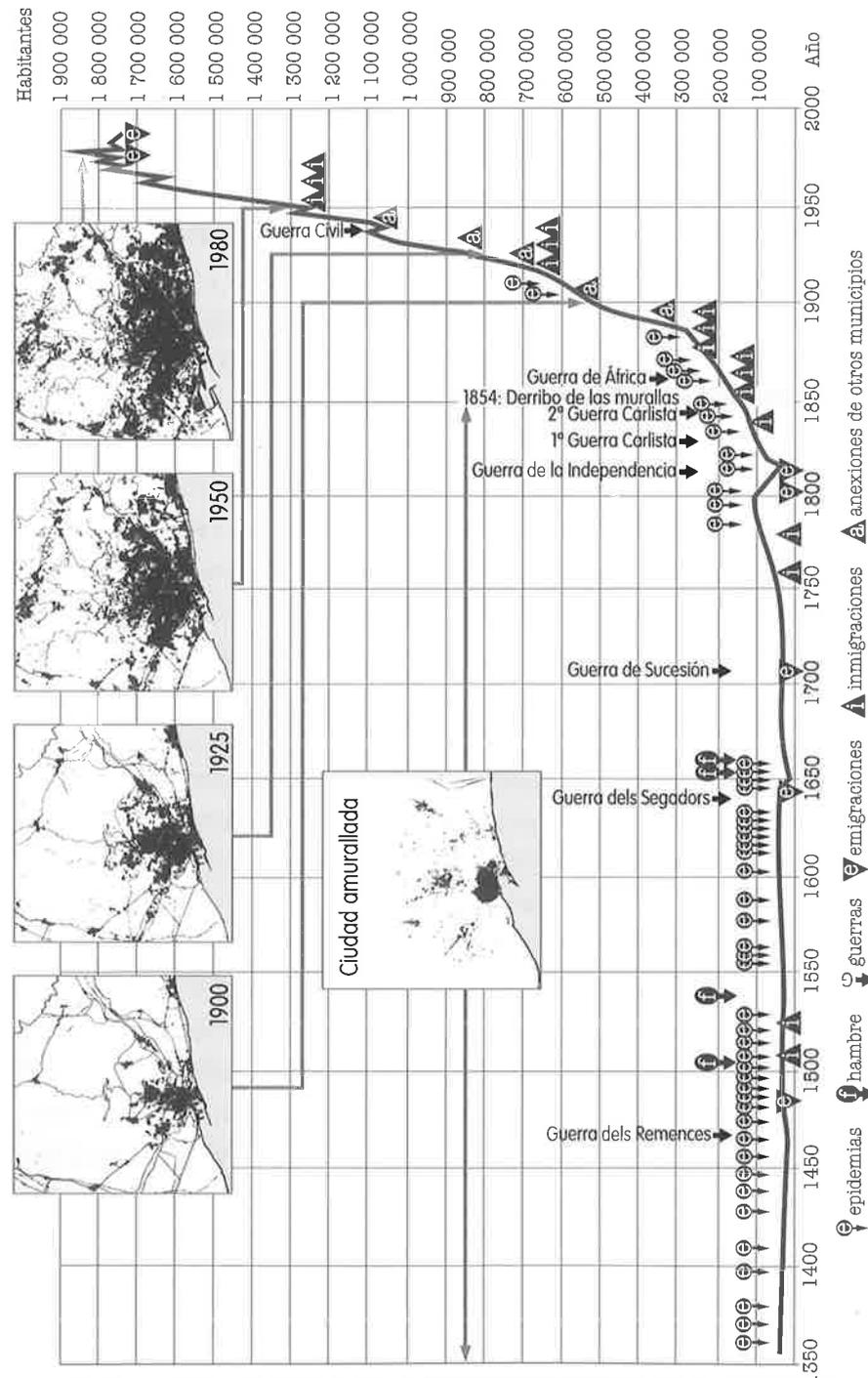


Figura 2.2 Evolución de la población de Barcelona en función del tiempo y relación con acontecimientos históricos y cambios en la estructura urbana. (Fuente: J. Terradas, ed.: *Barcelona funciona: ecología d'una ciutat*, Ajuntament de Barcelona, Barcelona, 1987.)

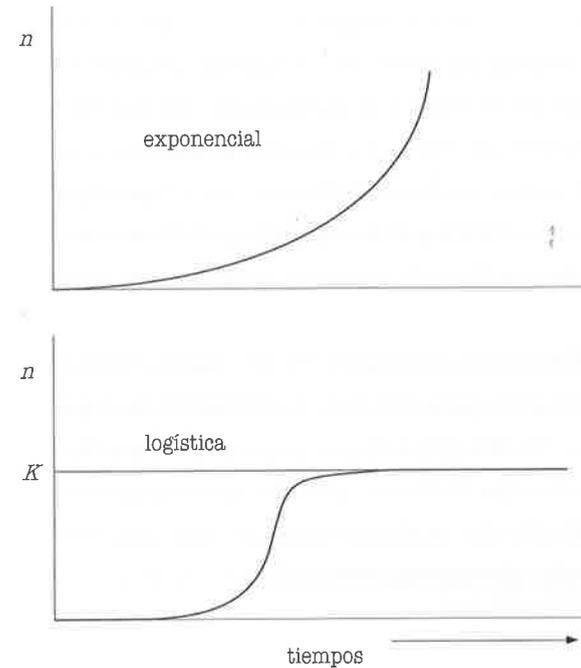


Figura 2.3 Modelos clásicos del crecimiento exponencial sin limitaciones y del crecimiento logístico, en que se produce una limitación por los recursos del medio en un tamaño máximo de la población K , que se correspondería con la capacidad de carga del medio

puede ayudarles a ver los procesos demográficos un poco más integrados en una visión de sistema.

Las limitaciones del crecimiento demográfico en los modelos ecológicos tradicionales no vienen de las características intrínsecas, sino de diversos factores externos y, finalmente, de la capacidad de carga. De acuerdo con lo que acabamos de explicar, a medida que la población se aproxima a estos límites, la tasa de crecimiento va decreciendo hasta hacerse nula y la población se estabiliza.

Se ha tratado de aplicar estos modelos clásicos de ecología a la ecología urbana (y otros igualmente clásicos, como los de Volterra, Lotka y Gause para las relaciones depredador-presa y de competencia, por ejemplo para modelizar la difusión geográfica de la competencia ocupacional en un mercado laboral estructurado en el espacio). Sin embargo, debemos admitir que quizá no podemos esperar gran cosa de ellos. El concepto de capacidad de carga no es realmente operativo: es una simplificación que apenas encuentra aplicación alguna en la propia ecología. Fuera de situaciones de poblaciones monoespecíficas en cápsulas de Petri, en condiciones controladas de laboratorio, la ca-

pacidad de carga es imposible de establecer, y cambia constantemente en la medida que cambian los recursos disponibles, la competencia con otras especies o la habilidad de la especie para obtener recursos (es innecesario aclarar que esto último el hombre lo hace a una velocidad creciente). La transposición de esta idea a un sistema complejo ecosocioeconómico es casi un recurso retórico que puede tener el peligro de conducirnos a perder de vista otros planteamientos más interesantes. Por lo tanto, la única cosa positiva que se desprende del concepto es extremadamente simple: recordarnos que el *mundo es finito, aunque no conozcamos las dimensiones*. Los ecólogos urbanos harán bien si se fijan más en la dinámica demográfica y no tanto en una abstracción no medible, como la capacidad de carga. Buena parte de las críticas a la capacidad de carga son extensibles al concepto, tan de moda, de *huella ecológica*, que viene a ser el recíproco de la capacidad de carga, es decir, la superficie necesaria para producir los recursos que necesita una población. La idea es interesante, pero como variable indicadora resulta discutible, como veremos más adelante.

El hombre actúa sobre el medio empleando instrumentos, que como ya hemos dicho son equivalentes a órganos exosomáticos (externos al propio cuerpo), que funcionan con energías y materiales igualmente exosomáticos (externos al propio metabolismo). Una población de hombres importa materiales y energía mediante el comercio y los usa para adquirir aún más recursos del medio o para mejorar la eficiencia de uso mediante la tecnología. Por tanto, la acción de esta población sobre el medio no es solamente la metabólica de la población, sino la suma del metabolismo somático y el exosomático, que es casi siempre mucho más grande que el primero. Visto así, está claro que, como la actividad exosomática es muy diferente en las diferentes poblaciones humanas (mucho más alta por individuo en Nueva York que en Calcuta, pongamos por caso), para valorar el *efecto de una población* sobre el medio o los recursos, en cada caso tendremos que multiplicar el número de individuos (que normalmente expresa el tamaño de la población de una especie) por el consumo exosomático por individuo. Este principio ha sido enunciado por Garrett Hardin, y es elemental para hacer cálculos realistas. Veamos un ejemplo muy simple, la población de una ciudad puede haberse multiplicado, pongamos por cinco, el último siglo (una proporción nada desmesurada, parecida a la que se ha dado en Barcelona), pero el consumo individual de energía puede haberse multiplicado por 20 (como ha ocurrido en Nueva York entre 1870 y 1980). En este caso, el producto $5 \times 20 = 100$ expresa, mucho mejor que el número de individuos, el incremento del *verdadero tamaño* de la población desde el punto de vista de la presión que ejerce sobre el medio. Podríamos repetir el razonamiento para el uso de otros recursos. El aumento del consumo de

energía y otros recursos presupone que la ciudad extiende su territorio real de influencia, o que la tecnología permite incrementar la capacidad del territorio para dar recursos a la ciudad. Normalmente, se dan las dos posibilidades, pero la primera tiene un papel más importante.

La ecología urbana tiene que incorporar constricciones e interacciones que vienen de factores sociales. En el caso de las poblaciones, no importa solamente su tamaño y su actividad sino aspectos como la cultura, la percepción que tienen del entorno, etc.

4. La estructura del ecosistema en el espacio y la evolución en el tiempo de esta estructura. Los ecosistemas tienen una estructura temporal y espacial. Por ejemplo, en un bosque la estructura espacial vertical está definida por la estratificación del suelo, la disposición de las raíces, troncos y hojas, la distribución de nidos, etc., y la horizontal por la distribución de los árboles, la disposición sobre el relieve, etc. Los ecólogos ven los *ecosistemas* como el *resultado de procesos históricos, en los que pueden intervenir el azar y el caos, pero también de tendencias espontáneas a la autoorganización (sucesión)*. También los ven como sistemas *heterogéneos a todas las escalas*, y han desarrollado modelos teóricos para analizarlos basándose en el reconocimiento de esta heterogeneidad empleando la denominada *patch theory* (*patch* es la *tesela* o mancha unidad en un sistema en mosaico). Las *fronteras* entre teselas son lugares con más diversidad y donde se producen tensiones. Los sistemas urbanos son también históricos, fruto de factores aleatorios y de autoorganización, y heterogéneos a diversas escalas, con fronteras de conflicto y diversidad. Las teselas o manchas que reconocemos en la estructura urbana son diferentes entre ellas en muchos sentidos: morfológicamente (casas, bloques de apartamentos, industrias), metabólicamente (consumo de recursos, producción de contaminantes, etc.), demográficamente y socialmente (vive gente con diferentes grados de riqueza, conocimiento, capacidad de desplazamiento o de cambio de residencia, etc.). Cada tipo de tesela tiene relaciones específicas con los tipos vecinos, dando lugar a fronteras de diferentes características. En el caso de la ciudad, la estructura está definida sobre todo por la distribución y dimensiones de edificios, calles, zonas verdes, espacios abiertos, etc., información que hoy podemos tener de manera muy precisa en formato digital o cartográfico. La evolución temporal de la estructura de los ecosistemas, su dinámica, se puede estudiar a diferentes escalas de espacio y tiempo (a lo largo de los siglos, el dinamismo en períodos recientes o los planteamientos y previsiones de dinámica futura). A una escala más fina, encontramos los individuos y familias y las viviendas y edificios. Muchas decisiones tomadas a esta escala tienen consecuencias a

escalas superiores, por ejemplo la siguiente, que sería el barrio o, más arriba, la aglomeración urbana o la región. Tienen también efectos más inmediatos: la altura y disposición de los edificios modifica la circulación del viento, la temperatura, la repartición de la humedad y otros componentes del biotopo. La construcción de edificios o infraestructuras y el asfalto alteran el porcentaje de suelo impermeabilizado, que es un factor básico de la modificación del flujo hidrológico, un factor importante del medio físico: esta modificación puede aumentar el riesgo de inundaciones y ser causa de pérdidas económicas o de vidas humanas. La distribución de la estructura sobre el territorio, y la manera cómo ha cambiado con el tiempo, condicionan la densidad de la población humana y los desplazamientos y otras actividades de esta población. También condicionan la presencia y la actividad de otros organismos, la distribución de las poblaciones, los intercambios con las que viven en territorios vecinos, las posibilidades de desplazamientos y, de manera especialmente importante, en la perspectiva ecosistémica (que aquí nos interesa sobre todo), los flujos materiales y energéticos del conjunto del sistema y sus efectos sobre el conjunto del territorio, temas de los que nos ocuparemos en los apartados siguientes y, más extensamente, en el capítulo 4. Vemos que también aquí hay influencias entre los diversos niveles (individuo, familia, población, edificio, barrio, instituciones, municipios, región, etc.).

La modificación de la estructura es considerada en ecología como una *perturbación*. La teoría de las perturbaciones tiene también posibles aplicaciones a la ecología urbana, pero en este caso (como ya se ha hecho para otros ecosistemas con presencia humana) hace falta cambiar la perspectiva. La actividad humana no constituye una perturbación, sino un conductor y un condicionante de los procesos ecológicos.

5. Los estudios relativos al metabolismo material y energético de los ecosistemas: cuánta energía, y cuántos y qué materiales entran, cómo esta energía y estos materiales son empleados dentro del sistema, y qué energía y qué y cuántos materiales salen del sistema.¹⁷ En el caso de las ciudades, la energía que llega puede hacerlo de forma espontánea, como la radiación solar o el viento, o traída por el hombre, como el petróleo, gas natural y gas ciudad, gases licuados, electricidad, carbón, leña, etc. Los materiales son múltiples, desde el agua de lluvia o canalizada y los gases atmosféricos transportados por el viento, los alimentos, materiales de construcción, metales, productos manufacturados, etc. Entre las salidas tenemos, por supuesto, energía emitida en forma de calor u otras formas de energía exportadas de la ciudad, gases contaminantes emitidos como resultado de la actividad urbana, residuos líquidos y sólidos, domésticos o

industriales, productos manufacturados, etc. Para cada caso, el estudio de estos procesos a menudo lo hacen servicios especializados (compañías de aguas, eléctricas, mercados, etc.) o servicios municipales y empresas que se dedican a la eliminación de los residuos, y con frecuencia los expertos correspondientes pertenecen a diversos campos de la ingeniería. También se pueden encontrar datos relativos a compra o venta de mercancías en cámaras de comercio y otras instituciones. Sin embargo, sólo ecólogos o economistas ecológicos han intentado dar una visión integrada del metabolismo urbano. Es sobre todo esta línea de pensamiento la que preside nuestra aproximación en este libro, pero no solamente considerando situaciones estáticas, sino incorporando de qué manera los cambios en la estructura y las poblaciones, y en los condicionantes físicos y sociales, alteran este metabolismo (figs. 2.4 y 2.5).

Ya hemos visto que es costumbre distinguir, en cualquier ecosistema, entre el metabolismo extra o exosomático y el endosomático. Por *metabolismo endosomático* entendemos todos aquellos procesos de uso y transformación de los materiales y la energía que tienen lugar a través del cuerpo de los organismos que forman parte del ecosistema. En una ciudad, la comida o la bebida que consumimos sus habitantes animales, humanos o no, la energía solar que las plantas que viven en la ciudad fijan por vía fotosintética en energía química, los residuos líquidos, sólidos o gaseosos de los animales (hombres

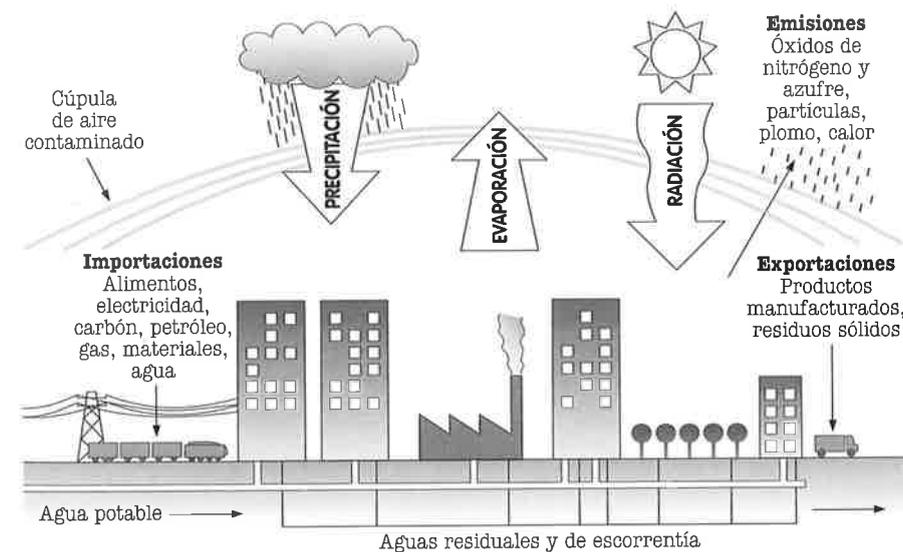


Figura 2.4 Flujos metabólicos en un sistema urbano, según Barracó *et al.*¹⁷ Se representan las principales entradas y salidas, y la cúpula de aire contaminado

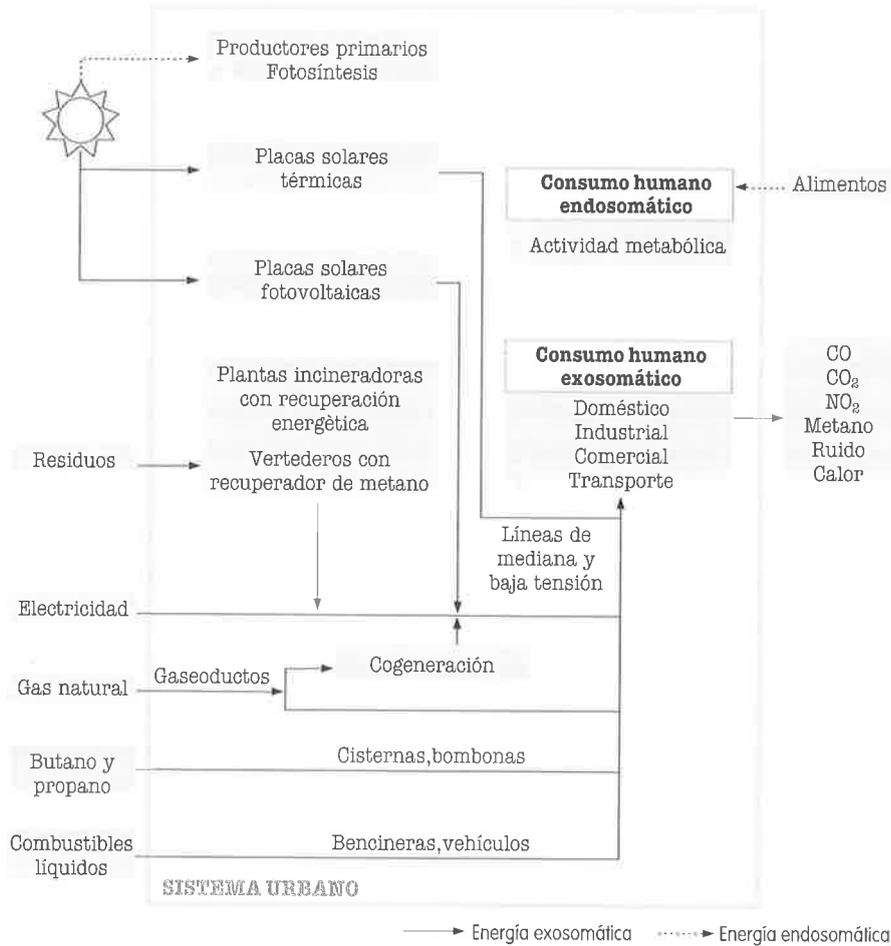


Figura 2.5 Principales flujos de energía endosomática y exosomática en el ecosistema urbano, según Barracó et al.¹⁷

también) y plantas, forman parte del metabolismo endosomático. Pero en una ciudad se utiliza mucha más energía que la que contienen los alimentos o la solar que fijan las plantas: hay la energía que mueve los motores, la que se consume en calefacción o refrigeración, etc. Y muchos materiales no sirven para comer, sino para construir casas o hacer periódicos o elaborar toda clase de artefactos. Todo esto constituye el *metabolismo extra* o *exosomático*. Cuanto más desarrollada industrialmente es una sociedad, más grande es la diferencia entre las cantidades de energía y materia implicadas en el metabolismo exosomático y las que sirven para el metabolismo endosomático. Y, al mismo tiempo, más grandes se hacen las dependencias y los impactos con relación a otros territorios.

Aunque «funcionamiento» o «funciones» son términos muy poco específicos, que se pueden emplear para referirse a otros aspectos de los sistemas urbanos, nos referiremos en el presente texto, siempre que no nos refiramos a otra denominación, al funcionamiento ecológico, es decir, esencialmente al metabolismo del ecosistema urbano, según las ideas básicas siguientes:

- Hemos de entender que, como se ha dicho antes, una ciudad es siempre, en conjunto, un sistema *heterotrófico*, es decir, un sistema incapaz de producir todo el alimento que consumen sus habitantes, y que, por tanto, se alimenta de productos importados de otros territorios. Esto no quiere decir que, en el conjunto del mundo, la agricultura en áreas urbanas sea menospreciable: representa una ayuda considerable a capas de población pobres de muchas ciudades. Pero ninguna ciudad grande llega a la autosuficiencia alimentaria. La ciudad tiene que importar alimentos, pero también agua, materias primas, energía y muchos productos manufacturados.
- En la producción de todo lo que la ciudad debe importar tienen lugar algunos procesos que pueden provocar *impactos sobre el entorno* en el lugar de producción (por ejemplo, la construcción de embalses para dar suministro de agua a la ciudad supone la inundación de determinados valles). En el transporte desde los lugares de producción también tienen lugar *impactos ambientales*¹⁸ (por ejemplo, hay que construir autopistas o líneas de ferrocarril, fragmentando el territorio, y, además, el mismo hecho del transporte genera contaminación).
- La ciudad produce residuos sólidos, líquidos y gaseosos y productos manufacturados.

Muchos de estos residuos se depositan, se vierten o se eliminan fuera de la ciudad, provocando nuevos impactos en el entorno (por ejemplo, aire contaminado en las capas bajas de la atmósfera o emisión de gases de efecto invernadero, emisión de aguas residuales a los ríos o mares o exportación de basuras domésticas o industriales).

El conjunto de entradas materiales y energéticas, procesos internos de transformación de estos materiales y energía, y salidas de los mismos constituye, por tanto, el *metabolismo material y energético de la ciudad* (fig. 2.6). Su conocimiento es esencial para captar las dependencias y los impactos del conjunto del ecosistema urbano en áreas periféricas de diferente amplitud, desde las más inmediatas hasta el conjunto del planeta. El modelo de consumo y comportamiento económico de la ciudad será decisivo para de-

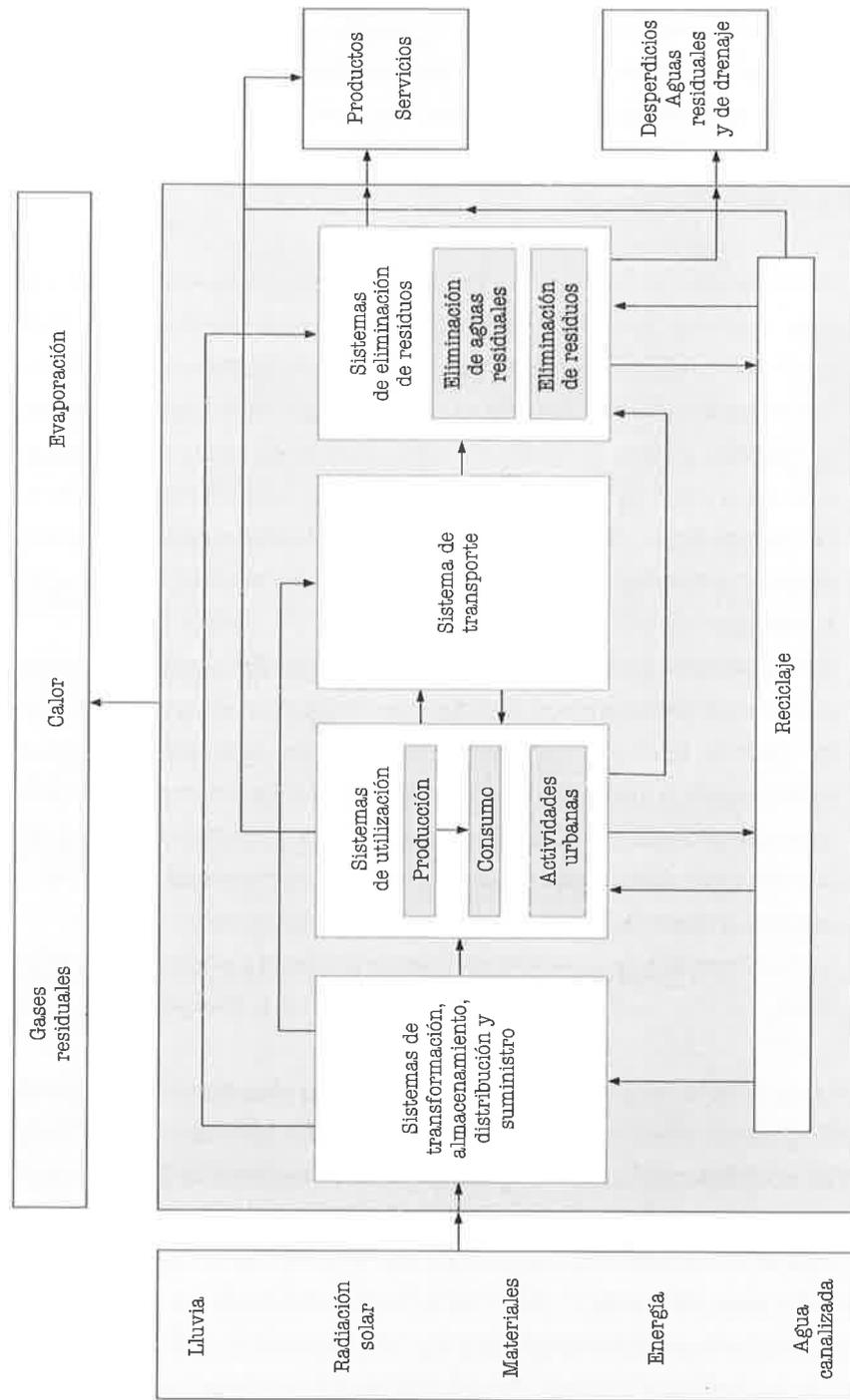


Figura 2.6 Sistemas principales del metabolismo de una ciudad, según Hagakawa con modificaciones

terminar los grados de estas dependencias y de estos impactos. Cuanto más fuertes sean las dependencias, más difícil será mantener la ciudad en tiempo de crisis (por ejemplo, guerras o desastres naturales). Cuanto más fuertes sean los impactos, más grave será la contribución de la ciudad a la problemática ambiental. Dependencias e impactos determinan la sostenibilidad relativa del sistema urbano. Cuantas más dependencias y más impactos, menos sostenibilidad. Finalmente, tenemos que superar las aproximaciones de balances para sistemas delimitados sobre la base de fronteras administrativas y partir de escalas más finas, reconociendo la estructura espacial en mosaico, hecho de teselas heterogéneas, del sistema. Este mosaico, ya lo hemos visto, no es solamente morfológico-estructural. Por ejemplo, podemos reconocer como piezas elementales, o teselas del sistema, un barrio de casas unifamiliares con jardín o un polígono de pisos con edificios altos. Cada una de estas teselas tiene una población demográfica, cultural y económicamente diferenciada de la otra, y los flujos metabólicos funcionan también de una manera diferente. Las relaciones con las teselas vecinas de diferentes tipos son también específicas. La elección de las teselas como unidad fundamental en ecología urbana es importante para poder construir modelos finos de funcionamiento y crecimiento. Si podemos formular modelos de funcionamiento a esta escala más fina, pasaremos luego a escalas menos detalladas sin preocuparnos del problema de los límites, y empleando las técnicas disponibles de análisis geográfico. Además, las teselas serán también unidades apropiadas para la gestión.

6. Los intercambios de información y mecanismos de regulación son quizás el bloque más difícil de tratar en el estudio de los ecosistemas. Los sistemas están estructurados de una manera determinada, se puede decir que tienen una *forma*, que es resultado de procesos históricos, y que engloba no solamente aspectos puramente físicos, como la distribución de casas, calles, plazas, cloacas, conducciones diversas, etc., sino también la organización social y política. Desde el punto de vista de los flujos de energía y materia, está claro que debemos fijarnos sobre todo en el resultado de estas decisiones sobre los flujos, y no tanto en el qué y en el cómo de la toma de decisiones. Pero el sistema es incomprensible sin profundizar en los mecanismos de regulación. Eso equivale a decir que, si hacemos un esquema de los flujos y compartimentos de materia y de energía del sistema, no podemos olvidar que existen también «válvulas y grifos», que regulan los flujos, el estado de los cuales, abierto o cerrado por ejemplo, es a menudo el resultado de *decisiones* de carácter individual o colectivo, técnico o político, etc.

Así pues, hay mecanismos de regulación que tenemos que incorporar en cualquier modelo de ecosistema, y la circulación de los flujos depende de acciones puntuales, a

menudo determinadas por decisiones técnicas o políticas. En los mecanismos de regulación entran en juego, junto a la materia y la energía, procesos de intercambio de información que tienen una extraordinaria importancia y complejidad. En el caso de las ciudades, además, este es, no hace falta decirlo, un tema en constante evolución. Los científicos sociales (sociólogos, comunicólogos y políticos, por ejemplo), tienden a interesarse por este aspecto esencial del funcionamiento del sistema, pero a menudo no han tenido suficientemente presentes los aspectos estructurales y, sobre todo, los materiales y energéticos. Ahora bien, tanto el estudio de los intercambios materiales y energéticos, como la identificación de los puntos donde se produce la regulación de los flujos y los mecanismos por los que se determinan las decisiones, son esenciales para entender el comportamiento ecológico del sistema urbano, para predecir algunas consecuencias y para sugerir algunas correcciones. Por desgracia, la comprensión de muchos de estos procesos es a menudo escasa en sistemas tan complicados. En el caso de los mecanismos de control, la simple medida cuantitativa de la información que interviene es un problema en gran parte no resuelto, a pesar de los esfuerzos que se iniciaron con la cibernética y que, en ecología, se tradujeron en los intentos de aplicar la teoría de la información a la medida y a la interpretación del significado de la *diversidad*. Más complicado aún es entrar en la modelización de los procesos de decisión.

Una vez más, las decisiones no siempre se toman a la escala más elevada del conjunto del ecosistema. Bien al contrario, muchas decisiones que tienen efectos generales, son tomadas por individuos u organizaciones. Hemos dado ejemplos al tratar el crecimiento urbano, y el crecimiento repercute en el funcionamiento. Por tanto, la ecología urbana ha de integrar decisiones, cultura y conocimiento, relaciones económicas y actividades de las instituciones de la misma manera que los científicos sociales han de integrar constricciones físicas, interacciones biológicas y procesos ecológicos.

En los puntos 1 a 6 hemos visto que todos los bloques principales del estudio de los ecosistemas que acostumbra a reconocer la ciencia ecológica se reencuentran en el caso de las ciudades, aunque configuren un esquema muy complicado que, en buena parte, aún no sabemos analizar de forma apropiada. En muy gran medida, estos temas son tratados de forma específica por diversas disciplinas, con sus profesionales respectivos, que no tienen ninguna relación con la ecología. Los ecólogos no pretenden sustituirlos. Lo que se propone desde la ecología es que, además de estas visiones específicas, se pueda considerar a la ciudad desde una perspectiva ecológica que, de alguna manera, resulte integradora (como también lo es la economía, por ejemplo), una visión sistémica que va

desde el medio físico a los mecanismos de regulación y decisión. Es fácil dar ejemplos de esto, considerando el tema del metabolismo energético y material. Veamos algunos.

Un pequeño descenso de la temperatura por debajo de los valores normales repercute en muchos componentes del sistema urbano y determina modificaciones en el consumo energético, en el consumo de aparatos de calefacción o refrigeración, en el comportamiento y salud de las personas, en las emisiones de contaminantes, etc. La figura 2.7 muestra algunas de estas repercusiones. De paso, este ejemplo nos puede ser de utilidad al pensar en las consecuencias complejas de los cambios climáticos, otro tema de actualidad. Igualmente, como ya hemos visto, cambios en la demografía (estable o estacional) suponen cambios en el consumo y en la producción de residuos y, por tanto, en un cúmulo de actividades empresariales, relaciones laborales, etc. No hace falta decir que las decisiones políticas o de gestión, y los cambios de hábito de los consumidores, igualmente trascienden al ámbito metabólico. En el fondo, los balances en los intercambios materiales y energéticos, por un lado, y económicos, por otro, sintetizan para algunas cosas el funcionamiento más básico del sistema urbano entero, a un nivel que resulta apropiado para ayudar a la toma de decisiones, sin excluir muchas otras consideraciones y puntos de vista.

Ecología y economía

Por desgracia, la ecología y la economía aún están demasiado alejadas, a pesar de los recientes esfuerzos para conseguir una aproximación entre ellas. La ecología, como la economía, tal y como acabamos de indicar, son ciencias que sintetizan muchos aspectos del funcionamiento de los sistemas antrópicos, partiendo de datos procedentes de muchas otras disciplinas. Una visión apropiada para avanzar hacia un desarrollo sostenible debería partir de la aproximación de los análisis ecológico y económico en una nueva ciencia, o conjunto de ciencias. Se ha hablado de *ecosociología* o *socioecología* (a Ramon Folch, uno de los nuestros más conocidos expertos ambientales, le gusta definirse como *socioecólogo*), y también se ha hablado de *economía ecológica*,¹⁹ disciplina de la que Joan Martínez Alier, catedrático de la Universidad Autónoma de Barcelona, ha sido uno de los grandes impulsores a escala mundial. Pero la nueva ciencia que quizá nos haría falta aún no está lo suficientemente formalizada. La economía ha sido acusada de no ser capaz de tener en cuenta los aspectos ambientales, y se le exige la incorporación de los bienes libres en la contabilidad económica. Este es un tema que sobrepasa el ámbito urbano para cubrir el conjunto de la problemática ambiental contemporánea, y tratarlo necesitaría mucho más espacio del que aquí tenemos disponible.

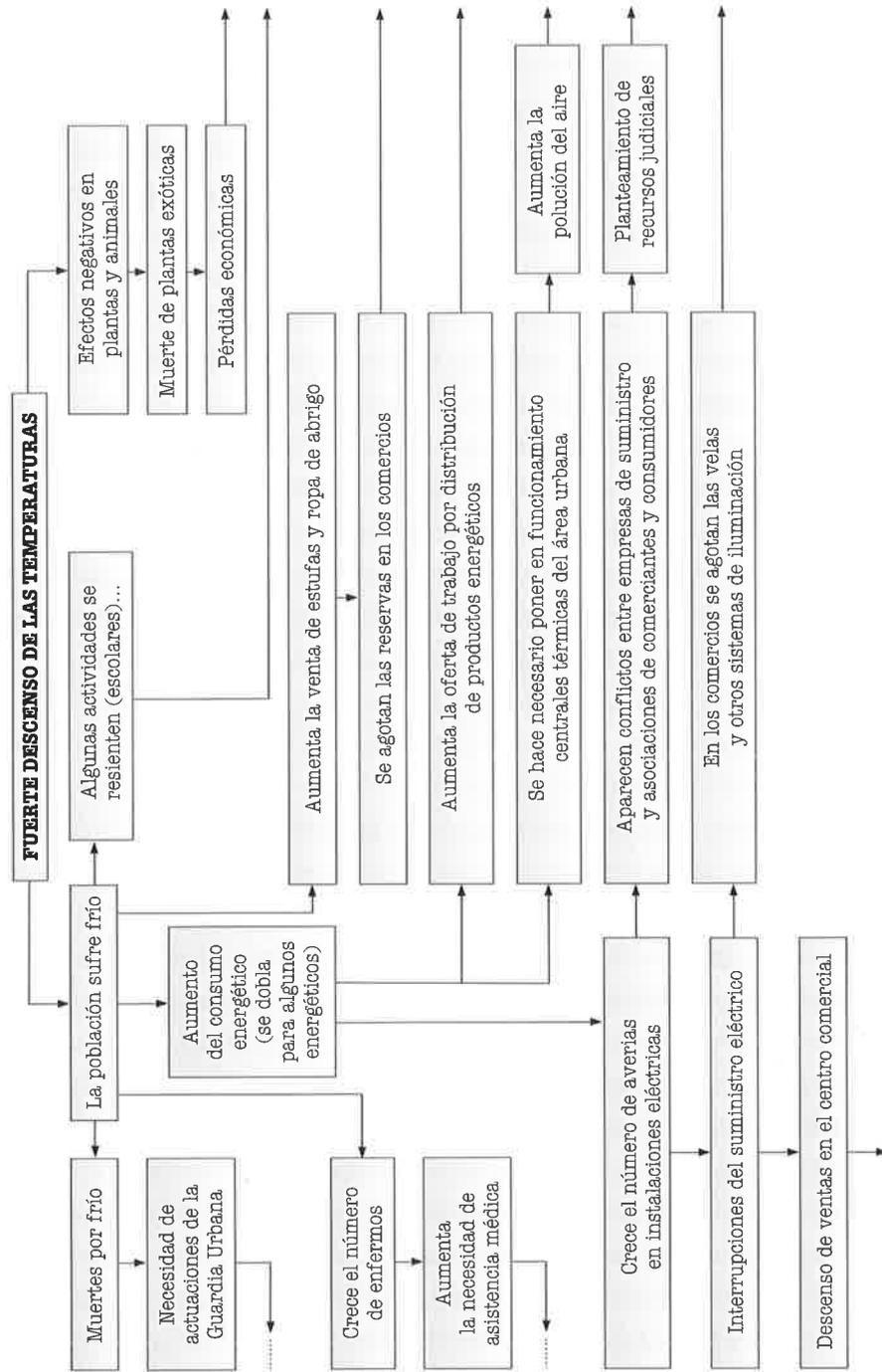


Figura 2.7 Ejemplo de las consecuencias de una variación en un solo factor (descenso de la temperatura unos grados por debajo de la habitual) en procesos muy diversos y escalas del ecosistema urbano (véase el texto)

Señalemos que, aunque la discusión teórica tiene más fuerza entre los economistas, algunos ecólogos también han participado. Entre los ya relativamente antiguos debemos mencionar los intentos de H.T. Odum y colaboradores, en los años setenta y ochenta, por sustituir la contabilidad estrictamente monetaria por una basada más bien en la energía, intentos fracasados, ya que los intercambios de dinero son totalmente independientes de los de materiales y productos energéticos, y ello cada vez más. Mucho más recientemente, se están haciendo esfuerzos para valorar, en términos económicos, los «servicios que nos dan los ecosistemas».²⁰

Estos esfuerzos algunos los reciben con actitudes positivas (aunque reconociendo muchas limitaciones), sobre todo por su posible valor ilustrativo. Otros, sin embargo, los rechazan frontalmente por la capacidad intrínseca que tienen estas propuestas a la hora de asignar valores infinitos a aquellos procesos que son totalmente indispensables e insustituibles, o para considerar el futuro de forma adecuada a la hora de los cálculos.

Un interés muy especial de la propuesta ecológica en el estudio de las ciudades, desde el punto de vista ambiental, radica también en que ofrece una buena perspectiva para determinar los diversos impactos que el metabolismo de la ciudad genera, tanto dentro de su propio entorno como en entornos geográficos más amplios a su alrededor. Por tanto, el ecólogo no debe limitarse a hacer de forma aséptica, una forma de contabilidad paralela a la económica. Tratará de interpretar las consecuencias que los intercambios entre ciudad y resto del mundo puedan tener en términos de disfunciones (como la contaminación local o general) o en términos de impactos sobre el medio natural, la biodiversidad, etc. Esperemos que también haya consecuencias en términos de una progresiva integración de la comprensión de los sistemas regionales y globales. Si analizar los aspectos metabólicos no equivale a limitarse a ellos, aún es más claro que la comprensión de la contribución de las ciudades a la evolución ambiental del planeta hace indispensable complementar los puntos de vista de las ciencias sociales con los de las naturales. Solamente de la combinación del conocimiento económico-social y del ecológico pueden salir propuestas apropiadas a los retos a los que nos enfrentamos.

Creemos que con todo esto hemos justificado lo que podríamos denominar los contenidos de una aproximación ecológica al estudio de la ciudad, y la conveniencia, incluso la necesidad, de este punto de vista. Y ello tanto por las virtudes que puede tener la propuesta integradora de la ecología para entender las relaciones entre los sistemas urbanos y el resto de la biosfera, como por la posibilidad de aplicar conocimientos obtenidos en el estudio de otros ecosistemas a aspectos parciales del funcionamiento urbano. Podríamos estudiar exhaustivamente, por ejemplo, las emisiones de gases a la

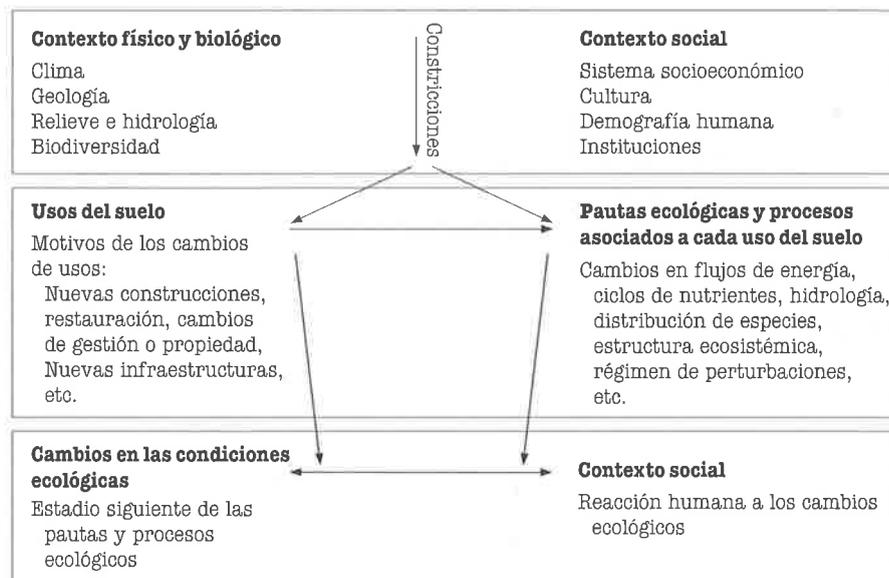


Figura 2.8 Esquema conceptual para la comprensión de los ecosistemas urbanos, que muestra factores conductores y pautas de actividad, tanto en los sistemas ecológicos como en los sociales, que debemos considerar colectivamente. Las «variables» que aparecen están interrelacionadas. El bloque superior corresponde a los factores de construcción, el intermedio a la dinámica del sistema y el inferior a los efectos del cambio²¹

atmósfera y sus efectos perjudiciales sobre la salud. Pero solamente una comprensión simultánea del metabolismo global del sistema y de su economía y características sociológicas nos permitiría situar y entender el fenómeno en un contexto apropiado para tomar decisiones orientadas a una mejor gestión, a una gestión que fuese más *sostenible*, por emplear el término de moda. No obstante, la propuesta de los ecólogos aún despierta recelos, a los que debemos intentar poner remedio (fig. 2.8).

La aproximación ecológica no es reduccionista

Ahora convendrá, en efecto, muy brevemente, avanzarnos a las posibles críticas que puedan acusar a la ecología urbana de reduccionista. Ya hemos visto que lo que se propone es, por el contrario, una visión integradora. Por otro lado, si se entiende como más propio de la ecología el estudio del metabolismo urbano, entonces está claro que entender los flujos y determinar sus efectos locales y generales es más bien un proceso de diagnosis parcial, lo que, naturalmente, no significa resolver los problemas: las soluciones vienen de los campos más diversos de las especialidades ya nombradas y otros,

por ejemplo de la tecnología y el diseño, de las medidas económicas, de la ingeniería social, de la decisión política, etc. De la reflexión sobre el metabolismo urbano pueden surgir, juntamente con una comprensión más clara del sistema en sus aspectos más físicos, unas indicaciones de problemas de funcionamiento que hace falta corregir, de direcciones hacia las que conviene avanzar. Ya hemos dejado claro que una ciudad no consiste solamente en intercambios de materia y energía (ni tan siquiera para los ecólogos), igual que una persona no se explica por lo que come y los excrementos que produce (seguramente el lector perdonará esta grosera comparación, la cual esperamos, sin embargo, que sea lo suficiente clara). Pero aunque nadie discute que el médico muchas veces ha de saber esas cosas de sus pacientes, también se tiene que interesar por otras cosas, como los antecedentes genéticos, el entorno de trabajo y familiar, etc. Nadie cree que sea reduccionista el pedir un análisis de orina o de sangre para hacer un diagnóstico (aunque también existe el riesgo de que los médicos adopten una visión demasiado reduccionista a la hora de las interpretaciones y de las soluciones). De la misma manera que el médico necesita análisis, el gestor y el político también, y cada vez está más claro que los técnicos y políticos y, hasta cierto punto, el ciudadano en general, deben saber cómo funciona y en qué estado se encuentra el metabolismo material y energético de la ciudad. Y también han de saber las repercusiones regionales y globales de este metabolismo, desde los lugares de producción de las *entradas* de la ciudad hasta los efectos más remotos de sus *salidas*. Deben saberlo para actuar y tomar decisiones, sobre todo si quieren que las decisiones sean ambientalmente correctas. Al mismo tiempo, el sistema material-energético presenta una serie de mecanismos de regulación. Los aspectos sociales y culturales pueden actuar a este nivel, pero ya hemos visto que no son independientes de los físicos. En todo ecosistema, urbano o no, encontramos intercambios de materia y energía, mecanismos de regulación y transferencias y almacenes de información.

Con esto no negamos que desde la ecología, o más a menudo en su nombre, se hayan difundido algunas visiones demasiado simplificadoras. Cuando tratemos los indicadores nos extenderemos en explicaciones, ya que es en este terreno donde resulta más fácil caer en simplificaciones groseras.

La noción de sostenibilidad aplicada a las ciudades

Hemos explicado que las ciudades son sistemas heterotróficos. Ninguna ciudad es, por ella misma, sostenible en un sentido absoluto. Entendemos por *sostenible* un sistema en el que los procesos de uso de los recursos actuales se puedan mantener durante las

generaciones futuras. Pero también hemos visto que las ciudades no emplean solamente recursos propios, y para juzgar su sostenibilidad debemos de incluir sistemas más amplios, todos los que sirven para producir recursos a la ciudad, para alojar los residuos o recibir los productos. Sin embargo, hoy es usual que se hable del objetivo de alcanzar la *ciudad sostenible*. Hay que entender esta expresión en un sentido relativo (ya que hemos dicho que ninguna ciudad, considerada aislada, sería sostenible). Es decir, en definitiva, se reconozca o no, se tratará siempre de conseguir el sistema más duradero, y no solamente de hacerlo *indefinidamente* sostenible. Cualquier estrategia de aumento de la sostenibilidad, así entendida, tendría que pasar por la diagnosis del metabolismo actual del sistema urbano, sus dependencias y los impactos que provoca, y por un proceso de corrección de este metabolismo, para hacerlo más soportable en el conjunto del sistema más grande en el que se inserta la ciudad. Al final, solamente la organización de toda la población humana en el conjunto del planeta puede llegar a un equilibrio relativamente duradero. Pero esto será más factible cuantos más esfuerzos locales se dirijan a la sostenibilidad.

Ni la ecología urbana, ni la ecología en general, han sido aún plenamente incorporadas en los planteamientos habituales que presiden la planificación urbanística, territorial y económica. Las Agendas 21, cuyo desarrollo fue propuesto en la Conferencia de Río el 1992, y que pretenden reconciliar los objetivos de crecimiento económico con las demandas ambientales, son una oportunidad para facilitar esta integración, que no deberíamos desaprovechar. El peso de la tradición, los gremialismos o la escasa permeabilidad de algunos colectivos a la cuestión ambiental, los intereses concretos y las situaciones de hecho con relación al poder hacen aún francamente difícil, pero no por ello menos urgente, incorporar la ecología urbana asociada a la economía y otras ciencias, a los ámbitos del proyecto y la decisión. Pero tal vez el mayor obstáculo sean las insuficiencias de la propia ecología urbana, que aún no ha ido más allá de la diagnosis, aunque ésta ya sea indispensable.

El camino hacia una mayor sostenibilidad ha de suponer políticas innovadoras en lo que se refiere a las instituciones y a su organización, cambios en el comportamiento individual y colectivo y una estrategia relativa a la estructura, morfología, demografía y funcionamiento del ecosistema urbano. Es evidente que, para orientar estos procesos, nos hacen falta referencias cuantitativas, variables que se puedan emplear como indicadores. Las Agendas 21 hacen esfuerzos considerables para establecer estos indicadores, pero las dificultades son considerables. Estos temas serán objeto de las últimas partes del libro.

Notas

- ¹ Véanse las obras de A.H. Hawley, *Human Ecology*, de la que hay una versión en castellano (*Ecología humana*, Barcelona, Omega, 1950); de M. Bates, *Human Ecology* (en A.L. Kreber, *Anthropology today*, Chicago, University Chicago Press, 1953), y de N.P. Gist y S. Fleis, *La sociedad urbana* (Barcelona, Omega, 1968).
- ² <http://www.ecostudies.org/bes>
- ³ S. Boyden, S. Millar, K. Newcombe y B. O'Neill: *The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong*, 1981.
- ⁴ Por ejemplo, S. Denaeey y P. Duvigneaud: *L'écosystème URBS (Comparaison Bruxelles-Charleroi)*, en el libro de P. Duvigneaud, S. Denaeey y Ch. Brichard, *Écosystèmes: Cycle du carbone*, Cartographie, Comité National Belge du SCOPE, Bruselas, 1978.
- ⁵ C.A. Doxiadis: *Ecology and Ekistics*, Londres, Elek, 1977.
- ⁶ M. Parés, G. Pou y J. Terradas: *Ecología d'una ciutat: Barcelona*, Descubrir el medi urbà 2. Ajuntament de Barcelona, Barcelona, 1985.
- ⁷ J.M. Naredo y J. Frias: *Flujos de energía, materiales e información en la Comunidad de Madrid*, Consejería de Economía, Comunidad Autónoma de Madrid, Madrid, 1988.
- ⁸ S. Rueda: *Ecología urbana*, Barcelona, Beta Editorial, 1995.
- ⁹ Diputació de Barcelona: «El paisatge de les metròpolis i la ciutat del coneixement», *Àrea, revista de debats territorials* 2000; núm. 8: 51-138.
- ¹⁰ Véanse diversas obras: M.J. Mc Donnell y S.T.A. Pickett (eds.): 1993, *Humans and components of ecosystems: the ecology of subtle human effects and populated areas*, Nueva York, Springer, 1993. N.B. Grimm: *Opportunities and challenges in urban ecological research*, Proceed. Intern. LTER Meeting, Taipei, Taiwan, 1997. A. Flores, S.T.A. Pickett, W.C. Zipperer, R.V. Pouyat y R. Pirani: «Application of ecological concepts to regional planning», *Landscape and Urban Planning* 1997: 39: 295-308. N.B. Grimm: «Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems», *AIBS Bioscience Online*, julio 2000, que puede consultarse en Internet en http://www.findarticles.com/1042/7_50/64262812.
- ¹¹ Véase, por ejemplo, H. Barracó, M. Parés, A. Prat y J. Terradas: *Barcelona 1995-1999: ecología de una ciudad*, Ajuntament de Barcelona, Barcelona, 1999.
- ¹² Véanse sobre todo los volúmenes publicados el 2000 por la Diputación de Barcelona sobre el *Sistema municipal d'indicadors de sostenibilitat*, proyecto que dirige V. Sureda.
- ¹³ F. Relea y A. Prat: *La peljada ecológica de Barcelona*, Ajuntament de Barcelona, Barcelona, 1999.
- ¹⁴ O. Nel-lo: *Ciutat de ciutats*, Empúries, Barcelona, 2001.
- ¹⁵ J. Roca: *La delimitación de la ciudad: ¿una cuestión imposible?*, 1er Congreso Internacional de Ecología y Ciudad, Universidad Politécnica de Cataluña, CD-ROM de Xarxa Temàtica Ecologia i Ciutat, Barcelona, Barcelona, 2001.
- ¹⁶ R. Margalef: *Our Biosphere, Excellence in Ecology*, Oldendorf, Ecology Institute, 1997.
- ¹⁷ H. Barracó, M. Parés, A. Prat y J. Terradas: *Barcelona 1985-1999. Ecologia d'una ciutat*, Ajuntament de Barcelona, Barcelona, 1999.
- ¹⁸ P. Riera: *Evaluación de impacto ambiental*, Barcelona, Rubes Editorial, 2000.
- ¹⁹ J. Martínez Alier: *Introducción a la economía ecológica*, Barcelona, Rubes Editorial, 1999.
- ²⁰ Costanza *et al.*: «The value of the world's ecosystem services and natural capital», *Nature* 1999; 387: 253-260. G.C. Daily: *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Washington DC, 1997.
- ²¹ Inspirada en esquemas de los estudios de Baltimore y Phoenix, según N.B. Grimm: «Integrated approaches to long-term studies of urban ecosystems», *BioScience Online*, 2000.

Estructura urbana, urbanismo y ecología

Las condiciones ambientales y la estructura urbana

Entenderemos por *estructura urbana* el conjunto de elementos físicos que organizan el territorio y canalizan los flujos materiales, energéticos y de información: calles, plazas, edificios, cloacas, conducciones eléctricas, cable, señales, mobiliario urbano, etc. La distribución de estos elementos en el espacio, los materiales de los que están hechos y las características que tienen condicionan muchos aspectos del ambiente urbano, tanto desde el punto de vista del microclima, como de la posibilidad de ahorro y dispendio energético, de la contaminación gaseosa, acústica, por radiaciones u otras, o de la seguridad frente al riesgo de desastres naturales y muchos otros componentes del ambiente. A su vez, las condiciones físicas del terreno, el clima, etc., son constricciones al crecimiento y forma de la estructura urbana. En el presente capítulo, consideraremos de forma muy simplificada estas cuestiones, partiendo de la analogía entre la estructura del ecosistema urbano y la estructura en otros ecosistemas. En un bosque, podemos distinguir *a) una organización vertical*: la estratificación de las plantas según la altura, la disposición de órganos con diferente significación funcional, como las hojas, ramas, troncos y raíces, la distribución diferencial de nutrientes entre estos órganos, la repartición de la materia viva en términos de biomasa, las características anatómicas de los sistemas conductores, la distribución de los refugios, nidos y lugares de alimentación de la fauna a lo largo del perfil vertical, los horizontes del suelo; y *b) una organización horizontal* (la distribución de los individuos de las poblaciones de las diferentes especies, más contagiosa o más

regular, las heterogeneidades en la cobertura de las copas o en el relieve del terreno, la apertura de caminos o pasos para los animales... El equivalente a la madera del bosque en una ciudad es el conjunto de materiales (cemento, acero, cristal, hormigón, asfalto, madera, etc.) que se emplean en la construcción, además de la madera de las plantas que crecen en jardines, calles o terrazas. La distribución vertical y horizontal de todos estos materiales influye sobre las condiciones climáticas y microclimáticas, y da lugar a la aparición de un conjunto de ambientes diferenciados en el interior de la trama urbana (fig. 3.1).

Nos podemos aproximar a la estructura urbana a diferentes niveles: por ejemplo, edificios, barrios, aglomeraciones, regiones metropolitanas. En el nivel más elemental, los edificios individuales crean una importante heterogeneidad de condiciones, ya que un lado queda soleado y más seco que el otro, que es más umbrío y frío (donde el hielo y la nieve, si los hay, pueden mantenerse bastante más tiempo). El lado de poniente recibe la radiación solar durante las horas más calurosas, y por ello tiene un microclima bien diferenciado del lado de levante. La orientación de los tejados y la disposición de los desagües hace que la distribución del agua de lluvia alrededor del edificio sea también muy heterogénea. Si se trata de un edificio alto que tiene otro próximo, entre ellos el viento circula más deprisa, como por un embudo, y la insolación es muy escasa, pero puede haber un calentamiento por radiación de calor desde el lado soleado de uno al sombreado del otro.

No todas las superficies construidas son iguales en su comportamiento térmico, ni mucho menos. El asfalto negro absorbe mucho el calor, y en la calzada podemos encontrar temperaturas muy elevadas. Este calor irradia sobre las paredes del entorno y aumenta el efecto de trampa de calor. En climas cálidos, como el de muchos lugares del Mediterráneo, la gente encala las paredes, ello hace que buena parte de la radiación recibida sea reflejada y las casas permanezcan más frescas (Andalucía, Ibiza, Grecia, etc.). Las propiedades de la madera, arcilla, ladrillo o el hormigón son absolutamente diferentes en lo que se refiere a respuesta térmica. Las construcciones trogloditas como las que vemos en Guadix y otros pueblos andaluces o en la región del Loira en Francia, no son muestras de primitivismo sino de considerable inteligencia: las viviendas son mucho más templadas, frescas en verano y calientes en invierno, sin dispendio energético.

Algunos tipos de construcción se relacionan con otras características del medio local. Por ejemplo, en zonas de marismas las viviendas tradicionales se suelen construir encima de soportes de madera, para alejarse del agua. El iglú esquimal es un ejemplo notorio de construcción hecha con el único material fácil de obtener en el medio ártico, adaptada

FACTORES ECOLÓGICOS

SUBSISTEMAS

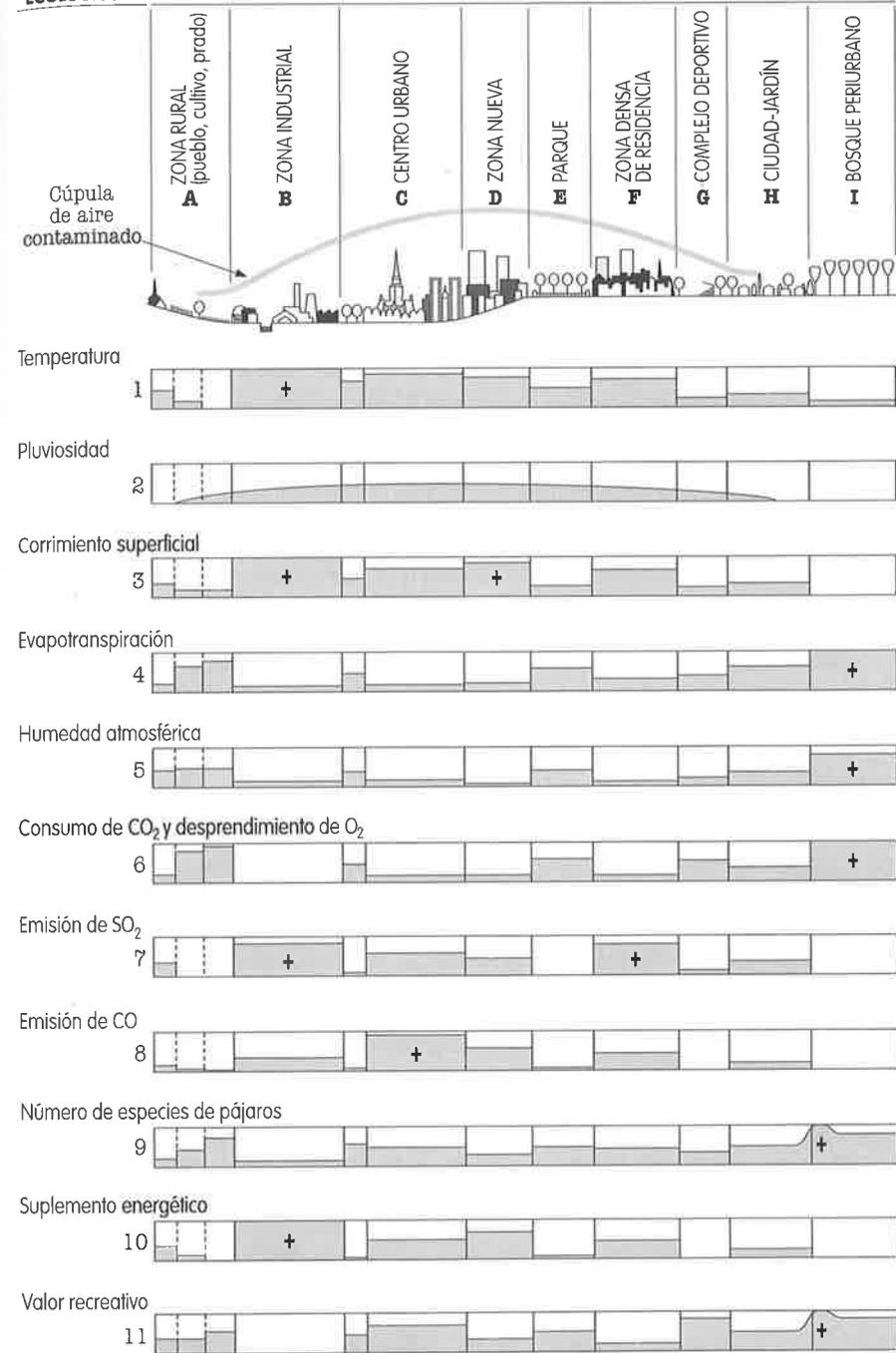


Figura 3.1 Características de los diferentes ambientes que forman el tejido urbano y su influencia sobre el medio físico, según Duvigneaud¹ para Bruselas

a las condiciones de la vida nómada en el hostil ambiente del Gran Hielo. Los nómadas, en general, no pueden acarrear materiales pesados especiales para la construcción, así que tienen que construir con lo que tienen, o traer materiales ligeros (como las tiendas de los indios norteamericanos, las de los bereberes o, modernamente, las de los alpinistas especialmente diseñadas para temperaturas bajas).

Inicialmente se construye con los materiales disponibles en un entorno inmediato. A medida que aumenta la capacidad de transporte, se pueden emplear materiales venidos de más y más lejos. La rareza de los materiales y la dificultad del transporte determinan su precio, pero en los palacios de la antigüedad encontramos mármoles o madera traídos de muy lejos. En cambio, las construcciones populares seguían más ligadas a los recursos cercanos y fáciles de obtener. Vemos una asociación entre recursos materiales y recursos energéticos. Cuando estos aumentan mucho se incrementa también el transporte a gran distancia. Ahora encontramos normal que la carpintería de nuestras casas emplee maderas procedentes de árboles tropicales, mientras que hace algunos decenios solamente las maderas nobles como el ébano o la caoba compensaban los costes de transporte.

Pero la disponibilidad de energía abundante y barata ha llevado a que la construcción en zonas urbanas haya dejado de lado el aprovechamiento de las condiciones locales y el ahorro. Se han sustituido las ventajas de una exposición adecuada al sol, unos materiales apropiados, un uso racionalizado de las ventanas, etc., en función de la calefacción y refrigeración con aparatos de alto consumo energético. Así se entiende la *homogeneización de las formas constructivas* en climas tan diferentes como los de Chicago o Sao Paulo. La arquitectura convencional ha adoptado soluciones estandarizadas, miméticas, con la imposición universal de modas en lo que se refiere a los materiales y a las formas. La mayoría de ejemplos arquitectónicos de adaptación al entorno están más relacionados con la estética, con el estilo de las construcciones vecinas o la preservación del carácter del barrio o del edificio antiguo en caso de remodelación, que con los aspectos funcionales del medio ambiente.

En cambio, las *nuevas tendencias en arquitectura sostenible* (y muchas soluciones antiquísimas) se basan en el aprovechamiento del conocimiento del entorno y de tecnología nueva o recuperada para diseñar casas que aprovechen mejor la energía solar y ahorren energías fósiles y materiales costosos de obtener, reduciendo las emisiones contaminantes y los residuos. La orientación del edificio, la disposición de las aberturas, el uso de las persianas u otros dispositivos para regular la insolación, el grosor de los muros, el uso de cubiertas vegetales, captadores fotovoltaicos solares, calentamiento

directo de conducciones de agua dispuestas en las paredes que reciben más radiación, ventanas pensadas para mejorar la luz y regular la radiación según las necesidades, trituradores de residuos orgánicos, etc., forman parte de las soluciones habituales en este tipo de diseño. El caso de las *cubiertas vegetales*, utilizadas desde hace muchos años en Alemania, por ejemplo, es un atractivo para los climas mediterráneos. Están formadas por unas capas que se superponen a tejados o terrazas, la primera formada por un material impermeabilizante, la segunda, por una estructura en huevera, las cavidades de la cual se llenan de tierra. Finalmente, en esta tierra se plantan vegetales resistentes a las condiciones climáticas. Una cubierta de este tipo es un aislante térmico muy bueno, reduce tanto el calor en verano como el frío en invierno, y por tanto permite un importante ahorro energético. El peso de la cubierta limita su instalación en edificios antiguos, pero en los nuevos la previsión de la resistencia estructural es fácil y poco costosa. Por otro lado, en ciertos espacios, las cubiertas verdes se pueden convertir en un elemento estético y en una ocupación interesante para los vecinos, y dar lugar a actividades de voluntariado y orientadas a la tercera edad. Por desgracia, aunque hay notables excepciones, la mayoría de arquitectos y otros profesionales del mundo de la construcción continúan poco interesados en todos estos temas relacionados con el ahorro de recursos.

A escalas menos detalladas, la estructura urbana presenta también una fuerte relación con las condiciones del medio, pero las variables importantes son otras. Veamos algunos ejemplos.

• **Estructura urbana y relieve.** Las construcciones que definen la ciudad se implantan sobre un territorio que no es, de ninguna manera, neutro. Lo hemos dejado entrever en alguno de los ejemplos anteriores: casas hechas con hielo en los grandes desiertos árticos, casas sobre soportes elevados en terrenos pantanosos. El territorio tiene un relieve y en él se encuentran unos materiales determinados característicos. Tanto la construcción de los edificios, calles y otras estructuras, así como su distribución tienen una relación con estos condicionamientos físicos del terreno. Los pueblos antiguos se adaptan al relieve, mientras que el aumento de la energía disponible para mover mecanismos y el desarrollo de maquinaria apropiada permite modificar este relieve de forma mucho más importante. El hecho es que el relieve tenía una importancia extraordinaria en la disposición espacial de las ciudades. Los poblados medievales se refugiaban en montículos, por razones de seguridad. Como ya hemos dicho, solamente cuando se ocupa el llano se hace posible un urbanismo de diseño con calles anchas y tendencia a ser rectilíneas. Aún hoy reconocemos la influencia del relieve en la organización de los barrios

antiguos, a pesar de que las técnicas modernas pueden ignorar muchas de las limitaciones a la hora de construir. Ciertas calles de San Francisco nos resultan sorprendentes porque son anchas y rectas, a pesar de la fuerte pendiente: habitualmente para nosotros, europeos, a un relieve marcado le corresponden calles estrechas y sinuosas.

Por otro lado, el relieve se relaciona con una variedad de microclimas y una determinada hidrología. Sobre los montículos más ventilados el aire es más limpio y más fresco por la noche. Así, la situación de un barrio en una zona alta puede ser un privilegio, pero no es menos cierto que a veces la falta de comunicaciones y otros problemas han llevado a una ocupación por barrios residenciales obreros (como en los casos del Carmelo o el Turó de la Peira, en Barcelona, o el de la autoconstrucción de viviendas por las vertientes que rodean las ciudades, como ocurre en muchos lugares de América Latina o, por ejemplo, en Las Palmas), o barraquismo (como las *favelas* de Río de Janeiro, o los barrios que se hicieron en Montjuïc, Barcelona, la década de los sesenta, y que tienden a reaparecer tan pronto como se da una nueva oleada inmigratoria).

• **Estructura urbana e hidrología.** Los ecosistemas urbanos son muy diversos en lo que se refiere a la relación entre espacio construido y espacio con un sustrato natural (tierra o agua). La proporción de tierra impermeabilizada por las estructuras urbanas afecta a la hidrología: a más impermeabilización, más agua que se escurre superficialmente y menos agua de infiltración. Esto ayuda a explicar por qué son frecuentes las inundaciones en los barrios bajos de muchas ciudades. Pero a ello se añaden otros factores. Aunque haya poca infiltración, el subsuelo recibe entradas de agua procedentes de las pérdidas del sistema conductor del agua que se distribuye a las casas, comercios e industrias. Los niveles freáticos pueden ser altos, como pasa en la zona baja de Barcelona, ya que, además, debido a la contaminación química y biológica, las antiguas explotaciones del freático superficial con pozos y minas se han abandonado. La presencia de construcciones subterráneas, como las galerías del metro, da lugar a la formación de diques que retienen el agua. Por tanto, en algunos casos se hace necesario bombear agua del freático para que se mantenga el nivel y evitar así la inundación de subterráneos, aparcamientos, o líneas de metro. Algunas ciudades (es el caso de Barcelona) tienen un programa de reutilización del agua bombeada para la limpieza de calles o para el riego cuando la calidad lo permite.

Las extracciones excesivas de agua también pueden representar un problema complicado. Según como sean los materiales del sustrato, la extracción de agua produce una compactación diferencial entre ellos y causa daños estructurales a las construcciones.

En las ciudades litorales, la disminución del agua por extracciones se equilibra con la intrusión de agua marina, con lo que se saliniza el acuífero y se hace inaprovechable para muchos usos. Tanto la salinización como la contaminación pueden tener efectos a muy largo plazo, ya que el agua subterránea circula muy lentamente (entre 100 y 400 metros anuales), de manera que un vertido contaminante puntual puede tardar decenios en manifestarse en un lugar diferente. Metales pesados, residuos de aceites de gasolineras o talleres, residuos fecales, etc. contribuyen a disminuir mucho la calidad del agua subterránea.

La proporción de suelo impermeabilizado, frente al total de suelo ocupado por la ciudad, es también una medida del grado de artificialización o, si se prefiere, del grado de naturalidad. Algunos lo consideran como el indicador más importante,² y las propuestas del *Atlas Ambiental de Berlín*, desarrolladas por el Instituto de Ecología de la Universidad de Berlín, van en igual sentido, ya que este índice (*Biotop Flachen Faktor*) nos refleja las propiedades de permeabilidad del suelo y de reflexión de calor solar del terreno. Pero lo cierto es que este indicador, como pasa con casi todos, no nos dice gran cosa por sí solo, y darle mucha importancia es un indicio de que se adopta una visión excesivamente «administrativa» de los límites del sistema que queremos hacer sostenible. En efecto, una ciudad difusa, con muchos espacios no impermeabilizados, puede parecer más «sostenible» que una compacta, pero lo es a cambio de ocupar en una forma semiurbana mucha más superficie. Las ciudades compactas están muy impermeabilizadas, pero esto no las hace más o menos sostenibles que las difusas. La figura 3.2 muestra el ejemplo de Barcelona que, como ciudad compacta, tiene una infiltración baja: del total de precipitación anual caída en la ciudad, unos 60 hm³, solamente 4 hm³ se infiltran en el subsuelo (deberíamos añadir 3 hm³ más procedentes del riego).

• **Estructura urbana, clima y atmósfera.** El conjunto de la ciudad tiene efectos sobre el clima general. Las temperaturas son más altas de lo que correspondería al clima local, pero también acostumbran a incrementarse las nieblas y la nubosidad, e incluso las precipitaciones. El aumento de temperatura, que es el efecto más claro y conocido, no se debe solamente a la estructura, también intervienen la producción de calor para consumo energético (calefacciones, aparatos de aire acondicionado, motores de vehículos, etc), que ayuda a crear el efecto denominado de *isla de calor*. Sin embargo, hay una fuerte dependencia de la estructura en la magnitud de este efecto. Durante el día, en verano, los muros de hormigón acumulan calor que irradian después, durante la noche. Tienen un calor específico más bajo que el suelo, que contiene más agua, así que

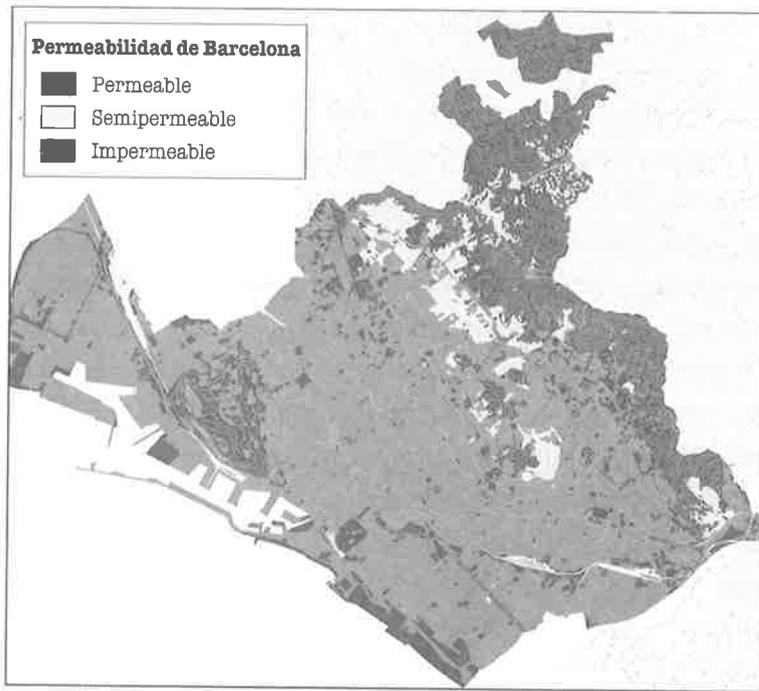
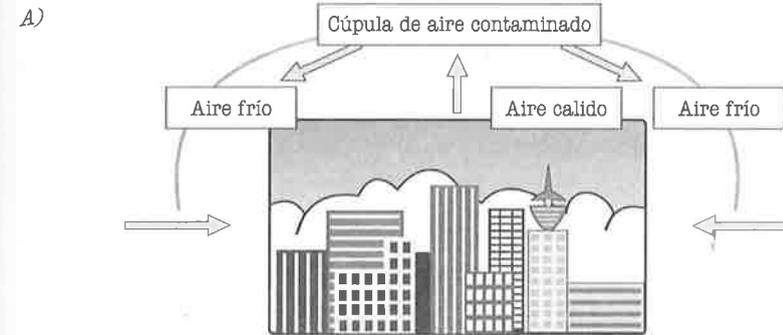


Figura 3.2 Permeabilidad de las diferentes zonas de Barcelona. El gris dominante corresponde a zonas impermeabilizadas; el gris más claro, a zonas semipermeables, y el gris más oscuro a zonas permeables. (Basado en el *Mapa Ecológico de Barcelona de 1993* de Burriel *et al.*⁵⁾)

absorben y desprenden calor más deprisa que una superficie no construida, con tierra y vegetación, y casi no se enfrían por evaporación. Por lo tanto, en verano, en las ciudades suele hacer más calor que en las zonas rurales vecinas. Ello se acentúa con la producción de calor resultante del consumo de energía. Ya sabemos que el aire caliente es menos denso que el frío. Por este motivo, el aire caliente, cargado de gases y partículas, se eleva encima la ciudad, formando una cúpula. La radiación intensa hace que se produzcan reacciones, en las que participan los óxidos de nitrógeno, de formación de docenas de sustancias químicas secundarias, entre ellas el ozono, un oxidante peligroso. A este cóctel químico se le da el nombre de «smog» fotoquímico o boirum. En la parte superior, esta cúpula se va enfriando y el aire cae hacia la periferia rural de la ciudad, o más lejos, exportando contaminantes, mientras el aire limpio periférico es absorbido hacia el centro de la ciudad (véase la figura 3.3).

De noche, al enfriarse el aire que hay encima la ciudad, se condensa vapor de agua sobre las partículas de polvo en suspensión, originando bajo la cúpula una niebla



B)



Figura 3.3 A) Formación de una cúpula de aire contaminado encima de una ciudad. B) Fotografía de la pluma de humo emitida por las chimeneas de la central térmica del Paralelo, cuando estaba en funcionamiento: el humo cae de nuevo al suelo debido a la inversión térmica. (Foto: Juan B. López Cayetano, del 24-9-1969.)

que reduce la velocidad de enfriamiento. El aire frío se hunde, queda bloqueado a nivel del suelo por el aire más caliente que hay encima (*inversión térmica*) y la concentración de humo y niebla aumenta a nivel del suelo. En tiempo estable, si no hay viento o lluvia, las condiciones empeoran progresivamente y las concentraciones de contaminantes, como el ozono o el dióxido de azufre, pueden llegar a ser nocivas, hasta el punto que, de vez

en cuando, las autoridades deben tomar medidas de limitación del tráfico. Estos problemas se han estudiado en profundidad en Los Ángeles y son aún más evidentes en una ciudad como México que, por su altitud y posición geográfica, recibe abundante radiación y tiene muchos días de tiempo estable, por sus dimensiones genera una cúpula muy ancha y, por las características de escaso control ambiental y parque de vehículos anticuado, produce muchos contaminantes. El tráfico de la mañana emite óxidos de nitrógeno (NO_x), sobretodo NO , e hidrocarburos, de manera que hacen aumentar las concentraciones. Al elevarse el sol, un poco de NO se disocia y el oxígeno sirve para formar moléculas de NO_2 , de manera que éste alcanza los máximos valores de concentración a media mañana-mediodía, cuando también es máxima la de ozono (O_3). Mientras se va formando el ozono, normalmente la masa de aire se desplaza, empujada, por ejemplo, por la brisa marina en las ciudades litorales, y eso hace que se encuentren valores más altos de ozono fuera de la ciudad, en el medio rural o en ciudades vecinas. Se trata de una forma sutil de impacto externo de las grandes ciudades. Cuando baja la radiación, disminuye la tasa de reacción. Por la noche, el ozono ha ido reaccionando con los óxidos de nitrógeno y su concentración es mínima ($\text{NO}_2 + \text{O}_3 = \text{NO}_3 + \text{O}_2$) en la ciudad, donde estos óxidos son abundantes, pero no baja tanto en el medio rural. En las ciudades también se forma N_2O_5 , compuesto muy inestable que, con vapor de agua, produce ácido nítrico que acidifica la niebla matinal.

La polución es causa de diversos problemas de salud, desde conjuntivitis e irritaciones de garganta hasta asma, enfisema o cánceres de pulmón.

El episodio de contaminación urbana más conocido es el que se produjo en Londres el año 1952, donde el célebre puré de guisantes ocasionó del orden de 4000 defunciones por encima de la mediana. Éste es, aún, el incidente más luctuoso de todos los que se han producido por un problema de contaminación del aire urbano (sin contar los accidentes químicos o nucleares). En aquellos tiempos, el problema se debía, sobre todo, a las emisiones industriales (*smog* industrial) de dióxido de azufre, resultantes de la combustión de carbón y aceites pesados que, con el vapor de agua, sobre todo en el invierno, producía una niebla con ácido sulfúrico, muy agresivo para los pulmones. El problema subsiste aún en ciertos países como China y algunos de la Europa del este. Entre los contaminantes importantes por su efecto sobre la salud de las personas, debemos mencionar el plomo, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, las partículas, los productos alergógenos (recordemos los problemas debidos a las descargas de soja en el puerto de Barcelona, en los años ochenta, que produjeron al menos 26 muertos hasta que se descubrió la causa)⁴ y un largo etcétera.

Nuevas técnicas y nuevas bases conceptuales de estudio de la estructura urbana y su dinámica

El análisis de la estructura territorial de una ciudad se hace, naturalmente, mediante la cartografía, y hay muchas clases de mapas temáticos que contienen importante información ambiental. Las nuevas posibilidades que generan las tecnologías de *teledetección* y *sistemas de información geográfica* (SIG) permiten una actualización continuada de la información y la consulta a bases de datos georreferenciados con capas de temas diversos, lo que tendría que facilitar mucho la aproximación pluri e interdisciplinar a la cuestión urbana y, en particular, a sus aspectos ambientales.

En muchos casos, el rápido crecimiento de las ciudades se ha traducido en la expansión en mancha de aceite de los establecimientos humanos, fusiones entre núcleos vecinos, etc. La serie de imágenes de la figura 3.4 muestra este proceso para el caso de Barcelona.

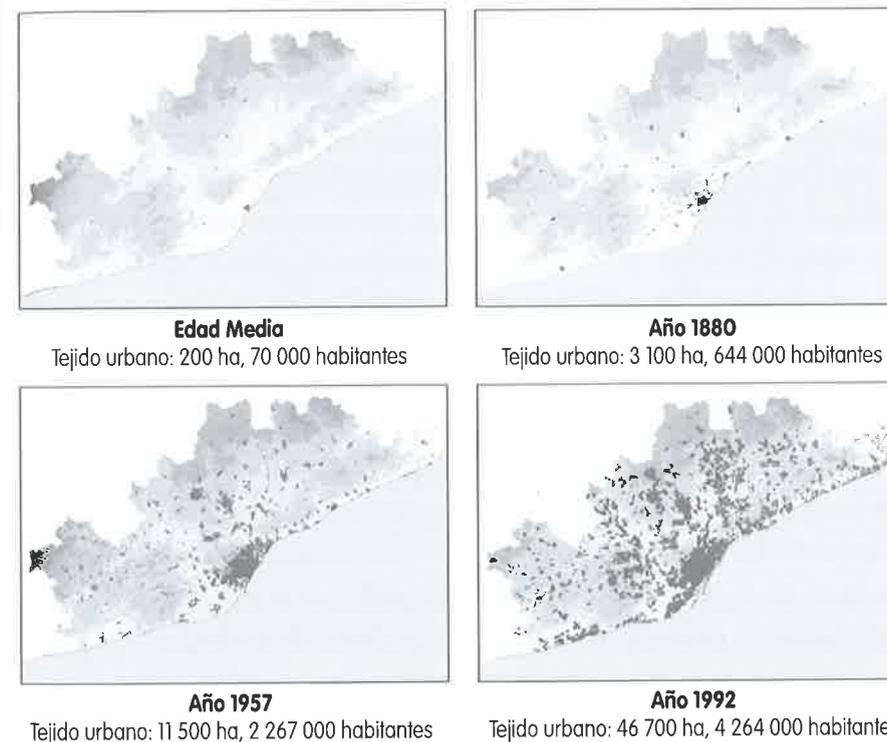


Figura 3.4 Evolución de los usos urbanos del suelo en el Barcelonés. (Fuente: Plan Territorial Metropolitano de Barcelona, 1992.)

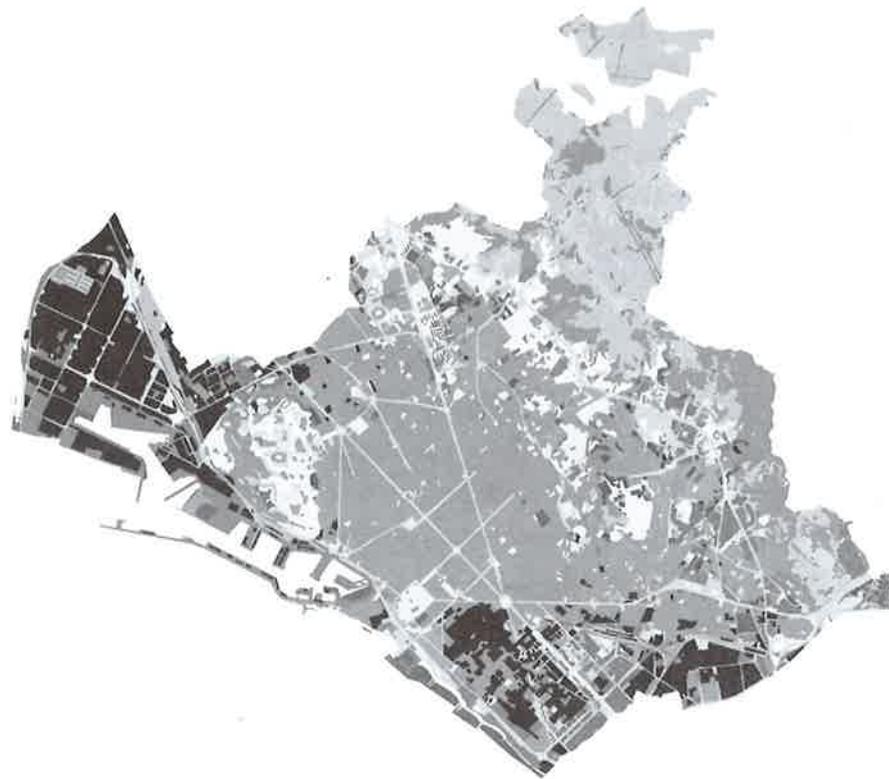


Figura 3.5 Mapa Ecológico de Barcelona.³ En esencia, el negro representa zonas industriales, la mancha central corresponde al Ensanche y las antiguas villas periféricas (Sans, Gracia) y la parte superior a zonas que van desde las construidas con ajardinamientos o viviendas unifamiliares, hasta la masa de matorrales y bosques de Collserola.

En esta obra no podemos extendernos en el uso de técnicas cartográficas en el tratamiento del tema urbano, pero sí que comentaremos muy brevemente un caso, el del *Mapa Ecológico de Barcelona* (fig. 3.5). En esencia, consiste en el análisis detallado del mapa de usos del suelo de Barcelona, modificado para hacer una leyenda con un significado ambiental más explícito. Todo ello en su versión más reciente,³ con la información digital disponible correspondiente al año 1993. Esta información se ha contrastado con los datos del mapa ecológico que habíamos elaborado el año 1978, previamente digitalizados. Los resultados de esta comparación pueden encontrarse en la publicación ya referenciada, pero vale la pena hacer mención a alguno de ellos.

A pesar del esfuerzo por crear nuevas plazas y zonas verdes (el verde urbano ha aumentado un 14,2 %) y por esponjar el tejido urbano, en estos años se ha producido un incremento notable del porcentaje de espacio edificado (un 9,2 %), y una disminución de

los espacios abiertos, que afecta sobre todo a las superficies destinadas a cultivos (disminuyen un 176,1 %) y a matorrales y bosques (los primeros disminuyen y los segundos aumentan, con un descenso combinado de un 5,4 %). También es interesante notar que las playas casi han duplicado su superficie. La importante disminución de los cultivos, de 225 a solamente 44 ha, es la causa principal de reducción de espacios abiertos relativamente poco artificializados, que ha sido de un 2,3 % entre 1977 y 1997, y el territorio está, paradójicamente, más ocupado a pesar de que la población, en el mismo período, ha bajado en 327 333 personas.

Los mapas como éste no son ninguna gran innovación conceptual. De hecho, son mapas de usos del suelo con un determinado punto de vista temático, pero pueden ayudar a definir teselas adecuadas para ciertos tipos de estudio. Lo que sí es importante es el gran número de posibilidades de las nuevas técnicas cartográficas y geográficas para gestionar la información, y la facilidad que ya existe para introducir aspectos de interés ambiental entre los documentos de base a disposición de los técnicos y planificadores. Las limitaciones más importantes suelen venir del hecho que los datos que están disponibles se refieren a diferentes ámbitos administrativos y no a las realidades funcionales que desearía el investigador.

Además de las técnicas de teledetección y SIG, un campo en rápido desarrollo es el de la *modelización* que, justamente, se beneficia mucho de las anteriores. La producción de modelos de todo tipo tiene, naturalmente, una gran y creciente presencia en el estudio de las ciudades. Algunos se emplean para *simular el crecimiento urbano*, con resultados teóricos interesantes, como el propuesto por H.A. Makse *et al.*,⁵ derivado de ciertos modelos físicos de difusión, que produce evoluciones hacia redes jerarquizadas de agregados muy parecidas a las observadas, y alejadas en cambio de las ideas de ciudades monocéntricas con expansión periférica. El uso de *modelos caóticos* o *fractales* nos conduce a ver las ciudades como *sistemas autoorganizados a partir más de acciones locales que del diseño por una inteligencia centralizada* que, incluso, se imponen a los intentos planificadores de contención (como ha sucedido con las políticas de «anillo verde» en Londres).

Ya hemos visto que, en ecología, tienen mucha aplicación los modelos basados en considerar el territorio como un mosaico y analizar el comportamiento de las piezas de los diferentes tipos que lo componen. Sin duda, este tipo de modelos también será útil en ecología urbana, lo que supone un importante salto conceptual al que ya nos hemos referido: pasar de un punto de vista que parte del análisis de balances globales (de arriba hacia abajo) a uno que estudie el comportamiento de unidades relativamente

pequeñas y homogéneas, para ascender después a escalas más anchas (de abajo hacia arriba). Sobre una estructura bien descrita con las herramientas geográficas antes indicadas, los modelos pueden ayudar a entender no solamente la dinámica estructural, sino también los efectos sobre los cambios en el funcionamiento.

La estructura urbana y los modelos urbanísticos

Aunque no queremos entrar en profundidad en temas clásicos del urbanismo, indicamos, como referencia para el lector, que se han diferenciado tres modelos principales basados en cuestiones meramente topológicas (la diferencia del apartado anterior, en que nos referíamos a modelos matemáticos, aquí el término modelo se refiere a *modalidad*). El primer modelo es el de *círculos concéntricos*, con un núcleo central de negocios rodeado de barrios y ciudades periféricas. En este modelo puede ser que las periferias suburbanas sean residenciales, con casas unifamiliares y de alta calidad, como pasa en algunas ciudades norteamericanas, o que comprendan zonas de crecimiento especulativo durante períodos de fuerte inmigración, con poca planificación, alta densidad y baja calidad de construcción y entorno. El segundo modelo, el de *sectores*, tendría una configuración más parecida a un queso en porciones. Su aparición es consecuencia del crecimiento del núcleo inicial, un pequeño mosaico de zonas residenciales, industriales, comerciales y de transporte, hacia el exterior. Finalmente, el modelo de *núcleos múltiples* es aquel en que no hay un núcleo central, sino que se desarrolla simultáneamente una constelación de poblaciones independientes que acaban integrándose en mayor o menor medida.

Desde el punto de vista ecológico, el tema de la densidad del tejido urbano es quizá más importante que la forma (que también lo es). Hay un antiguo debate urbanístico: el que enfrenta la *ciudad difusa* y la *ciudad compacta*, términos que ya hemos ido empleando. Los argumentos en favor de una u otra son variados. Ahora bien, desde la óptica del análisis del metabolismo urbano que hace el ecólogo, se trata de un debate que a menudo emplea argumentos anacrónicos, anteriores a la preocupación por la sostenibilidad. Naturalmente, a lo largo del eje difuso-compacto, existen todas las graduaciones que se quiera, y los dos extremos son seguramente exagerados. Pero el esfuerzo hacia una mayor sostenibilidad tiene, como una de sus características básicas, la reducción del transporte horizontal y la del consumo energético, y de la contaminación derivada necesariamente asociada. Por tanto, la ciudad deseable parece que debería tender a cierta compactidad, sin que el exceso de densidad origine un estrés por saturación de las vías de entrada y salida. Los criterios modernos de sostenibilidad indican que, pa-

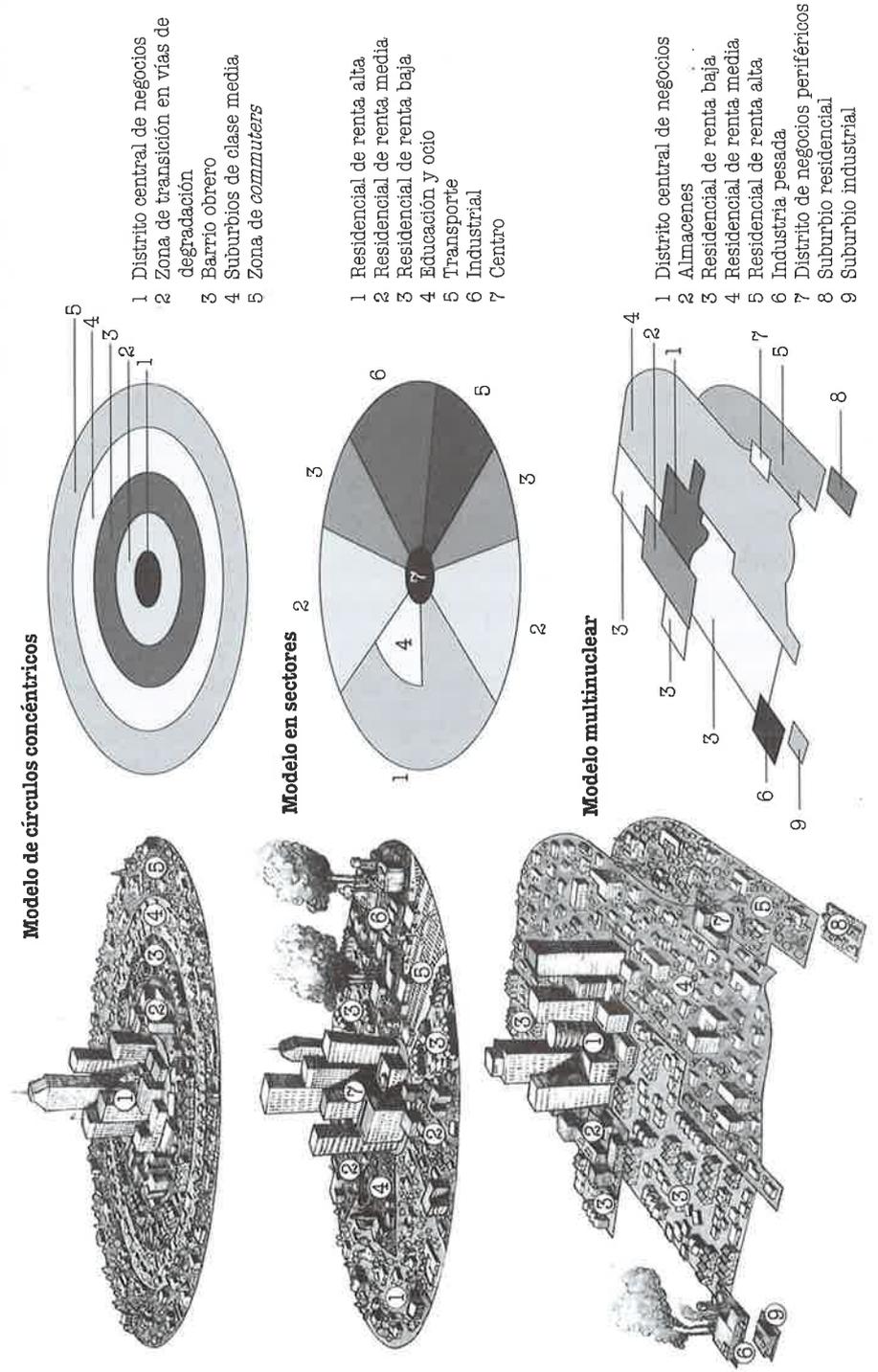


Figura 3.6 Los tres modelos generales de la estructura espacial urbana. (Basado en un esquema de Harm J. de Blij, redibujado) ⁶

radóticamente, el *racionalismo* urbanístico de Le Corbusier, con la segregación territorial de funciones, y la tendencia (por desgracia, implantada en Estados Unidos y creciendo entre nosotros) a hacer grandes centros comerciales periféricos (con la necesidad asociada de emplear vehículos privados para la compra) constituyen soluciones ambientalmente irracionales. Sin embargo, estas soluciones son las que se imponen. Hemos visto que la ciudad compacta, como lo era la típica ciudad europea, se «descentraliza» y se dispersa, al tiempo que se fragmenta más, social y funcionalmente (la «ciudad expandida»), y que, a medida que las ciudades se expanden, tienden a fusionarse con otras vecinas, formando megalópolis inmensas. En los *márgenes* de las viejas aglomeraciones (*ciudades de borde*) se produce un gran dinamismo, pero parte del crecimiento actual en muchas ciudades europeas se hace a lo largo de las vías de comunicación, donde se instalan almacenes y grandes comercios sin tipo de orden alguno que no sea la mera yuxtaposición espacial, formando las conocidas *calles-mercado*. Es a lo largo de las carreteras que se producen las fusiones entre núcleos vecinos. Se entiende que haya motivo para el debate cuando se proyectan nuevas vías de comunicación que pueden estimular la expansión urbana.

Las tendencias a crecer horizontalmente o hacerlo en vertical, y a construir más o menos densamente, dependen en buena medida de la disponibilidad de espacio para construir. Los centros de negocios pueden tener una demanda de espacio construido muy superior al espacio libre disponible, y esto ha ayudado a la formación de barrios de rascacielos, como en Nueva York y en muchas otras ciudades. Las ciudades americanas, no obstante, suelen tener una estructura más laxa que las europeas, porque han dispuesto de más espacio y han crecido en tiempos de mayor facilidad de transporte. Por tanto, tienen menores densidades de población. Como contrapartida, se impone el transporte privado y disminuye la eficiencia en el uso de la energía. Las decisiones urbanísticas tienen, por tanto, una gran trascendencia en el comportamiento de los sistemas urbanos desde la óptica ambiental. No solamente la planificación, sino otras decisiones que condicionan los hábitos y las necesidades de desplazamiento. Hemos dicho que el racionalismo de Le Corbusier implicaba un diseño urbanístico sectorializado, contrario al ahorro energético. Pero, seguramente, no es justo culpar a Le Corbusier. Como entonces, más que las ideas abstractas pesan las realidades concretas: la apertura de grandes centros comerciales, muy potentes, que compiten con éxito contra el pequeño comercio, sectorializa y obliga a desplazamientos motorizados para llegar a ellos. La gente se marcha de las ciudades, en especial gente joven que no puede pagar los precios de la vivienda dentro del núcleo urbano, y van a barrios (a menudo mal urbanizados y de

calidad dudosa), a veces a bloques de pisos, otras a chalets adosados, etc., situados en la periferia (primera o segunda corona). Desde la perspectiva ecológica es una pésima solución, ya que favorece el transporte privado y el consumo de energía. También lo es porque los grandes centros comerciales, que pertenecen a empresas multinacionales, crecen con la globalización económica y generan fuertes impactos en los lugares de origen de los productos.

La Perspectiva de Desarrollo Espacial Europeo, desarrollada por la Unión Europea durante los años noventa, proporciona las guías de acción, con relación a este tema de la estructura urbana, para avanzar hacia unos sistemas urbanos más sostenibles:

1. Desarrollo de un sistema urbano equilibrado y policéntrico y refuerzo de la complementariedad ciudad-campo.
2. Promoción de los conceptos de transportes y comunicaciones integrados, en apoyo de este carácter policéntrico del sistema urbano.
3. Preservación de los patrimonios natural y cultural, mediante el uso y la gestión adecuadas.

Estas guías, bien intencionadas, son bastante ambiguas y demasiado genéricas, pero responden, en esencia, a las preocupaciones que expresan los ecólogos urbanos. R. Rogers y P. Gumudchjian⁷ han insistido en que la estructura ideal para favorecer la sostenibilidad exige el policentrismo, así como la presencia de anillos o cuñas verdes y de una red potente de transporte público radial y transversal. Las ventajas de la ciudad compacta (más eficiencia energética, ahorro de espacio, más diversidad de actividades y menos segregación sociocultural), por desgracia, no nos garantizan un cambio en la actual dinámica de explosión urbana. De hecho, es muy difícil dirigir la forma del crecimiento urbano, y si se quiere ir hacia una recompactación deberíamos intervenir de forma muy decidida, por ejemplo forzando que buena parte de las nuevas construcciones sean recuperaciones de áreas urbanas degradadas. Esta intervención se enfrentaría a serios problemas económicos, dada la diferencia de costes entre recuperación y construcción nueva. También encontraría otras dificultades, como puede ser un cambio en la distribución geográfica de los lugares de trabajo disponibles. Como el sector que más ocupación genera actualmente en los países desarrollados es el de servicios, el crecimiento más fuerte de la creación de lugares de trabajo ha seguido el desplazamiento de la población. Así pues, los núcleos urbanos más densos pierden lugares de trabajo y los ganan las ciudades medianas o pequeñas.⁸ También la industria se ha desplazado de

los núcleos centrales. Por tanto, la dinámica de transición hacia la ciudad difusa o «expandida» presenta una serie de *retroalimentaciones positivas* (o *autoaceleraciones*) que hacen difícil invertir la tendencia.

Aún hay otras razones, de tipo cultural o psicológico, más sutiles y difíciles de cuantificar que las que hemos comentado hasta ahora. Un tema que vale la pena mencionar es el grado de contacto entre la población humana y los elementos naturales. Las «*necesidades*» de naturaleza de la población o su sensibilidad con relación a la protección de la misma (y, por tanto, el comportamiento de ocio o la respuesta cívica a ciertos problemas) pueden verse afectados por el contacto cotidiano con la naturaleza o su presencia durante el proceso educativo. La penetración de la naturaleza dentro de la ciudad (por ejemplo, empleando cuñas verdes que enlacen con parques periurbanos) puede comportar una especie de extensificación del tejido urbano: una expansión hacia la periferia y, al propio tiempo, un esponjamiento interior mediante la creación de espacios no construidos. Nada nuevo, en el fondo. El modelo americano comporta más presencia de jardines y naturaleza en áreas urbanas (se habla de bosques urbanos, por ejemplo), y más proporción de superficie permeable, pero el sistema es, de hecho, más insostenible, ya que es más costoso de mantener en términos energéticos y de recursos, y ocupa más espacio, tomado de sistemas poco artificializados. Pues bien, parte de las dificultades para invertir la dinámica actual se deben, en algunos países, precisamente a que se ha desarrollado una cultura contraria a la vida en apartamentos urbanos: el viejo deseo, que en Cataluña se expresa como «la casita y el huerto», es una fuerza sociológica importante y difícilmente reversible. Es paradójico (pero, de hecho, pasa a menudo) que un deseo de naturaleza se convierta en un motor de la degradación de los sistemas naturales.

En resumen, hay serios motivos para preguntarse si la defensa de la ciudad compacta tiene posibilidades de éxito. Seguramente, el debate ha quedado superado por la realidad. Da lo mismo que la ciudad compacta sea menos insostenible, si no podemos *recompactar* nuestras ciudades. Quizás a la hora de planear o proyectar, podremos aprovechar algunas ideas, pero es difícil evitar cierto pesimismo en lo que se refiere a las proporciones que las actuaciones desde las administraciones pueden representar en los cambios futuros de la estructura urbana. Quizá se pueda obtener más soporte público para la recuperación de áreas degradadas o para la construcción sobre espacios ya urbanizados. Es indispensable luchar desde las administraciones contra el «vaciado» progresivo de los núcleos urbanos tradicionales, hoy expuestos a un riesgo muy grave de perder su carácter de motor cultural y económico. Así las cosas, es importante que nos preguntemos sobre la eficacia de la planificación.

La planificación y su eficacia

Las características del crecimiento dependen de factores contingentes. Algunas ciudades han aplicado la planificación de forma más continuada y consecuente que otras. Lo más frecuente es que la importancia de la planificación haya variado con el tiempo. La historia del urbanismo ha sido muy bien tratada, para muchas ciudades, y no es necesario que volvamos a insistir, pero queremos dejar constancia de que Barcelona es un ejemplo del poder y las limitaciones de la planificación y también de los lamentables resultados de la falta de planificación. Para los barceloneses es fácil darse cuenta de la visión de futuro de Ildefonso Cerdà (algo similar ocurre en Madrid, con Arturo Soria y su Ciudad Lineal). Desde el punto de vista ambiental, muchas de sus propuestas son preferibles a las ideas de la mayoría de urbanistas posteriores. Que la realización del Ensanche no respetase suficientemente su plan ha sido una lástima para la ciudad. Que después se abandonase en gran parte la planificación durante años, ha servido para demostrar que una buena planificación, incluso no completamente respetada, es mucho mejor que el urbanismo salvaje. Indudablemente, hemos de planificar. Además, la planificación actual debe incorporar puntos de vista ecológicos, de la misma manera que los romanos supieron incorporar los aspectos más meramente metabólicos.

Quizá conviene hacer alguna reflexión sobre el motor del cambio en la expansión de las ciudades. Hemos demostrado que cada vez hay más gente que vive en ciudades. No obstante, y en Barcelona mismo tenemos un ejemplo, la población puede disminuir y asimismo continuar el proceso de ocupación de espacio por los artefactos humanos. En el área barcelonesa, con un espectacular descenso de 300 000 habitantes en los últimos 20 años, y pese a gobiernos democráticos supuestamente menos propicios que las dictaduras de derechas a tolerar la especulación desenfrenada, se ha ocupado tanto espacio rural o natural como en toda la historia precedente (unas 20 000 ha). La ocupación urbana del suelo de la región metropolitana barcelonesa se ha incrementado en un 130 % entre 1973 y 1992, mientras la población crecía solamente el 16,7 %. Eso deja claro que la tendencia a usar más y más suelo no es una consecuencia del crecimiento demográfico. Una razón bastante universal de esta tendencia a urbanizar es la búsqueda del beneficio inmediato (pocas cosas permiten ganar dinero tan deprisa como la especulación sobre el territorio). Otra es el hecho de que los ingresos de las administraciones locales, que son lo que les permite garantizar los servicios a los ciudadanos, desde el suministro de agua potable a la asistencia social, proceden de impuestos a la propiedad. Por tanto, establecer nuevas urbanizaciones, áreas comerciales o industrias es mejorar las rentas de los munic-

pios y la calidad de los servicios a los habitantes (y la imagen de los políticos locales, que hace falta revalidar en períodos cercanos a las elecciones).

Es un pez que se muerde la cola, porque a medida que se ocupa más terreno aumentan las demandas de servicios. Por desgracia, al mismo tiempo que los municipios hacen concesiones para obtener recursos, a menudo empeora la calidad ambiental, y la alternativa es subir los impuestos. Hasta que comienza un proceso de decadencia social, de abandono, o las dos cosas. Pero no es fácil tomar decisiones basadas en resultados, quizá mejores a largo plazo, pero poco vistosos a corto plazo. El resultado es que, aunque hay notables diferencias entre países, en función del grado de control social sobre los procesos especulativos, son pocos los que han hecho intentos serios de planificación urbanística sobre una base ambientalmente respetuosa, y aún han de resistir presiones fuerfísimas.

Estas presiones no solamente se expresan directamente por los poderosos intereses económicos en juego, o por la demanda del mercado de viviendas más económicas o con mayor contacto con la naturaleza. A veces toman la forma de la queja de los propios profesionales del urbanismo y la arquitectura, que se sienten «encorsetados en su libertad creativa» por las normativas ambientalistas. Lamentable, pero cierto. Hay artistas que creen que el Gran Cañón mejoraría mucho si lo cruzase el puente que ellos se ven con ánimos de diseñar. Con todo el respeto para la creación artística, uno puede sospechar que esto es una prueba de las «tendencias narcisistas que, de la mano del optimismo tecnológico y la fe en el dios del progreso, están en la esencia misma de la cultura occidental más dominante y más ambientalmente analfabeta».⁹

Si analizamos las opiniones expresadas por algunos conocidos urbanistas, se puede constatar que los hay que aceptan, no solamente como inevitable (que seguramente lo es) sino hasta deseable, el paso a la megalópolis difusa. Y aún sorprende más ver que los hay que defienden el crecimiento en mancha de aceite y las posibilidades que generan los espacios vacíos intersticiales, atrapados entre las salpicaduras de nuevos espacios urbanos y las vías de comunicación e infraestructuras de todo tipo. Estos arquitectos y paisajistas tienen razón cuando dicen que debemos recuperar los espacios intersticiales, pero a veces parece que celebren el proceso conjunto: difusión urbana y creación de un territorio fragmentado, troceado, simplemente porque eso justifica la acción del arquitecto en todos los lugares. Viene a ser como decir: el paisaje ha muerto, viva el nuevo paisaje que ahora, por fin, podremos reinventar, triunfo definitivo del arte sobre la naturaleza.

La crítica de estas posiciones, en la forma extrema que acabamos de describir, es fácil desde la ecología, ya que los *paisajes reales* no son meras estructuras sino *sistemas*



Figura 3.7 *La caída de Faetón*, por Rubens. Según el mito, Faetón era hijo de Helios, Apolo, y de una oceánida, la cual lo llevó a conocer a su padre, cuando el chico cumplió los 20 años. Este, satisfecho de la buena presencia de Faetón, le ofreció concederle cualquier deseo. El muchacho pidió llevar las riendas de la carroza de su padre, el Sol, durante un día. El dios intentó hacerle ver la imprudencia que ello suponía, pero el muchacho insistió y los dioses deben cumplir su palabra. Los caballos se dieron cuenta de que la mano que los guiaba no era la mano firme del Sol y comenzaron una loca carrera, aproximándose a la Tierra. Los bosques se encendían y los lagos se secaban. Ante el peligro de una catástrofe total, Zeus mató al imprudente joven con uno de sus rayos. Ovidio relata bellamente este mito en *Las Metamorfosis*. Faetón puede ser el paradigma de una humanidad demasiado engreída, ignorante de las sutilezas de un mundo del que le gustaría tomar las riendas, convencido de mejorarlo

funcionales. La fragmentación interfiere con los procesos funcionales. Podemos pensar en sustituir los viejos ecosistemas y sus funciones por otros reinventados, cosa que a veces se puede hacer, y es perfectamente legítimo. Pero solamente en unos pocos casos conocemos suficientemente el funcionamiento ecológico como para crear sistemas artificiales que funcionen con la misma eficacia que los naturales. La vocación frankensteiniana ya sabemos que es hija del orgullo (fig. 3.7), y no está claro si los inventores de nuevos pai-

sajes quieren jugar a Prometeo o no son más que Narciso. La restauración ecológica es posible, y en verdad algunos ecosistemas prácticamente contruidos por el hombre manipulando elementos preexistentes (en general, a copia de siglos de aprendizaje) han llegado a funcionar muy bien. Pero estamos lejos de ser capaces de reorganizar una suma excesiva de pequeños espacios endiablidamente complicados, de una forma ecológicamente funcional. Los arquitectos y paisajistas, que deben saber que la funcionalidad es importante en su trabajo (aunque de vez en cuando lo olviden), y hagan (¡cuando pagamos todos, claro!) grandes edificios desligados del contexto inmediato y perfectamente inadaptados al objetivo previsto (véase el MACBA),¹⁰ tienen tendencia a ignorar la *funcionalidad ecológica de los paisajes*. Por lo tanto, la ignorancia es atrevida: se ven capaces de hacer que los espacios intersticiales queden bonitos, y ya está. Ahora bien, esto que es perfectamente defendible dentro de un pequeño territorio, deja de serlo cuando la ciudad se desparrama sobre grandes superficies, porque seguimos necesitando muchos servicios ecosistémicos que derivan, precisamente, de la funcionalidad ecológica, y ésta no se puede destruir a gran escala sin generar efectos negativos para todos.

Los arquitectos y urbanistas están acostumbrados a someterse a muchas normas referentes a cómo han de ser los edificios, que varían según las zonas. A pesar de eso, debemos lamentar que, frecuentemente, sean los primeros en quejarse si se quiere establecer un mínimo de normas basadas en razones ecológicas. Esta queja teoriza que el paisaje es siempre un hecho cultural (cosa bien cierta en España, y de hecho en todas partes, si se entiende que todo objeto natural, cuando lo mira un hombre, se transforma en cultural). A veces, es cierto que el intento de fijar para siempre un determinado paisaje, y hacerlo intocable a copia de normas y funcionarios, puede haber tenido efectos regresivos, fosilizadores. Pero debemos decir que son muchos más los abusos cometidos en la otra dirección, la de construir sin ninguna consideración ni por la estética ni por los aspectos ecofuncionales: hasta ahora, ha hecho mucho más daño el «libertinaje» constructivo que el normativismo, y sobre todo que el *normativismo ambientalista*. A pesar de las dudas expresadas sobre la capacidad de planificar eficazmente, solamente una buena planificación y una aplicación coherente pueden ayudarnos a racionalizar los procesos que rigen la estructuración del territorio y a conservar la funcionalidad ecológica del paisaje. Por tanto, quizá conviene aclarar conceptos, a pesar de que ello suponga hacer una disgresión.

A pesar de que la noción de paisaje es anterior a la ecología científica y constituye un descubrimiento cultural, no quiere decir que hablar de *ecología del paisaje* sea descabellado, como pretende A. Roger en su marcadamente antiambientalista *Breve*

tratado del paisaje.¹¹ Es un hecho evidente que la ciencia emplea muchos nombres que antes tenían otros significados, a menudo más imprecisos, para designar lo que estudia. No tendría ningún sentido que nos lamentásemos del uso de términos como fuerza, energía, espacio o tantos otros por parte de físicos y matemáticos, en unos sentidos mucho más acotados que los habituales en el modo de hablar no científico. Troll, en 1939, propuso el uso del término *paisaje* en un sentido que no presupone necesariamente la manipulación cultural del territorio (pero tampoco lo excluye). Este es el sentido que hoy se acepta en ecología. En este contexto, el *paisaje* designa, *un conjunto de sistemas ecológicos, estructurados sobre un territorio, sobre la base de factores naturales* (como la topografía, la hidrología, la litología, la vegetación, etc.) y muy a menudo *culturales* (la silvicultura, la agricultura, la urbanización, etc.).

Por tanto, es perfectamente lícito hablar de *ecología del paisaje* y, como ya hemos visto, también lo es hablar de *ecología urbana*, por más que los ecólogos ni construyen ni construirán casas. Ocurre que la manera de aproximarse a la ciudad o al paisaje puede ser muy diversa: será diferente para un historiador, para un sociólogo, para un experto en arte, para un botánico, para un arquitecto o para un ecólogo. Y todas estas aproximaciones son válidas y se complementan, pero ninguna aproximación agota el tema y nadie puede reivindicar la posesión exclusiva de un nombre: por suerte, los nombres aún no están patentados y la realidad es más grande que cualquier disciplina.

Por poner un símil fácil, nuestras ciudades se construyeron sin pensar nunca en las barreras arquitectónicas. Cualquier minusválido permanente o temporal, o cualquiera que tenga un familiar o amigo próximo que lo sea, sabe de las dificultades que aún hay para llevar una vida relativamente normal, por culpa de las imprevisiones de diseño: escaleras, pendientes excesivas, ascensores de puerta demasiado estrecha o poco profundos, bordillos, sanitarios y un larguísimo etcétera. Pero también es cierto que los diseños más modernos están incorporando, poco a poco, estos temas. Comparando países donde los terremotos son igualmente frecuentes, un seísmo de intensidad superior a 7 en la escala de Richter tiene consecuencias desastrosas en Turquía y produce solamente pequeños desperfectos en Japón, porque, a pesar de que la exposición al riesgo es parecida, la susceptibilidad o fragilidad es muy diferente: los japoneses construyen a prueba de terremotos fuertes y los turcos no. Eso no es así desde siempre, sino que es el resultado de una evolución técnica y de una exigencia social de los japoneses, evolución y exigencia que no se han dado entre los turcos. Pues bien, el tratamiento del territorio al diseñar, planificar y construir ha de incorporar ciertos requisitos ambientales, igual que ha de

incorporar la previsión de ahorrar barreras a los minusválidos y la de disminuir la fragilidad frente a los terremotos o los incendios, entre muchas otras. Nosotros, por desgracia, y bastante para nuestra vergüenza, nos parecemos más a los turcos que a los japoneses en lo que se refiere a los terremotos, y es de temer que también por lo que se refiere a los requisitos ambientales. Los artistas han de ser, justamente, capaces de crear soluciones bellas y *funcionales* desde el respeto a las construcciones del entorno, de los materiales y de los procesos que funcionaban antes de su intervención y han de seguir funcionando posteriormente, y, si cabe, mejor.

Los espacios verdes urbanos

Para el urbanita, el tema del verde urbano y los parques periurbanos tiene, esencialmente, una vertiente estética y una vertiente de uso recreativo, evidentemente relacionadas. Ambos son puntos de vista legítimos y con una tradición muy antigua. El *verde urbano*, ya sean parques, árboles de las calles, patios o jardines, terrazas verdes o, incluso, macetas en los balcones, es un elemento más de los paisajes de la ciudad construida, o sea, de un sistema con un elevado grado de artificialización, o de *artificialización* (como propone que se diga A. Roger).¹¹ Desde esta perspectiva, no es ningún disparate que en una ciudad mediterránea encontremos jardines románticos con árboles caducifolios, jardines de plantas suculentas o invernaderos con plantas tropicales, como no lo es que se empleen materiales de construcción diferentes de la piedra o de otras zonas inmediatas. El arquitecto o el jardinero crean estos espacios con libertad artística, lo que no quiere decir sin constricciones, por ejemplo, económicas o técnicas (como también las tienen los arquitectos para construir casas).

Últimamente, por parte de los ecologistas y también desde instancias públicas se defiende el uso de las plantas autóctonas en el verde urbano. Esto tiene un sentido eminentemente práctico: las plantas de un país suelen ser robustas con relación al clima local (a pesar de que la ciudad puede presentar un clima propio, un poco particular) y con relación a las plagas, son a menudo baratas, están adaptadas a una disponibilidad limitada de agua y, por tanto, no necesitan tanto riego y consumo de agua como otras que se han empleado habitualmente, etc. Además, las especies exóticas pueden plantear problemas importantes en los sistemas naturales, si se dispersan más de la cuenta. Son razonamientos legítimos y ambientalmente ventajosos. Ahora bien, no son definitivos. Hay plantas exóticas que también tienen estas virtudes de resistencia y bajo consumo, que hace muchos años que se utilizan sin efectos adversos, y son muy apreciables por razo-

nes estéticas. Por otro lado, si no siempre se opta por las soluciones más económicas en la construcción, tampoco es estrictamente obligado hacerlo en el verde urbano. De la misma manera que no todos los libros se publican solamente en ediciones populares de bolsillo, y que no todo se construye con hormigón, no debemos pensar que todos los jardines han de ser estrictamente autóctonos y de una implacable austeridad. Es bueno fomentar el ahorro, pero no hace falta llegar a la estrechez de miras de no entender que el verde urbano, como el cemento, es un producto cultural, y, por tanto, conviene que haya cierta libertad creativa. Dicho esto, y dicho con toda contundencia (es magnífico, por ejemplo, que una ciudad disponga de bellos jardines con notable valor artístico y cultural), la tendencia a aumentar la sostenibilidad ha de promover el incremento del verde y es importante que, a su vez, se haga pedagogía sobre el ahorro. Sin dogmatismos y sin esencialismos, pero con una razonable prudencia.

Pero más que cómo son los espacios verdes, acostumbra a preocupar su cantidad y extensión. En muchas ciudades es evidente que faltan espacios verdes que estén fácilmente a disposición del ciudadano (es decir, sin necesidad de un largo desplazamiento: el tiempo de desplazamiento para llegar a un espacio verde es un indicador apreciado por los sostenibilistas). Los municipios procuran recuperar algunos espacios para crear jardines, o abrir antiguos jardines privados o que eran, por alguna razón, inaccesibles al público, pero las posibilidades suelen ser limitadas. Una parte de la carencia se podría resolver con el aprovechamiento de espacios interiores o elevados dentro del espacio edificado, empleando las ya nombradas cubiertas verdes y otras posibilidades. Ya hemos dicho que en nuestro territorio se ha hecho muy poco este tipo de intervención, en parte por desconocimiento, en parte porque no tenemos tejados y sí terrados o terrazas, en parte porque no se han estudiado las plantas más apropiadas para nuestro clima, pero sobre todo por una cuestión cultural y de comercialización, y por las dificultades que, en los edificios antiguos, supone el peso de la instalación. Las cubiertas verdes podrían dar lugar a una notable transformación estética y, probablemente, como ya hemos apuntado, su mantenimiento podría originar una experiencia muy interesante de participación ciudadana y una nueva manera de emplear el tiempo libre, muy apropiada para la gente mayor.

De todos modos, las cubiertas verdes no sustituirán la falta de grandes espacios verdes en zonas centrales de la red urbana, como pueden ser el Central Park de Nueva York o el Retiro madrileño, que en Barcelona, por ejemplo, están representados escasamente por la Ciudadela (Montjuïc, el Laberint y la Oreneta ya son espacios periféricos). En Barcelona se pueden recuperar algunos pequeños espacios centrales, pero difícilmen-

te tendrán las dimensiones de que hablamos. Está claro que el área barcelonesa evoluciona hacia a una región urbana en la que Collserola tendrá, cada vez más, un papel de espacio verde central. De todas formas, esta visión de un territorio ampliado no puede compensar el que, para muchos ciudadanos, no haya espacios verdes de esparcimiento cercanos, o sean demasiado pequeños y estén demasiado llenos.

En los países del norte de Europa es habitual hablar del papel de los *bosques urbanos* en la conservación. Aquí, la idea de bosque urbano parece extraña, a pesar de que la Devesa de Girona puede darnos una imagen aproximada de lo queremos decir. En la medida en que vamos entendiendo que hemos pasado de la ciudad a la región urbana, el concepto de bosque urbano será más usual. A pesar de ello, ahora los parques urbanos, los jardines e, incluso, los árboles de la calle, tienen, además de sus funciones sociales y estéticas, un papel ecológico, aunque haya muchas especies exóticas. Este papel ecológico se relaciona con la *permeabilidad del territorio a plantas y animales*. Ya hemos reconocido que las prioridades de la demanda de verde urbano eran otras, estéticas y recreativas, pero es bueno saber que existe, además, ese papel ecológico. El número de especies de aves, insectos o plantas que se ve en los barrios con una relación construido/verde más alta es muy superior a la que se ve en los barrios con menos verde. Una obviedad si se quiere, pero no por obvia deja de ser cierta y, sin embargo, a menudo se olvida. Por tanto, más verde urbano quiere decir más permeabilidad para las otras especies en general, aunque la permeabilidad varía para cada una de ellas. La importancia de preservar la biodiversidad en zonas urbanas es pequeña si hablamos de una ciudad compacta de tamaño normal, pero se vuelve cada vez más grande con el paso a megalópolis difusas.

En muchas ciudades del mundo, se encuentran retazos de naturaleza poco alterada en el interior o en las inmediaciones del casco urbano más denso. No siempre se trata de bosques. El mar, o los lagos y los ríos, tienen fronteras a menudo muy abruptas con las ciudades, y ello genera unas problemáticas asociadas, sobre todo, a la contaminación por vertidos. En algunas ciudades, se han creado parques o reservas naturales urbanas, por ejemplo en el caso de marismas, como pasa en los márgenes de la bahía de San Francisco, en uno de los «continua» urbanos más extensos del mundo. Una buena gestión ambiental puede conducir a la recuperación de ecosistemas muy degradados. Un ejemplo clásico de ello es el río Támesis a su paso por Londres. A veces, incluso se pueden recrear ambientes naturalizados, a partir de una situación de partida altamente artificial. La recuperación del cauce del Besòs en Barcelona y Sant Adrià es un proceso en esta dirección.

Hacia una estrategia de conservación de la biodiversidad desde las ciudades

La biodiversidad en las ciudades tiene diversos componentes, y un programa sobre el tema podría incluir:¹² *a/* conservación de espacios de naturaleza, corredores, etc. en el interior de la ciudad (asociación de espacios forestales periféricos con zonas forestales urbanas y parques formando red, incremento de los árboles de las calles, etc.); *b/* recuperación de zonas litorales, disminuyendo la contaminación del agua y limitando las actividades de pesca y recolección a ciertas zonas (áreas de cría, creación de biotopos artificiales); *c/* mantenimiento de los espacios naturales periféricos en buen estado de conservación; *d/* fomento de las actividades de investigación y de conservación y reproducción de especies en peligro en los parques zoológicos y jardines botánicos; *e/* actividad de los centros de investigación sobre biodiversidad; *f/* participación y organización de reuniones internacionales; y *g/* sensibilización ciudadana sobre el tema; control del tráfico de especies exóticas.

También conviene que los habitantes de las ciudades tengan mayor conciencia de su impacto, directo o indirecto, en los usos y la fragmentación del territorio en el ámbito regional, y mucho más lejos, a veces en regiones biogeográficas muy alejadas. Así, el café o el cacao que plantan para nosotros, o la marihuana, que para el caso es lo mismo, o la captura de especies en peligro para venderlas en las Ramblas o de forma clandestina, son solamente ejemplos puntuales de la incidencia que podemos ejercer, desde nuestra ciudad, en la destrucción de biodiversidad en regiones tropicales.

Ciudad y naturaleza en el territorio

La proporción entre urbanizado y no urbanizado varía mucho en las diferentes áreas metropolitanas. En la región metropolitana de Barcelona, cerca del 50 % del suelo tiene un uso forestal, una proporción elevada, mientras que en otras regiones metropolitanas, sobre todo del sur de la península Ibérica, hay más proporción de cultivos o matorrales y poca de bosque. La única compensación viable a la falta de espacios verdes urbanos, en casos como el de Barcelona, parece que haya de ser impedir la urbanización de los parques metropolitanos y mejorar el acceso. Es un planteamiento en apariencia razonable, si no pueden crearse grandes parques centrales. Los parques metropolitanos están cubiertos de bosques, una parte de los cuales ya los podemos considerar como *bosques periurbanos*. No son sistemas estrictamente naturales, sino fuertemente culturalizados por

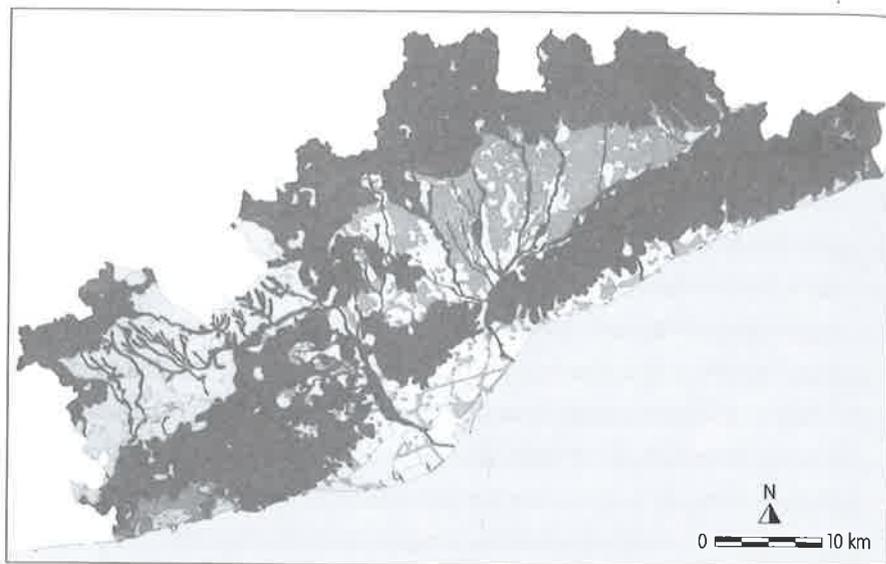


Figura 3.8 La estructura verde del área de Barcelona. Las áreas en gris más oscuro corresponden a zonas de vegetación más natural, bosques o matorrales. El gris claro corresponde a zonas rurales con digitaciones forestales. El resto son zonas rurales o urbanas. (Fuente: DEPANA, Servicio de Parques Naturales de la Diputación de Barcelona, 1992, Barcelona Regional.)¹³

una larga presencia humana tradicional, y ahora por la afluencia de gente de las ciudades, con una demanda quizá no de naturaleza en sentido estricto, sino, como hemos dicho al inicio, recreativa y paisajística.

Algunos de los espacios «naturales» más próximos a las ciudades han sido los primeros campos de batalla en favor de la conservación, precisamente por el hecho de estar sometidos a una presión urbanizadora más fuerte. En Cataluña, el Montseny, Montserrat o Sant Llorenç del Munt serían claros exponentes de ello. Convertidos en parques metropolitanos, una parte de estos espacios son considerados, siempre desde la óptica de la conservación, depositarios de un rico patrimonio natural que hay que salvaguardar. Existe pues, un *conflicto entre el uso conservativo y el uso como parque recreativo*. Este conflicto se agrava con el paso de la ciudad compacta a la ciudad difusa o «expandida», aumentando las dificultades para la conservación.

Inicialmente, las zonas protegidas se dibujaron como islas en un mapa. Con frecuencia, la parte protegida era decidida por una curva de nivel por encima de la cual no quedase pueblo o núcleo alguno apreciable de población (así se hizo en Sant Llorenç y en el Montseny). Esta *estrategia «insular» de conservación* no responde a lo que los científicos consideran adecuado hoy en día. Por eso, desde hace algunos años se habla de redes,

corredores, vías verdes y, en algunos casos como Londres o Barcelona, de la «anilla verde». En efecto, la conservación de muchas especies exige la posibilidad de desplazarse por territorios relativamente grandes, ya sea para encontrar recursos, en función de la variabilidad interanual de las condiciones (por ejemplo, de seco o frío), ya sea para mantener tamaños de población con capacidad reproductiva lo bastante grande, etc. La necesidad de permeabilizar el territorio para las especies es más evidente si se piensa en la cada vez más probable incidencia de cambios climáticos importantes en un futuro próximo.

Sin embargo, la operación conservacionista en muchos lugares ha procedido, seguramente, al revés de lo que habría sido deseable. Se ha empezado por escoger islas constituidas por lugares especialmente interesantes y después se ha pasado a tratar de *conectar* estos espacios. Las cosas quizás habrían ido mejor si se hubiese empezado por establecer una estrategia de conservación que considerase el conjunto del territorio. Hay que partir de un cierto grado de respeto por el entorno en todo el territorio, lo que no quiere decir que no se pueda construir o cultivar en sitio alguno, ni mucho menos. Si hubiésemos empezado la conservación con este respecto generalizado, quizás, habrían disminuido los terribles efectos de la actual fragmentación sobre la biodiversidad. Y quizá nuestras ciudades mantendrían la armonía y la calidad de los núcleos centrales que tan a menudo envidiamos de otras ciudades europeas. Este respeto se ha de traducir, necesariamente, en normativas ambientales.

La conservación de una red de espacios, no diremos que «naturales» en sentido estricto, pero sí con un grado de intervención antrópica de baja intensidad, es una necesidad ambiental. Y no solamente en los parques metropolitanos, sino también en el resto del territorio metropolitano. Los *parques* son los núcleos básicos de esta red y se supone que han de cumplir a la vez *objetivos de conservación de la diversidad, protección hidrológica, producción agrosilvopastoral, oferta de esparcimiento y paisaje* (en el sentido estético), etc. Entre parque y parque, amplios espacios predominantemente agrícolas pueden seguir jugando un papel básico en la conservación, sobre todo si su gestión lo tiene en cuenta y, por tanto, preserva las líneas vegetales entre el campo y los bosques de ribera, limita el uso de plaguicidas y abonos a los menos perjudiciales y a las dosis apropiadas, etc. Las grandes infraestructuras de transporte también han de tener en cuenta el tema de la permeabilidad para la fauna y la flora, y es necesario tratar de forma adecuada los espacios intersticiales. Finalmente, el espacio urbanizado puede ser también más o menos respetuoso con la biodiversidad y la permeabilidad.

El territorio es un mosaico de situaciones con un grado muy diverso de intervención antropógena, aunque en nuestro caso hay intervención por todas partes. En algunas pie-

zas (teselas) del mosaico territorial existe alta diversidad natural (de hábitats, de especies y genética). En otras se incrementa mucho la intervención humana, quizá con una elevada riqueza cultural o quizá con una ocupación muy simplificadora del medio en todos los aspectos. Entre unos extremos y otros se encuentran todas las situaciones intermedias. Lo que hemos de procurar es, en primer lugar, saber qué país queremos, es decir, qué grupos de objetivos de uso han de dominar en cada parte del país, y, en segundo lugar, que las intervenciones humanas, sea cual sea su intensidad, estén tan bien pensadas como seamos capaces de hacerlo, en todas las dimensiones, recordando que una dimensión muy importante es la ambiental. Hemos de compatibilizar muchos usos, como hemos visto en el caso de los parques metropolitanos, pero compatibilizar quiere decir en primer lugar respetar los diferentes intereses y encontrar la mejor solución. En las conclusiones del capítulo siguiente trataremos de dar algunas ideas generales sobre cómo debemos repensar la relación entre ciudad y naturaleza.

Notas

- ¹ P. Duvigneaud: *La síntesis ecológica*, Madrid, Alhambra, 1978.
- ² V. Bettini: *Elementos de ecología urbana*, Madrid, Trotta, 1998.
- ³ J.A. Burriel, X. Pons y J. Terradas: *Mapa Ecològic de Barcelona de 1993*, Barcelona, CREAM - Ajuntament de Barcelona, 2000.
- ⁴ J. Sunyer: *Aula d'Ecologia 1997-1998*, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 2000.
- ⁵ H.A. Makse, S. Havlin y H.E. Stanley: «Modelling fractal cities using the correlated percolation model», *Nature* 1995; 377: 608-612.
- ⁶ H.J. de Blij: *Human geography*, Nueva York, J. Wiley, 1977.
- ⁷ R. Rogers y P. Gumudchjian: *Ciudades para un pequeño planeta*, Barcelona, Gustavo Gili ed., 2000.
- ⁸ M. Breheny: «Urban compaction: feasible and acceptable?», *Cities* 1997; 14: 209-217.
- ⁹ J. Terradas: *El patí del darrere del Dr. Pangloss, o per què l'optimisme tecnològic i la immodèstia intel·lectual es corresponen tan poc amb l'abast de la nostra ciència*, Barcelona, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1996.
- ¹⁰ El MACBA, el Museu d'Art Contemporani de Barcelona, situado en el barrio barcelonés del Raval, fue inaugurado oficialmente en 1995. Es un edificio de trazado longitudinal de 120 x 35 m de base, ideado por Richard Meier.
- ¹¹ A. Roger: *Breu tractat del paisatge*, Barcelona, La Campana, 2000.
- ¹² Conclusiones del grupo de trabajo sobre Biodiversidad del Consell Municipal de Medi Ambient, Ayuntamiento de Barcelona.
- ¹³ J. Acebillo i R. Folch (eds.): *Atlas ambiental de l'àrea de Barcelona*, Barcelona Regional, Ariel Ciencia, 2000.

4

El metabolismo de la ciudad

Las poblaciones urbanas y el metabolismo endosomático

Cuando pensamos en la población de las ciudades, naturalmente, lo hacemos en términos de población humana. En el primer capítulo, ya hemos hablado de algunos datos relativos al número de *habitantes*, que es el parámetro más usual para indicar el tamaño de una ciudad. Aunque parezca una variable poco problemática, el hecho es que sí lo es. En efecto, los censos urbanos presentan no pocas dificultades. Establecer con precisión cuánta gente vive en una ciudad en un momento determinado es, de hecho, muy difícil, aunque se puede tener una idea aproximada. En principio, no se están haciendo censos continuamente, y la *población* en el tiempo t_1 es el resultado de sumar, a los habitantes en el tiempo t_0 (por ejemplo, el momento del último censo), los nacimientos e inmigrantes, y restar las defunciones y emigrantes. Normalmente, nacimientos y defunciones están registrados, pero inmigrantes y emigrantes (incluidos no solamente los que vienen de lejos o se van lejos, sino también los que cambian de domicilio desde un municipio, a otro próximo) no lo están. Como entre un censo y otro pueden pasar cinco o diez años, si estamos en un período muy dinámico el error puede ser considerable. Además, por razones diversas, incluida la inmigración clandestina, no todo el que vive en una ciudad lo declara. Finalmente, hay mucha gente que entra y sale de la ciudad cada día, los *commuters*, personas que viven en la ciudad y trabajan fuera, o que viven fuera y trabajan en la ciudad, tienden a incrementarse. Por un lado, bastantes industrias se han desplazado hacia el exterior de las ciudades, y con ellas una parte de los lugares de

trabajo. Por otro, en muchas ciudades, los altos costes de las viviendas y las dificultades de ocupación estable de los jóvenes favorecen el desplazamiento de éstos hacia zonas residenciales en municipios vecinos, fenómeno que es el responsable de la disminución de población estable que registran los censos, pero muchos de estos jóvenes siguen trabajando en la ciudad y, por tanto, influyendo de alguna manera en el consumo total, el tráfico y las emisiones. También hay mucha gente que se marcha de la ciudad o se va unos días por trabajo o diversión. Es decir, que es muy difícil, si no imposible, tener una imagen instantánea del tamaño de la población que está realizando actividades, como comer, lavarse, poner la calefacción o moverse por las calles. Empleamos solamente aproximaciones. Cuando hablamos de los *indicadores*, que frecuentemente se dan en valores per cápita, entendemos que ésta es una posible fuente de errores al establecer comparaciones, que es cuando los indicadores tienen sentido (tabla 4.1).

La comprensión de la demografía y de muchos aspectos de interés socioeconómico obliga a considerar la *distribución de la población en clases de edad*. Las representaciones de las clases de edad en pirámides son muy clásicas y dan, de forma muy inmediata, información sobre el potencial de dinámica biológica de la población y sobre las consecuencias demográficas de hechos históricos. En la figura 4.1B puede verse una pirámide de edades para Barcelona, en la que se separan los dos sexos. Se aprecia fácilmente la mayor proporción de mujeres en las clases de edad más avanzadas, prácticamente a partir de los 60 o 65 años. También se observa cómo las clases de edad más joven suponen una proporción pequeña del total, y que hay una fuerte caída por debajo de la clase de entre 20 y 24 años. Esto expresa el descenso reproductivo que tuvo lugar desde 1975, aproximadamente. Si comparásemos esta pirámide con una de primeros de

Tabla 4.1 Datos comparativos de Barcelona, el Barcelonés, Área Metropolitana, Región Metropolitana y Cataluña*

	Municipios	Superficie (km ²)	Superficie (%)	Población (1996)	Población (%)	Densidad de población
Barcelona	1	99,1	0,3	1 508 805	24,8	15 230
Barcelonés	5	143,1	0,4	2 131 378	35,0	14 897
Área metropolitana	33	585,4	1,8	2 904 941	47,7	4 962
Región metropolitana	163	3 234,5	10,1	4 228 048	69,4	1 307
Cataluña	946	31 895,3	100,0	6 090 040	100,0	191

* Fuente: <http://www.mcrit.com/Agenda21>

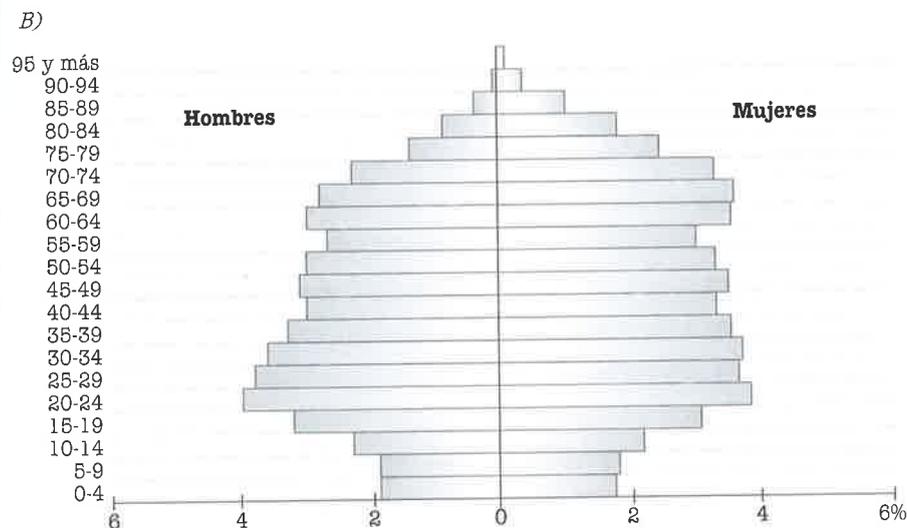
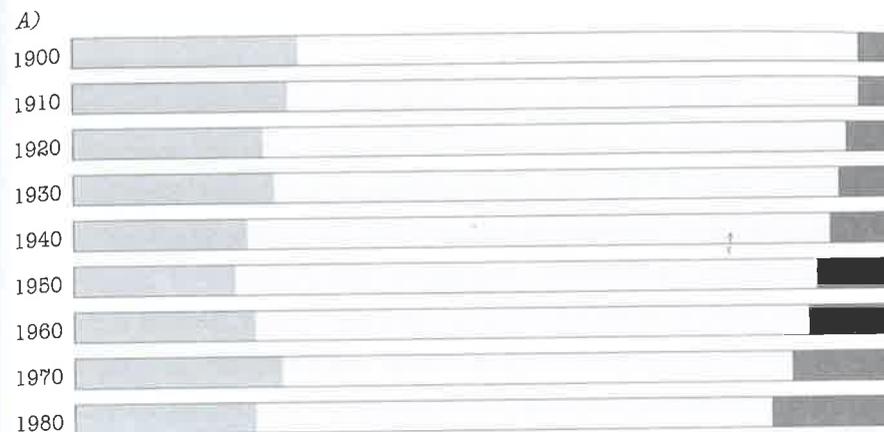


Figura 4.1 A) Evolución de la estructura de edades en Barcelona desde 1900 a 1980 (las décadas resaltadas en oscuro corresponden a oleadas inmigratorias). A la izquierda, jóvenes menores de 14 años, a la derecha viejos de 65 o más años. B) Pirámide de edades actual de Barcelona (Fuente: <http://www.mcrit.com/Agenda21>)

siglo, veríamos que la base se ha estrechado y la punta se ha ensanchado, reflejando un proceso de envejecimiento que es general en las poblaciones europeas, tal y como se puede apreciar en la figura 4.1A. Pero dejaremos el tema de los cambios demográficos humanos a los demógrafos, que tienen mucha más información, y retendremos solamente la significación de los datos demográficos en la interpretación ecológica de la ciudad.

Desde el punto de vista del metabolismo endosomático, es interesante conocer la *biomasa* humana. El consumo de alimentos y bebidas y la producción de excrementos

líquidos o sólidos dependen de la biomasa (y del sexo, la clase social, poder adquisitivo y factores individuales, pero la variabilidad no es, en términos cuantitativos, muy grande). Para hacer una estimación, tenemos que dividir la población en segmentos de tamaño o de edad: cuanto más alta sea la proporción infantil en la población, más bajo será el peso medio y, para un mismo número de habitantes, más baja será la biomasa. En los estudios sobre Barcelona¹ el peso medio es de 56 kg y la biomasa de casi 97 000 t, que representan 5 kcal/g de peso seco, unos 600 000 GJ de energía.

Dejemos ahora la población humana, que es la dominante en términos de biomasa. *En la ciudad hay otras poblaciones, no humanas.*² Las condiciones de vida dentro de una ciudad varían considerablemente, podemos encontrar un buen número de hábitats diferenciados: los alcorques para los árboles de la calle, las grietas entre los adoquines, los muros y paredes, los terrenos abandonados, los patios y terrados, el interior de las viviendas, los balcones y macetas, la red de cloacas, los jardines y parques, las zonas forestales, los espacios intersticiales entre infraestructuras, las fuentes y los estanques, las playas y rocas litorales, etc. Prácticamente cualquier lugar ofrece posibilidades a una o muchas clases de organismos. La mayor diversidad de conjunto la encontraremos en los retazos de comunidades menos alteradas o menos humanizadas (bosques periurbanos o urbanos, matorrales), pero podemos hallar otras riquezas de especies de un determinado grupo, por ejemplo de plantas en jardines, riquezas que pueden haber sido creadas intencionadamente; hay también los casos especiales de los zoológicos, acuarios o jardines especializados. El arbolado viario puede ser también bastante variado. En una ciudad como Barcelona, que tiene unas cuantas decenas de miles de árboles en la calle, a pesar de la sensación de gran dominio del plátano, encontramos alrededor de 50 géneros diferentes de árboles. Es una diversidad superior a la que se encuentra en una superficie comparable de bosques de la región, pero debemos decir que es una diversidad «artificial», ya que los árboles han sido plantados y viven independientemente, sin formar parte de un sistema funcional autosostenible. En los alcorques de los árboles, en los solares, creciendo al pie de muros húmedos o entre adoquines, en jardines y terrenos abandonados hay una considerable variedad de hierbas y matorrales, musgos y algas. Los hábitats más ricos en plantas pueden servir de refugio y dar alimento a más variedad faunística. La presencia de plantas puede tener un interés ornamental o científico, pero a veces también puede generar algún inconveniente. El más grave es el papel del polen en la incidencia de enfermedades alérgicas de las personas, desde la fiebre del heno a alergias de contacto debidas a un conjunto variado de sustancias (lactonas sesquiterpénicas, quinonas, etc.).

De la fauna urbana, las especies más notorias son unos pocos mamíferos (perros, gatos, ratas, ratones, murciélagos) y bastantes aves. Uno de los efectos del ecosistema urbano sobre los ecosistemas vecinos es servir como refugio y fuente de una elevada población de gatos y perros, que se han convertido ya en los principales mamíferos depredadores en las zonas naturales de muchas regiones de Europa. Las aves se emplean, a veces, para analizar el papel de los espacios verdes como refugios de diversidad y lugares de paso, que pueden permitir a algunas especies cruzar las zonas urbanas y saltar de un espacio natural a otro. Algunas aves, como las palomas, las golondrinas y vencejos o los gorriones, encuentran en las paredes externas de los edificios, en las cornisas y agujeros, un hábitat parecido al de las rocas, y hallan la manera de anidar en ellas. Aves depredadoras, como los halcones, han sido introducidas intencionadamente en algunas ciudades para controlar las poblaciones de palomas. Algunas aves omnívoras o necrófagas también encuentran en las ciudades, o en los basureros vecinos, el alimento necesario, como lo hacen las gaviotas, los cuervos y, en aglomeraciones urbanas del Tercer Mundo, incluso los buitres. Entre los reptiles, y dejando de lado tortugas y serpientes en cautividad o libres, los más comunes son lagartijas y dragones. La presencia de anfibios está ligada a la existencia de balsas o estanques.

Los *artrópodos* tienen una presencia importante, y a menudo no deseada por el hombre, en especial las hormigas, termites, escarabajos de cocina, carcomas, pececillos de plata, pulgas, chinches, garrapatas, arañas, moscas, mosquitos y un largo etcétera. Realmente algunos pueden tener consecuencias negativas para nuestra especie, en especial los mosquitos y otros chupadores de sangre, por su capacidad de transmitir enfermedades. El caso más conocido es el de la *malaria*, ya que sigue siendo la enfermedad infecciosa que produce la mortalidad más alta en la población humana, pero hay muchos más. Las pulgas que pasaban de las ratas a los hombres eran las transmisoras de la *peste bubónica*, o *peste negra*, que tuvo efectos tan catastróficos en Europa y Asia. La reciente aparición en Nueva York de la *fiebre del Nilo*, transmitida por mosquitos, causó una fuerte alarma social y preocupación entre los expertos. Las previsiones de cambio climático hacen pensar en la posible expansión de enfermedades tropicales transmitidas por insectos a territorios que ahora tienen climas mediterráneos o templados. Sin embargo, muchos de los insectos que viven en las ciudades no dependen directamente del hombre, sino de otros animales o de plantas. A veces, la introducción de una planta como ornamental trae consigo insectos que son una plaga para dicha planta, otras veces los insectos llegan mucho más tarde, como ha pasado con la famosa mariposa africana del geranio.

La población microbiana (virus, bacterias y hongos microscópicos) es muy variable, e importante por diversos conceptos. El número de gérmenes en el aire de París varía desde 50 por m³ en el parque de Fontainebleau a 4 millones dentro de unos grandes almacenes, pasando por 5500 en la rue Rivoli.³ No hace falta decir que esto es importante en epidemias de transmisión por vía respiratoria, como las de gripe y enfermedades como la tuberculosis y, recientemente, la legionelosis, el agente de la cual ha encontrado un hábitat adecuado en los grandes sistemas de aire acondicionado, y que en España está creando dificultades en diversas ciudades. Las aguas residuales son un ambiente particularmente problemático por la abundancia de microbios patógenos. A escala mundial, uno de los organismos más peligrosos es *Vibrio cholera*, que produce epidemias temibles de cólera, sobre todo en países pobres. La bacteria *Escherichia coli* es un indicador de contaminación por aguas fecales que se puede emplear para evaluar las condiciones sanitarias de aguas de baños públicos (por ejemplo, en el litoral marino). También puede haber contaminación fecal si se emplean aguas residuales para añadirlas a las de riego. Donde se halla mayor número de *E. coli* es en verduras y hortalizas procedentes de zonas próximas a las ciudades; y en verano, dado que hay menos agua para regar, la bacteria se halla sobre todo en productos como los puerros y los rábanos, que tienen más contacto con la tierra. Los tratamientos de depuración hacen que su abundancia descienda drásticamente. La arena de las playas también puede tener contaminación de origen fecal. Los hongos parásitos, o saprófitos que pueden convertirse en parásitos, son un problema en ciertos ambientes como piscinas, playas y hospitales. En este caso, *Candida albicans* es particularmente difícil de eliminar. De hecho, los hospitales son uno de los lugares que generan más complicaciones (a pesar de ser de los más controlados), debido a la presencia de elevadas densidades de gente (los enfermos, por ejemplo, son los que pasan más tiempo en ellos, y están en situación de debilidad frente a los patógenos) y a la naturaleza de la actividad (heridas abiertas, por ejemplo). Todo ello facilita la transmisión.

La transmisión de patógenos a través de los alimentos animales es otro campo que requiere atención. Tradicionalmente, la vigilancia en los mataderos se centraba en parásitos intestinales como los gusanos *Ascaris* y *Oxyurus* o la tenia. Últimamente, preocupa una nueva forma de enfermedad, de la que no es responsable un organismo, sino un tipo de moléculas, los *priones*, causantes de la encefalopatía espongiforme bovina que se transmite al hombre en la forma de una variante nueva de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob. Pero también merecen mucha más atención de la que hasta ahora se les otorga, otras moléculas incorporadas a la dieta de los animales que consumimos,

como hormonas y antibióticos. Esto nos aleja del tema de la biodiversidad, pero nos recuerda que la producción de alimentos para el hombre y sus animales ha seguido procesos de industrialización que están dando lugar a nuevos y complicados problemas. También los da la introducción, en la cadena alimentaria, de sustancias contaminantes resultado de diversos tipos de emisiones (un ejemplo podrían ser las dioxinas detectadas en pescado del Báltico y del mar del Norte).

La ciudad es puerta de entrada (y salida) de especies potencialmente invasoras. Este tema merece una creciente atención, entre otras cosas, porque es muy ilustrativo de la dinámica de los sistemas ecológicos y porque los cambios en la diversidad son una parte sustancial del denominado *cambio global* que incluye, además, los cambios atmosféricos, los climáticos y los de usos del suelo (también probablemente los de circulación oceánica y otros que todavía conocemos mal).

La biomasa animal de los ecosistemas urbanos es bastante difícil de calcular, y no hay estudios muy completos al respecto. Dejando de lado la especie humana, la biomasa máxima corresponde seguramente a otros mamíferos, sobre todo perros. Los gatos, ratas, palomas y otras aves, aunque numerosos en individuos, representan biomasa modestas. En algunas ciudades hay bosques urbanos donde, por ejemplo, se pueden encontrar ciervos, pero normalmente se trata de cantidades irrelevantes en el conjunto. Un caso distinto sería el de la presencia de ganado vacuno en ciudades asiáticas, especialmente en la India. Según nuestras apreciaciones, es difícil que la biomasa animal supere un 10 % la humana, al menos en el caso de una ciudad considerada compacta. Barracó *et al.*! la acotaron para el caso de Barcelona entre 1300 y 7000 t, en las mejores estimaciones disponibles, y se trata de unos 140 000 perros, del orden de 1,5 millones de ratas, 180 000 palomas, etc., es decir que, como máximo, en este caso, deberíamos añadir unos 50 000 GJ a los 600 000 que supone la biomasa humana.

Normalmente, la biomasa vegetal es mucho mayor que la animal, pero es innecesario aclarar que es enormemente dependiente del grado de compacidad y de la superficie verde de la ciudad. Una hectárea de bosque puede tener de 50 a 500 t de peso seco de biomasa aérea y quizás un 25 % más en biomasa subterránea. Hay estimaciones de la biomasa vegetal en función de la estructura de las comunidades (bosques, matorrales, céspedes) y su altura. Podemos calcular, por tanto, la biomasa a partir de un mapa de usos del suelo o un mapa ecológico con cierta aproximación, añadiéndole una estimación para los árboles de las calles en función de su número. En una ciudad muy densa como Barcelona, nuestras estimaciones indican que la biomasa vegetal es, sin embargo, del orden de diez veces la animal, incluida la humana. Sobre la base de los da-

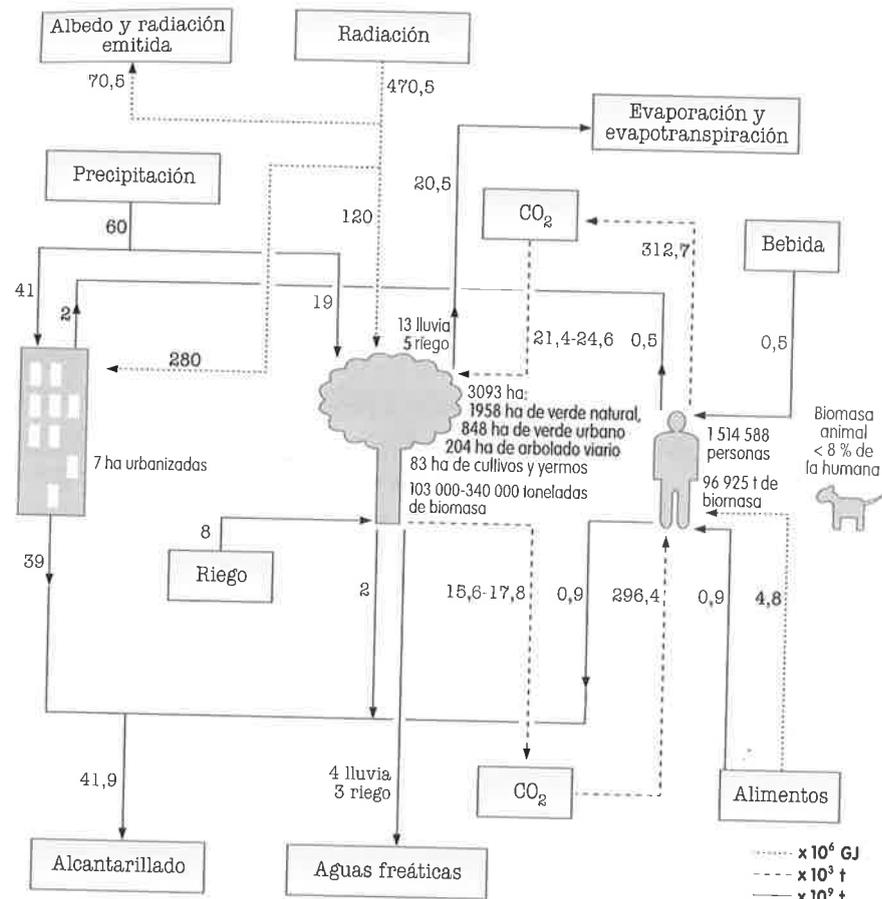


Figura 4.2 Representación de los flujos metabólicos endosomáticos en la ciudad de Barcelona, con datos del año 1997, según Barracó *et al.*¹⁶ El gráfico muestra las principales existencias y transferencias de energía (por la vía de los alimentos o la radiación), materiales (alimentos y gases) y agua (potable) según las unidades que se indican en el extremo inferior derecho

tos de biomasa y *producción* (la biomasa producida por unidad de tiempo), podremos calcular los *flujos endometabólicos* de los ecosistemas urbanos (fig. 4.2).

Actividad de las poblaciones: el transporte y la estructuración territorial

Las poblaciones que viven en ecosistemas, también en los urbanos, se desplazan en el espacio. Incluso las de especies en las que sus individuos son fijos (como las plantas) o sedentarios, ya que las poblaciones se pueden dispersar porque se establecen nuevos

individuos en áreas cada vez más extendidas, o pueden contraerse si mueren más individuos de los que nacen en la periferia de la población.

En el caso del hombre, dejando de lado los fenómenos de expansión o regresión de las áreas urbanas, hay muchos desplazamientos de individuos dentro de la población, y estos desplazamientos se organizan con la construcción de *sistemas e infraestructuras de transporte*. Existe una relación íntima y compleja entre la organización del transporte y las formas de ocupación del territorio, a la que ya hemos hecho alguna referencia. La segregación espacial generalizada entre lugares de residencia y lugar de trabajo es un fenómeno relativamente moderno, ligado a la industrialización y a la sectorialización de actividades en la estructura misma de la ciudad. Debemos destacar el carácter contingente, histórico, del desarrollo tanto del tejido urbano como de las redes de transporte. Así pues, la situación actual es el resultado de decisiones políticas y de actuaciones privadas de tiempos precedentes. Un ejemplo muy vistoso de lo dicho lo hemos tenido en Berlín desde 1989, ya que, a pesar de la desaparición del muro, las líneas de tranvías y autobuses han seguido durante años obedeciendo a su fantasma, pero se trata de un hecho general.

C. Miralles⁴ explica que «hay tres fases básicas (*prefordiana, fordiana y posfordiana*) en el desarrollo de los sistemas de transporte». En la primera, hay muy poca intervención pública. En la segunda, la segregación espacial fuerza un gran aumento de movilidad de masas y el desarrollo de medios públicos importantes de transporte y de infraestructuras para facilitar el transporte privado. En la tercera, que aparece en los últimos 20 años, las grandes industrias han emigrado de la ciudad, donde predominan el sector servicios y pequeñas empresas interrelacionadas, de manera que aún aumenta la movilidad pero al mismo tiempo se vuelve más difusa. Eso hace que cueste más resolver el transporte con medios colectivos públicos o privados, ya que cada persona tiene unos trayectos específicos y variados, y es muy difícil establecer redes lo suficientemente completas. Por tanto, se incrementa el uso del vehículo privado, el consumo de energía y la contaminación, y pronto se producen colapsos en las vías de circulación. Los ejes principales pueden estar servidos por trenes rápidos o metros, pero el resto de recorridos y los que permiten acceder a estos servicios, se hacen con vehículos privados, esencialmente automóviles. Así pues, faltan grandes superficies de estacionamiento de vehículos en los accesos a los sistemas colectivos y también en la periferia de los centros urbanos, donde se tiende a limitar el uso del automóvil para evitar la congestión y promover el comercio.

¿Podemos prever ya una cuarta fase? Algunos se han apresurado a anunciar que el uso de los ordenadores permitiría trabajar más en casa y reducir los desplazamientos.

Otros piensan que el ordenador portátil y el teléfono móvil no harán más que ayudar a trabajar durante los desplazamientos, que seguirán aumentando en distancias recorridas y tiempo invertido, ya que los contactos personales siguen considerándose básicos en muchas actividades. Quizás es una suerte que la congestión del tráfico aéreo haga difícil la posible tentación de sustituir desplazamientos en automóvil por desplazamientos en avión. Pero las perspectivas pueden cambiar a favor de las comunicaciones a distancia, como resultado de los riesgos asociados al terrorismo.

Ciertamente, el automóvil es el gran protagonista del transporte en la sociedad actual. Ayuda a que el poder económico se concentre cada vez más en sectores como el comercio, al posibilitar la oferta de centros comerciales enteramente nuevos en la periferia y no en los centros urbanos. Hace accesibles, en tiempo y coste económico, ofertas recreativas y de trabajo distantes desde unas decenas hasta unos centenares de kilómetros, y posibilita (aunque no los origine directamente) cambios sustanciales en la organización del territorio. La ciudad se puede disgregar sobre un espacio mucho más grande. La oferta de paisaje de las cordilleras o las playas, mucho más atractiva que la del entorno urbano y periurbano, ya no queda limitada a determinados períodos. Los parques y jardines estrictamente urbanos quedan sobre todo para aquellos que tienen una capacidad limitada de desplazamiento. De hecho, muchos espacios periurbanos se degradan y no se presta ninguna atención a los espacios intersticiales que quedan, por ejemplo, entre infraestructuras: hay una dilapidación importante de espacio considerado poco valioso. Las decisiones políticas y administrativas en la estructuración del territorio, así como la organización de los sistemas de transporte, combinadas con el juego de fuerzas socioeconómicas, tienen, como ya se ha comentado, efectos ambientales; otros efectos tienen un carácter más social y económico, como por ejemplo la desintegración del antiguo sistema comercial y su sustitución por uno nuevo, con más concentración de poder y menos competencia real.

Los teóricos han intentado establecer una relación causal entre transporte (a partir de los cambios tecnológicos en la disponibilidad de energía o de las decisiones individuales de minimizar costes) y modalidad de crecimiento urbano, y aún se emplea este tipo de argumentación para justificar la necesidad de una infraestructura nueva. Seguramente, las cosas son más complicadas: *segregación funcional y social del territorio e incremento del transporte* son paralelas e interactuantes. La dinámica del territorio no viene determinada solamente por cuestiones de distancia y tiempo, sino por la estructuración social actual, por razones totalmente contingentes, de oportunidad, etc. Lo que sí está claro es que, hasta ahora, las razones ambientales han jugado un papel muy

pequeño, incluso a la hora de determinar las estrategias públicas (por no decir nula en nuestro territorio, véase como muestra el vigente y desacertado Plan Territorial de Cataluña), y el escaso protagonismo ha sido casi siempre forzado por la lucha ambientalista, con razón o sin ella. Naturalmente, hay ejemplos en que la preservación de un espacio protegido ha hecho modificar o ha dificultado la conexión entre dos partes del territorio. En cambio, la minimización de costes ha tenido siempre en cuenta los económicos y pocas veces los ambientales.

El metabolismo exosomático urbano

Los flujos materiales y energéticos que no resultan de la mera actividad biológica de alimentación, constituyen el *metabolismo exosomático*. Su estudio se sitúa en el mismo centro de la ecología urbana. Los estudios que dirigimos con M. Parés, realizados por Anna Prat y Helena Barracó sobre flujos del agua y de energía, respectivamente,⁵ con los que queríamos ver los cambios que se han producido los últimos diez años en el metabolismo de Barcelona, corrigen y actualizan los que se habían hecho años atrás y han sido una buena ocasión para comprobar las dificultades de realización de estos trabajos. Las bases de datos disponibles son, a menudo, incompletas, o se refieren a superficies diferentes (es curioso cómo cambia un dato aparentemente tan simple como la superficie del municipio de un año a otro) o a territorios diferentes según el servicio del que se trate. Aquí emplearemos los resultados de estos trabajos como ilustración de lo que entendemos por *metabolismo exosomático*. Empezaremos por el agua.

Al comparar el *Mapa Ecológico de 1978* y el de 1993,⁶ hemos visto que ha aumentado el nivel de impermeabilización del municipio, y eso es importante en el tema de los flujos de agua, porque se ha construido en solares y zonas ganadas al mar, incrementándose la escorrentía, así como la evapotranspiración y la intercepción.

Por lo que se refiere al agua canalizada, ha descendido el consumo, principalmente porque ha bajado la demanda industrial (aunque las industrias continúan existiendo, solamente que fuera del ámbito de estudio), y también por la disminución de población, pero el consumo por habitante y día en el sector doméstico ha aumentado, lo cual es un dato significativo. El porcentaje de agua depurada sobre el total vertido no ha mejorado. Tres cuartas partes del agua que entra en el municipio lo hace en forma canalizada por red, y la otra cuarta parte en forma de lluvia. Las pérdidas de las conducciones son, según se dice, del orden del 10 %. El 75 % de la lluvia va a las cloacas, el resto se evapora o se evapotranspira. Las lluvias intensas provocan descargas de agua pluvial y

residual que significan 63 episodios anuales de contaminación de las aguas del litoral barcelonés, que se añaden al vertido ordinario de aguas residuales no depuradas (el 38 % del agua suministrada no es tratada). En la figura 4.3 se muestra una representación del flujo del agua en la ciudad de Barcelona.

Mientras en el municipio y en el área metropolitana (33 municipios) disminuye el consumo, crece la demanda en la región metropolitana (163 municipios). Paradójicamente, mientras avanza el proceso de metropolización faltan datos en el ámbito de la región metropolitana, lo que nos ha obligado a seguir estudiando los flujos en el ámbito municipal, por lo menos mientras no se pueda hacer un estudio mucho más complejo y costoso. Ello nos recuerda que, con todas las importantes operaciones urbanísticas que están previstas, como el Plan del Delta, la reordenación de Pueblo Nuevo, el Tren de Alta Velocidad y el Parque Fluvial del Besòs, no se han estudiado en absoluto las variaciones en los flujos de agua y sus consecuencias sobre la calidad ambiental o la sostenibilidad. A. Prat⁵ elaboró una lista de 20 indicadores de sostenibilidad relacionados con los flujos de agua, y calculó o estimó los valores para Barcelona de la mayoría de ellos.

El tema energético es aún bastante más complicado (fig. 4.4), porque debemos mirar muchas más fuentes de datos. H. Barracó⁵ hizo un balance de energía final para Barcelona, es decir que no contabilizó las pérdidas producidas en el consumo, pero sí las que tienen lugar hasta que se suministra al consumidor. Puede sorprender que la partida más grande en las entradas energéticas a Barcelona sea la radiación solar (335 000 000 GJ, frente a solamente 51 000 000 GJ para el resto de fuentes). A pesar de todo, las energías eólica y solar ¡solamente generan un 0,038 % de la electricidad que empleamos! Si el consumo de agua había disminuido, el de energía, entre el año 1985 y el 1995 ha aumentado en unos 9 000 000 GJ, lo que supondría un importante aumento per cápita si se refiere a población censada (de 23 a 35 GJ anuales, también entre 1985 y 1995), y ha aumentado relativamente más la energía eléctrica, mientras la importancia de los gases licuados del petróleo disminuye. Las formas de energía más empleadas son combustibles líquidos (casi 40 %), electricidad (36,1 %) y gas natural (20,3 %), con cierta tendencia a aumentar la proporción de electricidad y, dentro de ésta, la participación de la energía nuclear. El consumo mayoritario se debe al transporte (41,7 %), seguido de los sectores comercial-industrial (30,2 %) y doméstico (28,2 %), creciendo un poco el comercial-industrial respecto a los otros, por el proceso de terciarización. El consumo per cápita ha pasado de 23,4 a 34,8 GJ/persona/año (referido a la población censada y no a la real, la cual no la sabemos nunca, lo que hace que se introduzcan dudas sobre el valor de este aumento). El trabajo analiza 11 indicadores ecológicos de sostenibilidad sobre la base de la energía, con

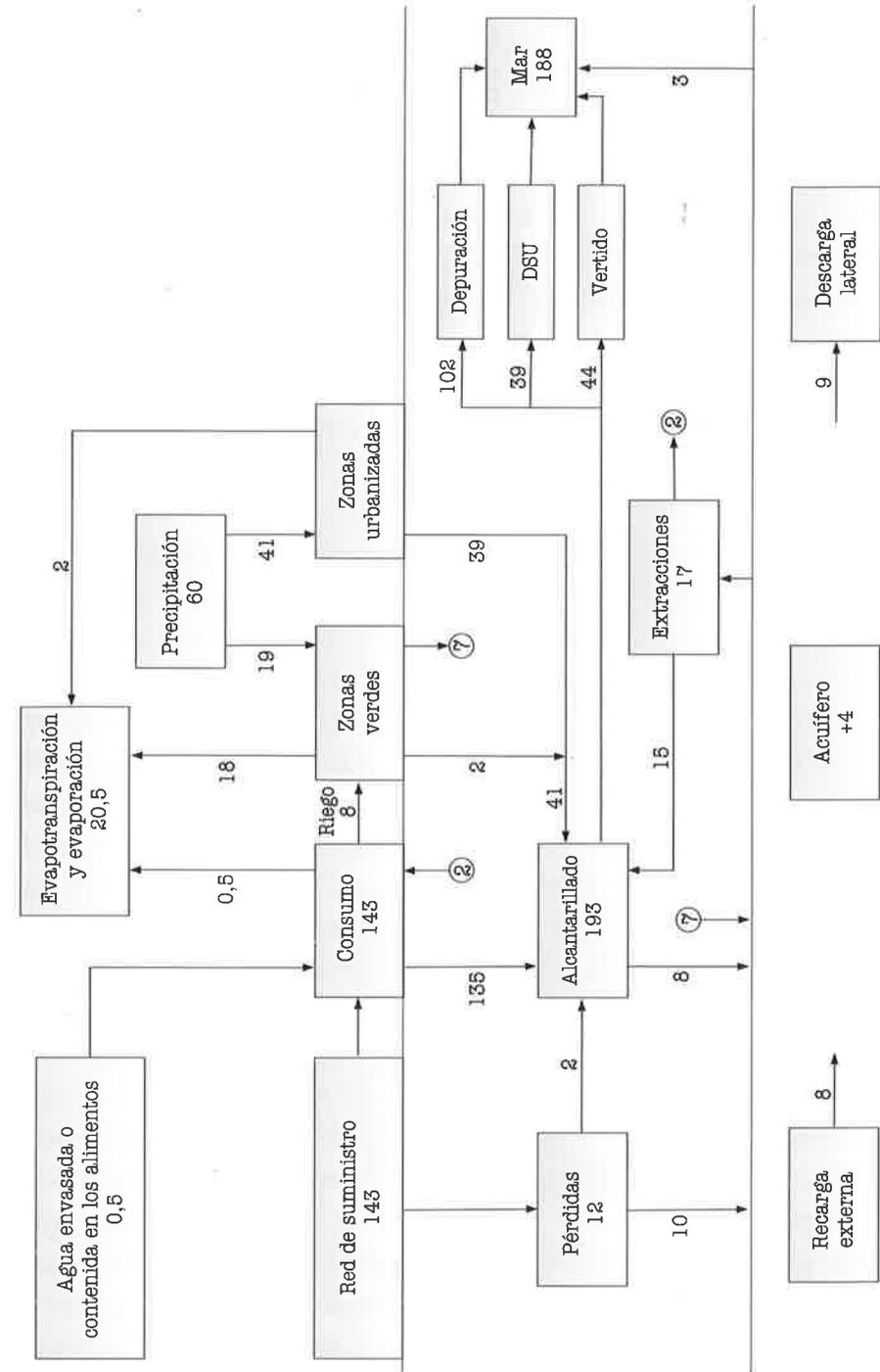


Figura 4.3 El flujo del agua en la ciudad de Barcelona (datos de 1997), según Barracó et al.⁵

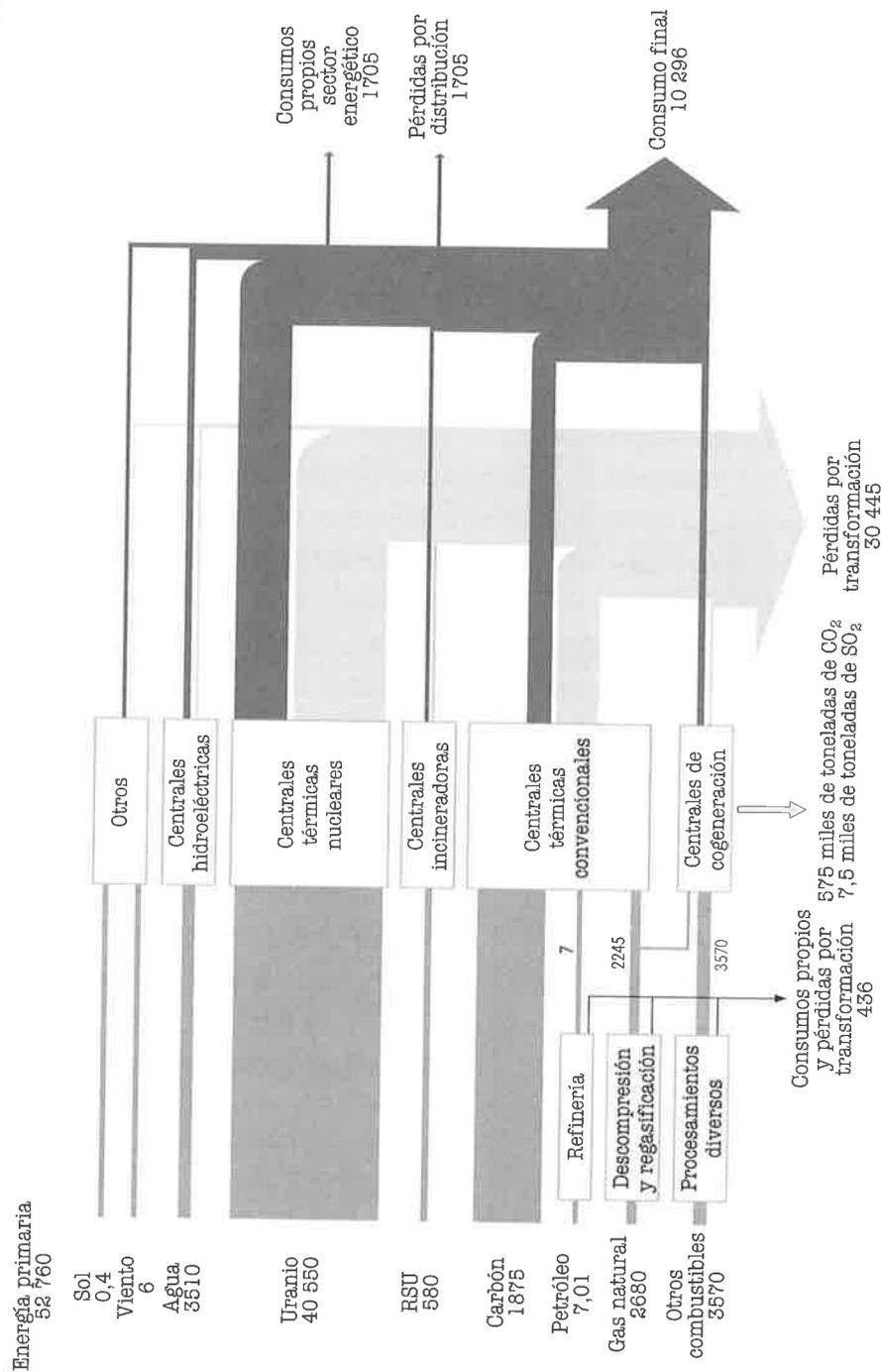


Figura 4.4 El flujo de energía eléctrica en Barcelona (datos de 1997 en 10³ GJ), según Barracó *et al.*⁵ Se observa la importancia relativa de la energía nuclear y los elevados costes de las transformaciones

tendencias a menudo más negativas que positivas. Una vez más, sin embargo, nos enfrentamos a un montón de incertidumbres sobre cuál es el sistema relevante, y sobre cómo llenar los muchos vacíos de información existentes.

Por ahora no disponemos de estudios similares referentes a los flujos de materiales y alimentos, que serían de gran interés. Sin embargo, ya nos podemos plantear algunas cuestiones relacionadas con el tema de la sostenibilidad.

Quizás lo más importante que podemos deducir de todos estos datos es que reflejan, de alguna manera, la dinámica expansiva del ecosistema urbano barcelonés. Tiene menos interés el conocimiento de los cambios que han tenido lugar dentro de los límites del término municipal que darnos cuenta de ello. No se puede entender bien lo que pasa, por ejemplo con el consumo de agua, que ha disminuido, si no se ve que también hay desplazamiento de parte de la población y la industria hacia el resto del área o la región metropolitana. Así, el consumo doméstico de agua ha crecido, a pesar de la disminución global en el municipio, ligada a la disminución de población y al desplazamiento de industrias. El consumo final de energía en el municipio ha aumentado un 22 % en diez años, resultado que debemos interpretar desde el mismo punto de vista, puesto que la tendencia a consumir más energía es importantísima y sobrepasa los efectos reductores esperables de los cambios ya citados y de algunas posibles mejoras en la eficiencia. En el mismo período, el parque de vehículos ha aumentado en unas 90 000 unidades. Esto tiene consecuencias en las emisiones atmosféricas de efecto invernadero (un 25 % más en diez años), pero en cambio han bajado las emisiones de dióxido de azufre y de humos un 76 y 52 %, respectivamente, con la mejora en las gasolinas empleadas y la disminución de consumo de los automóviles nuevos. También ha aumentado la producción de residuos sólidos, que se aproxima a la media tonelada por habitante y año.

Estudios de este tipo producen muchos resultados de interés para cualquiera que desee emplear indicadores de tendencia en alguno de los aspectos que afectan a la calidad ambiental de las ciudades. En el caso expuesto, si no nos dejamos engañar por un exceso de optimismo al ver la reducción de ciertos consumos, resultantes de la reducción de población y la emigración de industrias, veremos que los hábitos de los barceloneses no van en una dirección de más sostenibilidad, porque aumentan los consumos familiares de agua (un poco) y de energía (mucho), la producción de basuras, los automóviles o las emisiones de gases invernadero. Un balance en el ámbito del municipio tendría poco que ver con la realidad de un ecosistema urbano en el que la presión sobre los recursos crece constantemente, incluyendo en estos recursos el territorio como espacio físico. Que este aviso sirva para los que trabajan en proyectos como las Agendas 21. Es

un riesgo importante analizar la información dentro de unos límites preimpuestos, sin suficiente espíritu crítico como para reinterpretar los datos a la luz de los procesos que tienen lugar a escalas más amplias. Esto nos lleva, directamente, a la cuestión de los indicadores de sostenibilidad.

Caminos de futuro para el análisis ecológico de los sistemas urbanos

La ecología urbana no puede resolver bien las dificultades que genera la delimitación artificial de los ecosistemas urbanos sobre la base de criterios administrativos, si no es entrando en el análisis más detallado de los sistemas urbanos. Partiendo de un mapa de usos o de un mapa ecológico, debemos identificar unidades que tengan significado desde el punto de vista funcional, y éstas han de ser estudiadas individualmente. Solamente a partir de la comprensión del funcionamiento de las diferentes unidades y de los flujos que las relacionan podremos entender el funcionamiento del conjunto del sistema, con independencia de las fronteras políticas y administrativas que son, funcionalmente, demasiado arbitrarias. El futuro de la ecología urbana no es continuar haciendo balances a escala municipal o metropolitana, sino entrar en el funcionamiento de las diferentes unidades ecofuncionales para componer modelos que respondan a las necesidades de cada estudio concreto, como hemos visto al hablar de las nuevas técnicas para el estudio de la estructura urbana. El planteamiento es el mismo que se hace con los ecosistemas más «naturales». Los ecólogos urbanos, igual que los otros ecólogos, comenzarán por descomponer los sistemas a estudiar en un mosaico de teselas relativamente homogéneas, analizarán el funcionamiento de muestras representativas de los diferentes tipos de teselas y sus entradas y salidas, y recompondrán después una visión más integrada del tejido urbano a la escala que convenga en cada caso. Esta línea de trabajo se encuentra con evidentes dificultades, ya que muy a menudo no hay datos disponibles sobre consumos, emisiones, etc., pero es la única que puede permitir, en el estadio actual, el progreso de la ecología urbana.

Quizás el punto crucial para avanzar en esta dirección es percibir que la división morfológica en zonas y unidades, que tienen características funcionales diferentes, implica una jerarquía. En efecto, los flujos de energía y materiales entre las diferentes zonas siguen un camino tal que desde las zonas más naturales hacia los centros urbanos se incrementa tanto la demanda como el consumo; además, también se utiliza energía de mayor calidad y materiales más transformados. Esto ha sido cuantificado, para el caso

de la energía, por Huang *et al.*⁷ en el ejemplo concreto del área metropolitana de Taipei, utilizando dos conceptos básicos, derivados de la escuela de Odum, el de *energía* (toda la energía usada en el trabajo de generar un producto) y el de *transformidad* (la energía de un tipo que se requiere para conseguir una unidad de energía de otro tipo). Al conocer las transformidades, se puede expresar cualquier flujo energético en términos de energía solar equivalente y hacer comparaciones. Las energías de mayor calidad (por ejemplo, la eléctrica de origen nuclear, el petróleo) tienen transformidades más elevadas, y ese grado de consumo de energías con transformidades elevadas nos sitúa en algún punto de la jerarquía de uso energético: la transformidad aumenta desde la periferia natural al centro urbano, desde unidades pequeñas y dispersas en el territorio hacia los grandes núcleos. La urbanización es un proceso en el que cambian los tipos de fuentes de energía y aumenta la intensidad de uso. Las áreas naturales se encuentran en el lugar inferior de la jerarquía energética, con el máximo de energía renovable y la mínima producción de energía de residuos y, en general, de producción y uso de energía por unidad de tiempo.

Estas ideas ya habían sido avanzadas mucho antes por autores como Margalef,⁸ cuando señalaban que las relaciones entre ecosistemas vecinos son asimétricas, y que los ecosistemas más complejos y maduros absorben energía y recursos de los más simples. Yo mismo me he referido a ello en diferentes ocasiones.¹⁹ Los ecosistemas de ladera y vertientes altas ceden nutrientes a los de los valles, los torrentes de montaña tienen aguas limpias, son pobres en nutrientes y en sedimentos, pero bajan y enriquecen las zonas del llano aluvial. Los lugares que reciben demasiadas aportaciones sufren un estrés, como pasa en las riberas inundables de los ríos o en los deltas y estuarios. Ocurre lo mismo entre medios naturales y urbanos. La estructuración del territorio por el hombre es perfectamente comparable a un sistema de raíces de un árbol a un micelio de un hongo: una red jerarquizada de carreteras, desde las más estrechas, de montaña, hasta las autopistas, conduce recursos desde los medios naturales y rurales hacia mercados más pequeños y de éstos a mercados mayores, hasta los centros urbanos. Éstos pueden sufrir estrés, debido al exceso de confluencia, de transporte, pero son los principales beneficiarios de la asimetría en los flujos: explotan al resto del territorio. Trabajos como el de Huang *et al.* ayudan a cuantificar estas relaciones y a entenderlas mejor, un paso esencial para comprender los vínculos entre urbanización y medio natural, para planificar con una nueva racionalidad tanto el desarrollo urbano como la conservación del medio natural. La visión estrictamente energética sigue siendo demasiado parcial, pero este tipo de aproximación, basado en las relaciones entre estructura y función en los territorios

metropolitanos, está en el centro de las aportaciones que la ecología puede hacer a la comprensión de los procesos de urbanización y del mensaje que deben «captar» los urbanistas y todos los que toman decisiones que afectan al urbanismo.

Tendencias ambientales de las ciudades e indicadores ecológicos de la sostenibilidad

El lector ya ha comprendido que el problema reside, probablemente, en saber qué datos importan y en la dificultad de disponer de datos correctos y comparables para construir los flujos y calcular indicadores útiles. Los estudios que acabamos de comentar,^{1,6,11} con los que queríamos ver los cambios que se han producido los últimos diez años en la estructura y el metabolismo de Barcelona, han sido una buena ocasión para comprobar las dificultades de estos trabajos. Las bases de datos disponibles son, a menudo, incompletas, o se refieren a superficies o territorios diferentes según el servicio de que se trate.

Por ejemplo, por lo que se refiere a la estructura y metabolismo barcelonés (fig. 4.5), y en función de los datos expuestos, como tendencias ambientalmente inquietantes, y simplificando mucho, podemos mencionar: *a/* el continuado crecimiento del espacio edificado (que es mucho más importante aún en el ámbito metropolitano, y que se mantiene con independencia del parón demográfico); *b/* la continuación de los vertidos de aguas residuales y pluvial-residuales, provocando contaminación de las aguas litorales, que la normativa europea obligaría a depurar en un 100 % el año 2005; *c/* el vertido al mar de 2,5 millones de toneladas de lodos disueltos, cargados de metales pesados y otros elementos tóxicos, generados en la depuradora de Sant Adrià, que, según la normativa europea, debería terminar este año 2001; *d/* el continuado incremento del consumo energético final; el escasísimo aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica; *e/* la dependencia creciente de la energía nuclear, que comporta riesgos importantes y genera residuos con los que aún no se sabe qué hacer; *f/* la disminución en la eficiencia de producción de la energía consumida (se consume cada vez más electricidad, la producción de la cual tiene un rendimiento de solamente el 30 o el 35 % en centrales térmicas y menos aún en las nucleares); *g/* el incremento de la movilidad, y especialmente del uso del transporte privado, con sus consecuencias por lo que refiere a emisiones y su escasa eficiencia energética con relación al transporte público; *h/* el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero en unas 400 000 toneladas entre 1985 y 1995, sobre todo debido al aumento de emisiones por transporte y al metano que desprende el vertedero de Garraf.

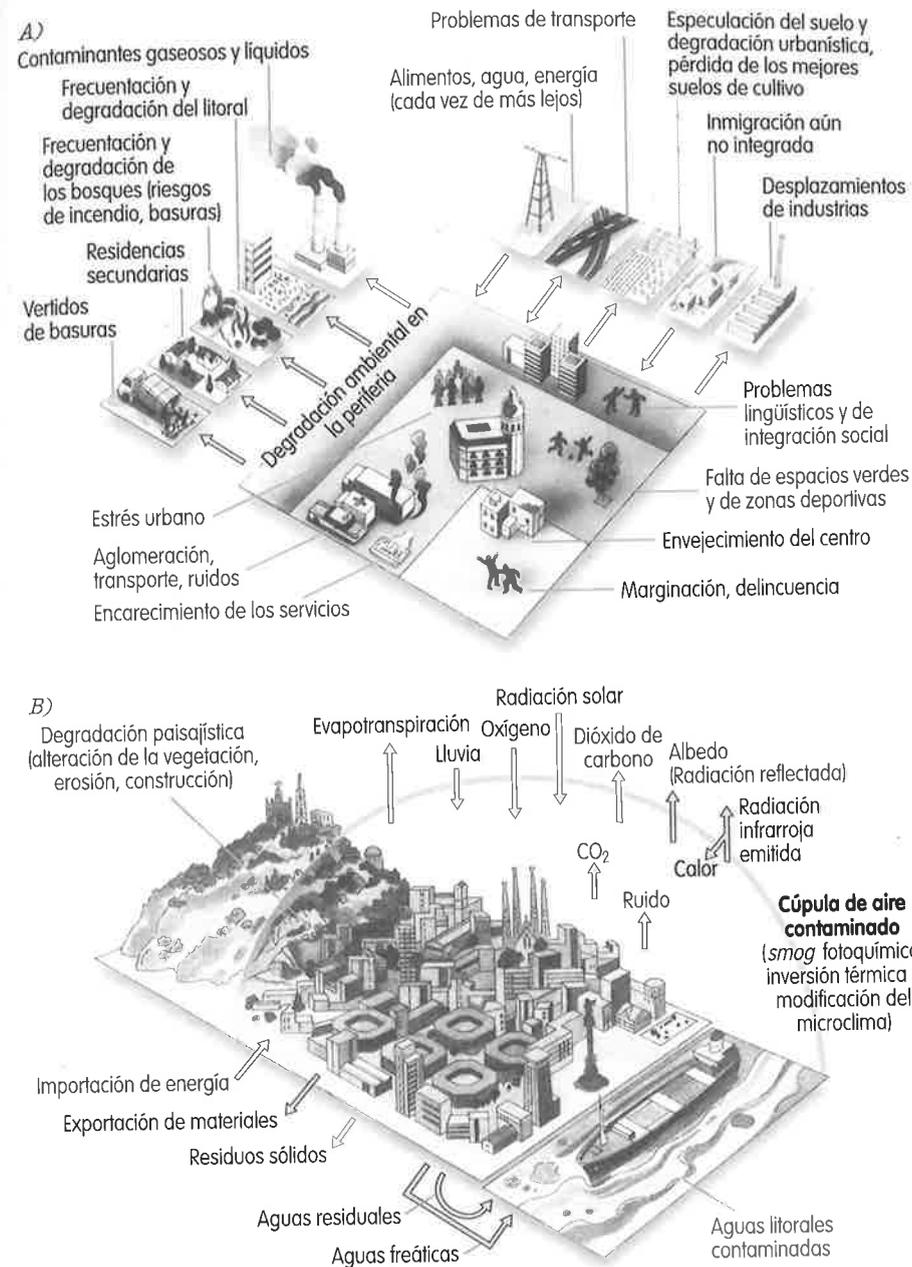


Figura 4.5 El estudio de los flujos materiales y energéticos del ecosistema urbano permite relacionar muchos aspectos vinculados con el medio ambiente, pero que van desde lo biológico a lo social, desde la demografía a la ordenación del territorio o la organización social. *A)* Algunas de las principales entradas y salidas del ecosistema urbano, relacionadas con diversos problemas ambientales. *B)* Problemáticas ambientales del ecosistema urbano: al interior de la ciudad y en las relaciones con los entornos periféricos más o menos alejados. (Según Parés *et al.*)¹

No todas las tendencias son negativas, también las hay positivas. Para empezar, los plazos fijados por la Unión Europea hacen pensar que algunas de las citadas como negativas deberán cambiar pronto. La disminución en el agua importada desde el Ter sería una tendencia positiva, pero quizás es un ejemplo de que la visión limitada al municipio es engañosa: las administraciones quieren traer al área de Barcelona agua del Ebro o del Ródano. En consecuencia, no seguiremos con un análisis completo de las tendencias negativas o positivas, ya que solamente hemos considerado aspectos parciales y así no podemos ir mucho más lejos.

Además del agua, la energía, los alimentos y los materiales, temas ya comentados o al menos mencionados, hay otros aspectos de interés ambiental, como la biodiversidad, que dan lugar a indicadores. Antes nos hemos referido a las otras poblaciones no humanas de la ciudad que, en algunos casos, son percibidas como una molestia que debemos controlar. Sin embargo, el mantenimiento de una elevada riqueza de especies se considera como indicador de una buena calidad de vida, también para el hombre. En algunos casos, porque ciertos organismos son indicadores de calidad ambiental, como los líquenes para la contaminación atmosférica. Es un hecho que la riqueza de especies suele ir ligada a la permanencia y la conectividad de hábitats apropiados, como bosques periurbanos, bosques urbanos, jardines, arbolado en las vías públicas, etc.

Las dificultades de los indicadores

Los ejemplos que hemos dado ponen de manifiesto las dificultades de cualquier intento serio de analizar la sostenibilidad, sobre la base del análisis del metabolismo urbano, a partir de algunos indicadores sencillos. Comentaremos un ejemplo, en apariencia elemental: el consumo total de energía por habitante. ¿Cómo lo calculamos? ¿Se trata de la energía consumida directamente por el habitante de la ciudad en luz, gas, gasolina, etc? Luego, ¿añadimos la energía para hacer funcionar los transportes o la iluminación? ¿Debemos sumarle la energía invertida en mejorar las vías de comunicación, en construir sistemas de suministro de agua, etc? ¿Debemos calcular la energía gastada para traer productos de todo el mundo para satisfacer nuestra demanda, o en todo el mundo para llenar los bolsillos de algunos barceloneses? ¿Debemos añadir la energía consumida en las granjas de cerdos o en las pistas de esquí a nuestro servicio? Hoy sabemos que el impacto ambiental de un producto, consumido en una ciudad determinada, debemos considerarlo a lo largo de su vida -medido mediante el *análisis del ciclo de vida*¹² o ACV- desde que se produce la materia prima hasta que se elimina o se

recicla el residuo. Esto permitiría ver la verdadera huella ecológica, pero es casi imposible de hacer, demasiado complicado. Una vez decidido el indicador, la pregunta que nos queda pendiente es cuál es la energía gastada por un urbanita que sea realmente significativa desde la óptica de la sostenibilidad. Y, secundariamente, ¿a que población la hemos de referir, a la empadronada, a la que solamente trabaja en la ciudad, a la transeúnte que cada día crece? Los resultados serán diferentes en un cada caso, y pueden modificar la tendencia.

Naturalmente, debemos tomar una opción sencilla y relativamente fácil de medir. Es lo que se hace con los indicadores económicos como el producto interior bruto o el índice de desarrollo humano. A estos estamos relativamente acostumbrados y conocemos su alcance y limitaciones, y a pesar de ello es evidente que los usamos y abusamos de ellos. Dar una cifra siempre da un poco de miedo, porque así que tenemos un número, tendemos a sacralizarlo, se olvidan las limitaciones que pueda tener y se cae en un inevitable simplismo, tanto si la variable empleada proviene de la ecología como si lo hace de la sociología o de la economía. Un discurso parecido al que hemos hecho con relación al consumo de energía lo podríamos repetir para cada indicador de sostenibilidad.¹³ Los indicadores *indican*, pero me parece que no sabemos *qué* indican. Entonces, ¿no sirven de nada? Quizás sí. De realizarse correctamente y con metodología constante, sirven cuando comparamos una situación con otra, una evolución temporal o dos ciudades diferentes, pero las interpretaciones siempre son delicadas y se hace indispensable una aproximación multicriterio. Los indicadores lo son de tendencia, pero debemos entenderlos bien y no olvidarnos de las limitaciones.

Si hablamos de sostenibilidad, solamente la muerte es sostenible, la vida funciona a caballo de una cascada de energía que le viene de fuera. Eso sí, las cosas pueden durar más o menos. En realidad, avanzar hacia la sostenibilidad quiere decir disminuir el grado de conversión de recursos aprovechables en materia y energía demasiado degradadas para poder usarlas, alargar el tiempo en que las generaciones de humanos podrán seguir funcionando sobre el planeta. Pero *ninguna ciudad es sostenible*. Si la manera de hacer de cualquier ciudad se hace extensiva a toda la población humana y a toda la superficie del planeta, la que tenga los mejores indicadores, veremos, seguro, que la próxima generación no tendrá de qué vivir, ni qué respirar. Por tanto, los indicadores se pueden emplear para compararlos con los que están peor y celebrarlo, o para decir que estamos mejorando, o para todo lo contrario. A pesar de que se intenta avanzar para mejorarlos hoy tienen más interés político que científico. Quizás una cuestión básica es recordar que si el objeto real de las disciplinas urbanísticas no es la ciu-

dad «oficial», con sus límites administrativos, sino el ecosistema urbano, conviene que los indicadores se refieran de forma muy precisa, en cada caso, al ecosistema que analizamos, y tiene poco sentido emplearlos como se pretende, es decir, como herramientas de seguimiento en procesos tipos Agenda 21 específicos de unas administraciones locales.

En el plano teórico, los esfuerzos que se han dado a conocer entre nosotros para analizar la *sostenibilidad* son interesantes, pero es dudoso que podamos extraer conclusiones prácticas. Algunas propuestas se han basado en ideas de Ramon Margalef, quien ya hace tiempo que explica la importancia de considerar las energías exosomáticas y los artefactos, además de las energías endosomáticas y la biomasa y, con una intención puramente didáctica, lo ha escrito alguna vez en una fórmula, un *cociente del flujo de la energía somática y extrasomática por unidad de biomasa más artefactos*. Está claro que entre un hombre del tercer mundo y otro de un país rico existe alguna diferencia en el consumo de energía alimentaria (cualitativamente importante, porque va desde el hambre a la saciedad), pero mucha más diferencia cuantitativa en el consumo de energía auxiliar o exosomática. Por desgracia, las expresiones de este tipo incluyen siempre términos que, en la práctica, no se pueden calcular. Alguna expresión derivada de la de Margalef, como es el caso de la de S. Rueda:¹⁴

(energía endosomática + energía exosomática / biomasa + diversidad + estructura urbana + artefactos culturales)

tiene también una intención más reflexiva que de medida, ya que, como el propio autor muy bien indica, la fórmula no contiene sumas verdaderas, sino adjunciones de términos a tener en cuenta: estos términos no son estrictamente sumables, son magnitudes que se miden con unidades diferentes. Por ejemplo, no podemos sumar toneladas y bits. Otras fórmulas incluyen términos tan genéricos que nadie sabría definirlos lo suficiente como para proponer una medida práctica, como la *ecuación de la sostenibilidad global*, de Jiménez Herrero o las de Rueda y Bertrán que son similares.¹⁵ Con esto no decimos que los intentos de este tipo sean inútiles, puesto que ayudan a pensar sobre los componentes básicos de los sistemas que queremos entender.

La idea de incluir la diversidad -que Rueda utiliza y que se había propuesto con la intención de expresar la complejidad del sistema, suponiendo que se relaciona con el grado de organización- es atractiva. Pero en ecología hace muchos años que se conocen las dificultades para establecer esta relación de forma clara. Los ecosistemas tienen mucha más diversidad de la necesaria para un determinado régimen de metabolismo

energético-material, y esta diversidad solamente se comprende mirando el sistema con una perspectiva temporal muy amplia, de miles de años. Además, las medidas de diversidad no tienen en cuenta el diferente papel de cada especie en el funcionamiento del ecosistema, y en ellas tiene el mismo valor un mosquito que un elefante. Los intentos de introducir la persistencia o la noción de *espectro de diversidad*, que Margalef ya había propuesto hace 25 años para aproximarse a una medida del grado de organización, no han encontrado seguidores entre los ecólogos y es difícil por ahora que puedan servir para analizar sistemas antrópicos.

En resumen, aunque la investigación de indicadores tenga mucho éxito entre políticos y técnicos, desde el punto de vista científico parece más esencial mejorar los datos que se tienen, entender el funcionamiento de unidades «elementales, relativamente homogéneas», ensanchar las escalas de observación progresivamente, entender mejor los nexos entre zonas concéntricas (municipio, región metropolitana, etc.), y saber cómo querríamos que evolucionase el sistema urbano, que inventar indicadores. Analicemos, sin embargo, algunos indicadores concretos que últimamente están recibiendo mucha publicidad.

• **La huella ecológica.** Rees y Wackernagel¹⁶ propusieron el indicador o conjunto de indicadores conocido como *huella ecológica*. Se trata de evaluar la superficie de tierra o de agua que hace falta para producir la cantidad de recursos o servicios empleados por una población determinada y para alojar sus residuos. Es un indicador complejo y a la hora de calcularlo debemos seguir una metodología precisa que supone grandes simplificaciones en temas como la superficie necesaria para una determinada producción agrícola (se emplean medias pero el valor real es variable según el clima o las técnicas empleadas). Debido a las dificultades que plantea el disponer de los datos necesarios, la mayor parte de los cálculos que se han hecho se refieren a países (fig. 4.6), pero hay algún ejemplo de aplicación a ciudades (tabla 4.2).

Wackernagel ha hecho el siguiente razonamiento. En Estados Unidos, la huella se calcula en 9,6 ha por persona de espacio bioproductivo con una productividad igual a la media mundial, pero en 1999 la disponibilidad de tierras productivas en el mundo era de 2,1 ha por habitante. Si consideramos que este espacio productivo no lo usa solamente el hombre, y aceptando el informe Brundland de 1987, que pedía reservar un 12 % (solamente) para las otras especies, lo que queda realmente son 1,8 ha por persona. Los americanos consumirían, por tanto, cinco veces lo que les corresponde (a expensas de otros) y los europeos más del doble. Incluso el conjunto de la humanidad tendría ya una huella de 2,2 ha por persona, superior a la disponibilidad.¹⁷

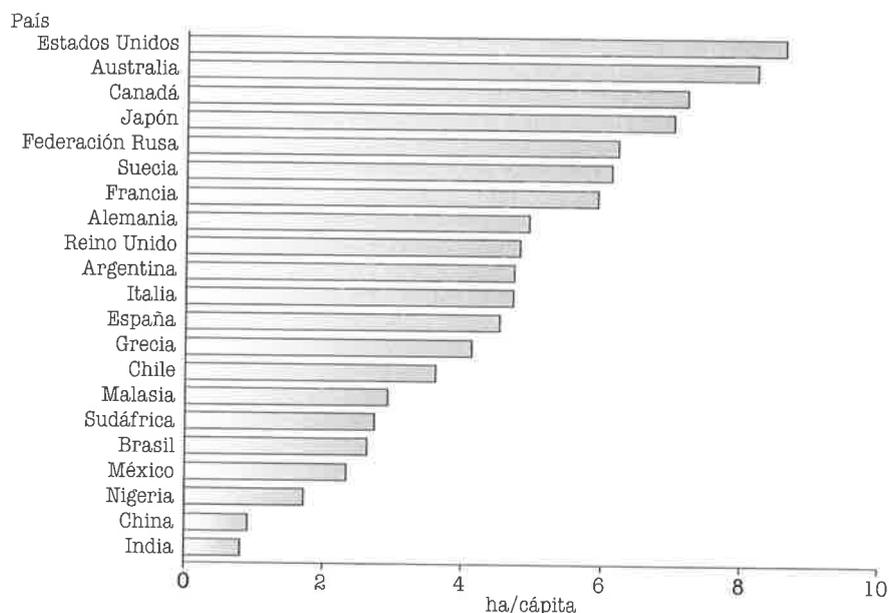


Figura 4.6 Huellas ecológicas calculadas para diversos países, expresadas en ha per cápita.

Tabla 4.2 Cálculo de la huella ecológica catalana*

Cultivos	0,49 ha/cápita
Bosque	0,08 ha/cápita
Pastos	0,99 ha/cápita
Mar	0,65 ha/cápita
Terreno construido	0,03 ha/cápita
Área de absorción de CO ₂	1,02 ha/cápita
Total	3,26 ha/cápita

* Las cifras se expresan en ha per cápita y corresponden al año 1996, a partir de Prat i Relea.¹¹ Los valores indican la superficie de cada uso del suelo que se necesita para satisfacer los consumos y recibir los residuos de la actividad de un habitante de Cataluña.

De acuerdo con lo que hemos explicado, la huella ecológica se puede determinar para el agua, los cereales, el petróleo o cualquier otro recurso que la ciudad emplee. Así pues, la huella ecológica se puede aplicar a procesos concretos. Veamos un par de ejemplos. A. Prat ha calculado las superficies de las cuencas de drenaje que producen los caudales de agua que Barcelona utiliza, por encima de los pantanos de La Baells (Llobregat), Olius (Cardener) y Sau (Ter). Estas superficies varían entre 3,5 veces la extensión del municipio de Barcelona los años húmedos y 8 veces los años secos, y están situadas a una distancia superior a los 100 km. H. Barracó ha calculado que la absorción del dióxido de carbono que actualmente emite Barcelona necesitaría una super-

ficie forestal homogénea equivalente a 75 veces la extensión del término municipal.⁵

Los indicadores del tipo huella ecológica no dependen solamente del consumo en la ciudad. Como es natural, un incremento en la productividad del recurso en el lugar de origen hace disminuir el índice: hace falta menos territorio para producir una cantidad igual. Así pues, los progresos tecnológicos, tanto en la producción como en la eficiencia de transporte y uso, inciden en ello. Un aspecto que queda excluido de este indicador es la pauta heterogénea en la distribución del recurso. Los puntos donde el recurso está más concentrado presentan, por así decirlo, una calidad más alta. Este hecho es significativo y no lo podemos olvidar. A menudo los impactos se concentran más en unos puntos que en otros, y pueden afectar zonas de más calidad. El tema de la biodiversidad nos da muchos ejemplos en este sentido. La ciudad no hace uso solamente de la propia biodiversidad, sino también de la que se da en territorios a veces muy alejados, en parte por la apropiación de producción primaria, de la que hablaremos seguidamente (cuanto más grande es la apropiación, más disminuye la biodiversidad), y en parte por actividades lúdicas (frecuentación de los bosques, recolectores de setas, etc.). Las zonas de más «calidad» (belleza del paisaje, buen estado de conservación, más biodiversidad) se convierten en objetivos más interesantes, y aumenta el riesgo de impactos graves, en función, claro está, de la accesibilidad, fragilidad del medio, etc. Ciertas zonas pagan un tributo en pérdida de biodiversidad a cambio del disfrute de los urbanitas. Esta es una forma de huella ecológica que también convendría cuantificar, pero no tenemos muy claro cómo hacerlo. Quizás el caso aparentemente más sencillo son las residencias secundarias, que al fin y al cabo pueden expresarse también en términos de territorio ocupado. Una idea de la proporción de territorio ocupado por residencias secundarias y su distribución en grandes zonas podría dar alguna indicación útil. Pero está claro que estas formas de urbanización generan nuevos flujos de entradas y salidas, diseminados ahora sobre un espacio geográfico mucho más grande, que sirven a los mismos individuos cuya existencia va ligada a la forma de vida urbana que tenemos. Todo esto llevaría los cálculos a complicaciones excesivas.

Los desplazamientos a larga distancia propiciados por el turismo, y la intrusión en ambientes de alta calidad por motivaciones turísticas o para practicar deportes, son formas de importancia creciente del aumento del impacto de los ecosistemas urbanos sobre el resto. Los resultados son también de disminución de la biodiversidad y aumento de la contaminación. El «consumo» de naturaleza ve aumentar las «cuencas» de suministro a la ciudad hasta lugares tan remotos como la Antártida. Es un poco triste que los que aman la naturaleza a veces se convierten en entusiastas propagandistas del consumo de

naturaleza o, incluso, acaban montando escuelas de barranquismo y escalada u organizando *trekkings*. Si tratamos el tema desde otro punto de vista, el gusto por convivir con animales se convierte en un peligro para la fauna (importación ilegal de especies protegidas, a veces especies invasoras problemáticas que son liberadas, como la tortuga de Florida en España), y muchas prácticas relacionadas con el suministro de plantas de jardín u ornamentación floral han sido y siguen siendo causantes de impactos serios en la vegetación natural.

• **La apropiación humana de la producción primaria.** Otro indicador que ha despertado bastante interés es el HANPP, o *porcentaje del producto de la fotosíntesis total* del que se apropia el hombre (mediante la agricultura, la ganadería y otras actividades), para usarlo directa o indirectamente. Este no es un indicador urbano, pero se podría emplear de manera parecida para calcular la apropiación por las ciudades. A escala mundial, Vitousek¹⁸ y recientemente Garí¹⁹ han estimado este porcentaje para las superficies continentales, con resultados próximos al 40 %. El cálculo se puede hacer por países, y en algunos casos gira alrededor del 90 % (hay ejemplos tanto para países muy avanzados, como los Países Bajos, como para países subdesarrollados, como Bangla Desh). No sería interesante aplicar este indicador a ciudades muy compactas, ya que la fotosíntesis del término municipal casi no tiene implicaciones para el hombre: hay muy poca superficie de cultivo y una ganadería muy modesta. Pero sí se podría calcular a cuántas hectáreas de cultivo y pastizales equivale el consumo alimentario. Sería más interesante considerar para Barcelona, como hemos hecho en el caso del agua, la distribución geográfica de estas «cuencas» alimentarias separando, al menos, las vecinas (Cataluña o resto del Estado) de las europeas, tropicales y otras. En el caso de los materiales nos encontraríamos con una situación parecida. Hacer estos cálculos es complicado, o mejor dicho, es difícil encontrar los datos necesarios para hacerlos, pero seguramente no es imposible dar alguna estimación grosera. La globalización económica tiende a hacer crecer estas cuencas de suministro, lo que equivale a decir que tiende a aumentar los transportes horizontales, con sus costes e impactos asociados.

Hacia nuevos sistemas de indicadores ambientales locales comparables en el ámbito europeo

«Towards a local sustainability profile: European common indicators» es una iniciativa de vigilancia ambiental orientada a la sostenibilidad en el ámbito local, que propone un

esfuerzo conjunto de comparación de datos y su comprensión sobre la base de diez indicadores complejos. Se inició en la European Conference on Sustainable Cities, que tuvo lugar del 9 al 12 de febrero del 2000 en la ciudad alemana de Hannover. Más de 90 autoridades locales y regionales trabajan actualmente y procuran perfeccionar el sistema. La metodología para el cálculo de los indicadores puede ser consultada en Internet.²⁰ Estos indicadores son los siguientes:

1. Satisfacción del ciudadano con diversos factores de su municipio.
2. Contribución local al cambio global (sobre todo, emisiones de CO₂, finalmente cálculo de la huella ecológica).
3. Movilidad local y transporte de pasajeros (distancias y formas de transporte).
4. Accesibilidad a las áreas verdes y a los servicios locales.
5. Calidad del aire (número de días con buena o mala calidad del aire, desde el punto de vista sanitario).
6. Transporte escolar de los niños.
7. Gestión sostenible (grado de adopción pública y privada de los procedimientos de gestión ambiental).
8. Contaminación sónica (implicación de los ciudadanos en reducirla).
9. Uso del suelo sostenible (en el desarrollo, recuperación y protección).
10. Proporción de productos con ecoetiquetaje o de comercio justo en el conjunto del comercio ciudadano.

Los cinco primeros indicadores pueden considerarse los básicos. Posiblemente el lector encontrará algunos de estos indicadores poco ecológicos, pero ciertamente reflejan procesos que son esenciales en el funcionamiento de los sistemas urbanos: así pues, difícilmente se pueden proponer cambios sin tener en cuenta la percepción de los ciudadanos.

No es menos cierto que estos indicadores, en la línea de la huella ecológica, debido a su complejidad, a menudo son difíciles de medir y probablemente de interpretación cuestionable. Sin embargo, es importante que exista un cierto compromiso internacional y un intercambio de experiencias entre ciudadanos respecto a estas cuestiones, para tratar de avanzar hacia un consumo menor de materiales y energía, y a un mayor uso de la creatividad, desde la ciencia dura al diseño, pasando por las humanidades y el arte (creatividad que ha de orientarse a encontrar soluciones ambientalmente mejores que las actuales), y hacia un entorno más agradable y con más calidad de vida.

Notas

- ¹ M. Parés, G. Pou, J. Terradas: *Ecología d'una ciutat: Barcelona. Descobrir el medi urbà 2*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 1985. H. Barracó, M. Parés, A. Prat, J. Terradas: *Barcelona 1985-1999. Ecología d'una ciutat*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 1999. J. Terradas (ed.): *Barcelona funciona. Ecología d'una ciutat*, Barcelona, Instituto de Ecología Urbana, Ayuntamiento de Barcelona, 1987.
- ² Véase, para el caso de Barcelona, el libro de M. Boada y L. Capdevila: *Barcelona: biodiversitat urbana*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 2000.
- ³ En un ejemplo citado por Duvigneaud.
- ⁴ C. Miralles: *Transport i ciutat: reflexió sobre la Barcelona contemporània*, Bellaterra, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1997.
- ⁵ Posteriormente, estos estudios dieron lugar al libro de H. Barracó, M. Parés, A. Prat y J. Terradas: *Barcelona 1985-1999. Ecología d'una ciutat*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 1999.
- ⁶ J. Burriel, X. Pons, J. Terradas: *Mapa Ecològic de Barcelona*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 2000.
- ⁷ S.L. Huang, H.Y. Lai, C.L. Lee: «Energy hierarchy and urban landscape system», *Landscape and Urban Planning* 2001; 53: 145-161.
- ⁸ R. Margalef: *Ecología*, Barcelona, Ed. Omega, 1974.
- ⁹ J. Terradas: *Ecología, avui* (2ª ed.), Barcelona, Ed. Teide, 1982.
- ¹⁰ A. Prat y F. Relea: *La petjada ecològica de Barcelona, una aproximació*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 1998 (con traducciones de los textos al castellano y al inglés).
- ¹¹ J. Terradas (coord.): *Barcelona funciona, Ecología d'una ciutat*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 1987.
- ¹² P. Fullana: *Anàlisis del ciclo de vida*, Barcelona, Rubes Editorial, 1997.
- ¹³ Se han propuesto centenares o miles, véase el *Sistema Municipal d'Indicadors de Sostenibilitat*, de la Diputación de Barcelona, para hallar ejemplos próximos.
- ¹⁴ S. Rueda: *Ecología urbana*, Barcelona, Beta Editorial, 1995.
- ¹⁵ L.M. Jiménez Herrero: *Desarrollo sostenible y economía ecológica. Integración, medio ambiente - Desarrollo y economía - Ecología*, Madrid, Ed. Síntesis, 1996.
- ¹⁶ Vegeu W. Rees i M. Wackernagel: *Our Ecological footprint*, The New Catalyst, Bioregional series, Canadà, 1996; M. Wackernagel: *Ecological footprints of nations*, Jalapa, Mèxic, 1997; M. Wackernagel et al.: 1998 «The ecological footprint of Santiago de Chile», *Rev Local Environm* 1998; 3: 7-27.
- ¹⁷ Los lectores pueden encontrar más información en Internet; por ejemplo en <http://www.rprogress.org>.
- ¹⁸ P.M. Vitousek, P.R. Ehrlich, P.A. Matson: «Human appropriation of the products of photosynthesis», *BioScience* 1988; 36: 368-373.
- ¹⁹ J.A. Garí: The human appropriation of net primary production (HANPP). Tesis de Máster en Ecología de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, UAB, 1998.
- ²⁰ Para más información sobre «Towards a local sustainability profile: European common indicators», en la siguiente dirección: <http://www.sustainable-cities.org/indicators>.

5

Conclusiones

Aunque el proceso de urbanización parece descontrolado, está claro que mucha gente piensa y trabaja en cómo le gustaría que fuese el futuro de las ciudades. Hay opciones que pueden tener realmente un peso decisivo en este futuro, a pesar de que la complejidad del ecosistema urbano haga muy difícil prever los efectos. En el caso de Barcelona coexisten en este momento diversos proyectos que, como opciones ambientales, son contrapuestos, por no decir antagónicos. La operación «Plataforma del Delta del Llobregat» es una apuesta para un gran incremento del tráfico de mercancías, del transporte pesado. Al propio tiempo, la ciudad está lanzada hacia el desarrollo turístico. Las administraciones parecen defender ambas líneas estratégicas con el mismo entusiasmo. ¿Sabemos lo que queremos realmente? Aquí nos podríamos arriesgar a hacer algunas propuestas.

Tal y como lo definimos en un taller de prospectiva realizado en 1998 en el Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona, para algunos lo estimulante sería una ciudad que, a 10 o 20 años vista, apostase por un desarrollo dirigido hacia el fomento de la creatividad, las nuevas tecnologías de la comunicación, la disminución de la contaminación, y el aumento del verde en el tejido urbano. Según esta visión, la ciudad que debemos hacer en el futuro ha de sustentarse en cuatro columnas, que podemos simbolizar con cuatro materiales diferentes. El primero de estos materiales es, obviamente, el *cemento* (como representante de los materiales de construcción en general, piedra, acero, hierro, cristal, asfalto, etc., que hacen o rehacen el espacio construido). El segundo es el *silicio* (como representante de las tecnologías de la información y la comunicación, ordenadores, fibra óptica, cable, ondas electromagnéticas, etc.). El tercero es la *materia gris* (es decir, la inteligencia, el pensamiento, el conocimiento, la ciencia, la cultura en general). El cuar-

to es la *clorofila*, es decir, el entorno natural, o trabajado por el hombre sobre elementos naturales. Dicho de otro modo, nos hace falta una ciudad capaz de acoger personas y actividades, que impulse decididamente el intercambio y la comunicación, que apueste por el conocimiento y que se integre en el medio de forma no traumática. Materia gris, silicio y clorofila se añaden como elementos decisivos para una utopía necesaria, la de una ciudad con barrios autosuficientes en la mayoría de servicios, con actividad comercial difusa y con una decidida elección por el software y no por el hardware por lo que se refiere al desarrollo económico.

En el camino hacia la sostenibilidad, las ciudades tienen un reto difícil. *Actuar localmente, pensar globalmente* es un conocido eslogan ecologista que se desea presida la redacción de Agendas 21 locales y otras iniciativas, pero el riesgo que corremos es hacer exactamente lo contrario: *las ciudades tienden a pensar localmente y actuar globalmente*. Como hemos explicado reiteradamente, por un lado, el crecimiento urbano resulta más de acciones locales que de planteamientos globales; por otro, las instituciones municipales están pensadas para el gobierno de las ciudades, y tienen dificultades objetivas para ir más allá de los límites territoriales que les corresponden, mientras la ciudad se esparce y el ámbito de influencia es todavía mucho más amplio, y tiende a crecer. Efectivamente, hay muchas cosas que se pueden hacer desde los gobiernos municipales. Sin embargo, unas decisiones deben tomarse en ámbitos más amplios, velando por las consecuencias de las acciones de las ciudades sobre el conjunto del territorio, y otras resultarán de cambios en las acciones locales de personas e instituciones. La cultura urbana debe incorporar la conciencia del impacto de la ciudad sobre el mundo. En términos generales, debemos buscar a la vez un nuevo *conocimiento ecológico-económico* que permita integrar los aspectos ambientales en una economía más atenta a medio y largo plazo, y un refuerzo en la ética de los aspectos ambientales para alcanzar un *contrato social en beneficio de la sostenibilidad*. Tanto en la estructuración del territorio, en el uso y el intercambio de materiales y de energía y en el consumo de los recursos, las ciudades, por sí solas siempre insostenibles, tienen la obligación de reducir la carga que representan hasta alcanzar un equilibrio con el resto del territorio que sí resulte sostenible. Es así como las ciudades podrán seguir haciendo con confianza su papel creativo y de estímulo en el conjunto del sistema social.

Dejando de lado el debate básicamente anacrónico entre ciudad compacta y difusa, y aceptando el término propuesto por Nel-lo de *ciudad intensa* para definir un nuevo objetivo a las aglomeraciones urbanas creativas, la cuestión radica en cómo se han de relacionar ciudad y naturaleza. La solución no tiene porqué ser la misma en todas par-

tes, hace falta meditarla para cada situación. Pero debemos entender que los materiales básicos de soporte de la vida, agua y nutrientes, se intercambian en el territorio y en el paisaje, y se reciclan. Por tanto, el *paisaje ecológicamente funcional* ha de pasar a ser considerado como parte integrante esencial del territorio y no como un elemento meramente recreativo o decorativo.¹ Es un componente que regula la circulación del agua, la depura, retiene contaminantes atmosféricos, refrigera el aire, crea microclimas, absorbe dióxido de carbono, produce oxígeno y conserva biodiversidad, entre otras cosas. La ciudad futura debe armonizarse con la preservación de estas funciones, dentro de una red de uso del territorio bien estructurada. Para evitar los inconvenientes de consumo energético debidos al transporte, el ecosistema urbano policéntrico ha de estar compuesto, en la mayoría de actividades, por aglomeraciones autónomas, aproximando comercio, residencia, escuela, trabajo y esparcimiento, y propiciando formas de desplazamiento menos contaminantes que los automóviles. Es por ello que las carreteras también deben servir para circular a pie o en bicicleta. El diseño óptimo de las nuevas aglomeraciones habría de tender al ahorro de espacio. No obstante, deberíamos de tener verde urbano. A veces para crearlo, en lugar de mirar los espacios «entre» edificios, debemos mirar los espacios «dentro» de los edificios, lo que ya era una idea de Cerdá, o «encima» de ellos. Muros, terrados y tejados pueden ser útiles para captar energía solar, ya sea para ahorrar otras formas de energía o para crear espacios verdes productivos o lúdicos, y no, como siempre, meras superficies desérticas. Invertir toda la oferta «verde» para la diversión y el paisaje en los parques exteriores metropolitanos, o más lejos, es una forma de segregación de usos que no concuerda con los principios básicos de reducción del gasto energético y de las emisiones contaminantes, y hemos visto también que entra en conflicto con la conservación. Por eso, como alternativa parcial, debemos crear una oferta interior, aunque ya sabemos que será solamente parcial. También debemos mejorar los espacios intersticiales existentes, aunque crearlos no sea deseable, y mantener la calidad de los ambientes donde aún predomina el paisaje cultivado, dentro del ámbito de la región urbana. Eso reduciría un poco la presión sobre los espacios naturales importantes y, por tanto, sobre la biodiversidad, independientemente de reducir el total de desplazamientos. La región urbana debe tener una oferta verde propia, interna, que satisfaga buena parte de la demanda de esparcimiento asociada a los espacios verdes, y no dejar que toda esta demanda recaiga sobre los espacios naturales más valiosos. Haría falta, pues, una estrategia no exclusivamente turística para la promoción económica de las poblaciones de estas valiosas áreas. La conservación y gestión de los espacios protegidos exige más inversión pública y privada. La que se destina en nuestro país está lejos de

los estándares de los países vecinos. En la medida en que la sociedad en que vivimos y la extensión de la red urbana sobre el territorio, asignan nuevas funciones a los espacios más «naturales», como son ciertas formas de esparcimiento, conservación de la diversidad biológica y ecológica, acumulación de dióxido de carbono, etc., añadidas a las más tradicionales de producción de madera, frutos secos, caza y pesca, protección hidrológica, etc., es evidente que no podemos esperar que estos servicios se obtengan gratuitamente, como si fuesen un excedente que no produce gratificación alguna a los propietarios. Los espacios naturales y parques metropolitanos prestan muchos servicios, pero los propietarios de la tierra no obtienen beneficio. Por tanto, y siempre siguiendo la lógica del mercado, no invierten, al menos no con la finalidad de garantizar estos servicios que perciben como impuestos debidos a actitudes sociales con relación a la naturaleza.

Hay muchas maneras de pagar. Debe combinarse una política fiscal, financiera, que promueva los etiquetajes ecológicos, etc. Siguiendo la lógica del mercado, quizás no sería tan extraño que las asociaciones de propietarios o las direcciones de los parques (Administración incluida), actuando como una especie de cooperativas agroforestales de los mismos, hiciesen pagar unas cuotas de acceso, con la obligatoriedad debidamente controlada de invertir las recaudaciones en garantizar los nuevos servicios deseados por la sociedad, redistribuyendo el dinero recaudado entre las fincas. Sin embargo, cualquiera que sea la solución adoptada, comporta una dificultad añadida que debemos tener muy presente: la contradicción inherente a mantener una elevada calidad (alta biodiversidad) y ofrecer espacio recreativo a una población humana importante. Los grandes espacios naturales deben garantizar una oferta de esparcimiento, pero matizada: solamente son admisibles ciertos tipos de esparcimiento (actualmente, en Cataluña, se prohíbe la circulación por fuera de las pistas con vehículos de motor, pero no se controla lo suficiente ni, sobre todo, se controla el ruido de los motores, que no respeta las pistas en ningún caso); y sólo ciertas cantidades de visitantes pueden ser toleradas si se quieren evitar efectos graves en ciertas áreas. Esta segunda limitación haría peligroso el que los parques, en el caso de ser financiados con la venta de entradas, compitiesen para atraer visitantes.

Hacer pagar la entrada o pagar directamente con los impuestos no son las únicas posibilidades. Otra posibilidad dentro de la lógica de mercado ya practicada en algunos lugares, es que las compañías suministradoras de agua a las ciudades se ocupen de mantener en buen estado los bosques de las cuencas que aprovechan, con el fin de reducir los costes de los tratamientos. Hay iniciativas ingeniosas, como en el caso de Nueva York, para el financiamiento de este tipo de actuaciones. Pero, además de las com-

pañías de suministro de agua canalizada, las empresas envasadoras (por ejemplo, las del Montseny), que parece que tienen licencia de curso, ¿no deberían contribuir al menos a mantener una buena gestión forestal en el macizo? ¿Y las empresas eléctricas? Iniciativas de este tipo tienen un gran interés cultural: dejar bien claro que existe una conexión inevitable entre urbe, campo y naturaleza, de la que hemos de ser conscientes en todo momento.

Así pues, vemos que desde el espacio construido y el verde urbano, a los espacios rurales periurbanos y a los parques metropolitanos, y más lejos, en todo el territorio, hace falta una nueva estrategia y una nueva manera de actuar. Los requerimientos ambientales han de ser tenidos siempre en cuenta, y en cada actuación. El más básico de estos requerimientos ambientales es *preservar los sistemas de vida en conjunto*. Eso quiere decir medidas muy diversas, en función del grado de intensidad de la intervención humana en cada punto del territorio. Incluso, cuando la intervención es construir sobre toda la superficie considerada, también debemos tener en cuenta estos requerimientos (esencialmente, debemos ver cómo se puede minimizar el impacto sobre el entorno). Conceptualmente, aumentar el nivel de autoexigencia en los aspectos ambientales no supone una gran complicación. Tampoco tiene por qué suponer un coste añadido muy sensible. Y de haber algún coste, quizás se puede asumir, como se asumen tantos otros para mejorar la calidad final. En muchos casos, se está viendo que los primeros empresarios que asumen la integración de los costes ambientales obtienen ventajas competitivas. En el terreno que aquí nos ocupa, empresarios relacionados con el turismo o el ocio se pueden beneficiar de un tratamiento correcto del entorno. Para el conjunto de la sociedad, todo esto es, sobre todo, cuestión de acostumbrarse: a este respecto nuestra cultura ha de evolucionar hacia el día a día. No hay soluciones simples. Siempre cuesta hacer cambios culturales profundos, pero los poderes públicos han de tener una orientación clara y practicar el día a día teniéndola presente.

Hemos intentado defender *una visión integrada del tratamiento del territorio*: la relación entre las zonas más naturales, los parques metropolitanos y la ciudad, está marcada por cómo es la ciudad (por ejemplo la oferta de espacios verdes interiores), por cómo son los espacios agrícolas periurbanos o intersticiales, por un complejo tejido de relaciones económicas y por un sistema de organización social (por ejemplo, cómo y quién gestiona los parques y con qué dinero), etc. Hace falta esta visión integrada, pero la planificación es solamente una fase del proceso, el de decidir qué función otorgamos a cada tesela del mosaico territorial. La planificación no resuelve las relaciones socioeconómicas ni las medidas ambientales que han de un sistema coherente, que compatibilice

usos y conservación. Antes y después de la planificación, necesitamos una estrategia mucho más rica y multidireccional. Una estrategia que no sea ni de fosilización, ni de parque de atracciones o de parque temático, ni de maquillaje esteticista, ni de pura contención del crecimiento urbano. Que se base en unos objetivos claros para la ciudad que queremos, para la región urbana que queremos, para los paisajes que queremos, para la protección de los sistemas de soporte de la vida que necesitamos. Una estrategia compartida por las diferentes administraciones. Una estrategia, visionaria si se quiere, como lo han sido todas las que han caminado realmente hacia el futuro, basada en un nuevo contrato social para el uso inteligente y, por tanto, sostenible, del territorio.

Todo el mundo emplea el término *sostenibilidad*, pero casi nadie habla realmente de sostenibilidad en el sentido que se le da desde el ambientalismo. Lo que determina la sostenibilidad o la insostenibilidad de una ciudad no es, directamente, su carácter difuso o compacto, u otras consideraciones morfológicas, sino su consumo de materiales y de energía, la contaminación que produce como resultado de estos flujos. En este sentido, hay una cierta ingenuidad en el término *desarrollo sostenible*, ya que la termodinámica y la prolongación que ha hecho de ella N. Georgescu-Roentgen² nos indican que hay pérdidas inevitables asociadas a cada uso de los recursos.

A menudo se dice que no podemos pensar solamente en la sostenibilidad ecológica, porque la ciudad no existirá si no hay sostenibilidad económica. Es el eterno argumento, cuando se pide sostenibilidad. Pero es un argumento que ignora que, cuando pedimos sostenibilidad ecológica, estamos pidiendo, precisamente, un profundo cambio de modelo económico, y no otra cosa. Está claro que hace falta una economía sostenible. Es precisamente lo que nos hace falta. El problema es que la actual no lo es.

Naturalmente, nadie sabe con certeza la receta del cambio necesario, como esperamos haber puesto de manifiesto en capítulos anteriores. No sabemos siquiera si existe esta receta. Es por ello que necesitamos la creatividad, tanta como sea posible, orientada a encontrar soluciones para una economía capaz de internalizar los costes ambientales y seguir ofreciendo dosis crecientes de bienestar y calidad de vida. ¿Cómo imaginar entonces un futuro mejor? La idea de proyectar un futuro sobre estas bases, materia gris, silicio y clorofila, más el cemento como representante de la construcción, que sin duda hará falta seguir haciendo, me parece una simplificación estimulante, una especie de eslogan. Implica, entre otras cosas, que una parte cada vez mayor de la actividad económica de la ciudad gire alrededor de la existencia de focos de creación intelectual, cultural en el sentido más completo (ciencia, humanidades, arte), de la informática y, finalmente, de la recuperación de la calidad de vida con un entorno más armonioso con

el funcionamiento de los sistemas naturales. Y es que el paso, al parecer imparable, a la ciudad difusa, se tendría que hacer compatible con la preservación de los servicios que recibimos de los ecosistemas. La inserción de los sistemas urbanos en un territorio, sin alterar estos servicios básicos y, permitiendo, a la vez, la mejora continuada de la calidad de vida de las poblaciones humanas, es seguramente el reto más grande de nuestro futuro. Y es tan complicado que necesitaremos un gran salto en el conocimiento y la comprensión de los ecosistemas urbanos.

Criterios ecológicos para la gestión urbana

Consideraciones generales

- * Los procesos ecológicos son multiescalares.
- * El territorio es un bien limitado.
- * Debemos reconocer que las ciudades son sistemas ecológicos abiertos, esencialmente heterotróficos, disipativos, con un funcionamiento de tipo fuente-sumidero. Se autoorganizan aumentando la entropía en el resto del mundo, con un impacto que es, por tanto, en cierta medida inevitable sobre el resto del territorio, pero que puede ser atenuado por una gestión correcta. Este impacto es debido, en primer lugar, a la necesidad de importar energía, materiales diversos, alimentos y agua. Ello requiere acciones a menudo degradativas en el lugar de origen y sistemas de transporte que contribuyen a fragmentar el territorio; en segundo lugar, el impacto se debe a las consecuencias de la producción, transporte y consumo en forma de alteración del medio (inundación de valles, abertura de canteras u otras extracciones, instalación de centrales eléctricas, etc., emisión de contaminantes y basuras, simplificación de los ecosistemas y reducción de la biodiversidad).
- * Los habitantes de la ciudad son poco conscientes de los puntos anteriores.
- * En la regulación de los flujos materiales y energéticos, tienen importancia decisiva los procesos de acumulación e intercambio de información que, a su vez, se organizan de manera jerárquica: las ciudades acumulan más capacidad de decisión, más poder y más riqueza.
- * La organización institucional a menudo no es óptima desde el punto de vista de la toma de decisiones que consideren procesos funcionales ecológicos, ya que los ámbitos territoriales no se corresponden.
- * El ecosistema urbano no tiene unos límites definidos. Los estudios y las acciones que

Índice alfabético

- A**
- aglomeraciones urbanas, 25
 - aire contaminado, 67
 - análisis del ciclo de vida, 109
 - anilla verde, 87
 - antropóreas, 30
 - arquitectura sostenible, 62
 - artrópodos, 93
 - Atlas ambiental de Berlín, 65
- B**
- biocenosis, 36
 - biodiversidad en la ciudad, 85
 - biomasa urbana, 91
 - biosfera, Organización de la, 37
 - biotopo, 38
 - bosques periurbanos, 85
 - urbanos, 84
- C**
- calles-mercado, 74
 - cambio global, 23, 95
 - Candida albicans*, 94
 - capacidad de carga del medio, 39, 41
 - capital natural, 35
 - CIFCA, 31
 - ciudad, 21, 26
 - , Crecimiento de la, 11, 13, 16
 - , Metabolismo de la, 47, 48
 - de borde, 74
 - compacta, 16, 26, 72, 75
 - difusa, 26, 72
 - expandida, 27, 74, 86
 - intensa, 118
 - sostenible, 56
 - virtual, 27
 - y naturaleza, 29
 - civilización, 26
- D**
- civitas*, 26
 - cólera, 94
 - commuters*, 89
 - constricciones, 37, 54
 - cotorritas de pecho gris, 38
 - cubiertas vegetales, 63
 - culturáreas, 30
- E**
- desarrollo sostenible, 122
 - distribución de la población, 90
 - diversidad, 50
- F**
- fiebre del Nilo, 93
 - flujo de agua, 107
 - endometabólico, 96
- G**
- de energía, 100, 102
 - de materia y energía, 29
 - fuentes-sumidero, 24
- H**
- HANPP, 114
 - hidrología, 64
 - Homo*, 9
 - huella ecológica, 42, 111, 112
- I**
- impacto ambiental, 47
 - indicadores, 90, 115
 - de sostenibilidad, 109
 - industriáreas, 30
 - ingresos naturales, 35
 - interacciones dinámicas, 37
 - inversión térmica, 67
 - isla de calor, 65
- J**
- ITER, 32
- M**
- malaria, 93
 - Mapa ecológico de Barcelona, 31-32, 70
 - - de Bruselas, 30
 - mecanismos de regulación, 49
 - medio, Capacidad de carga del, 39, 41
 - megalópolis difusa, 16
 - metabolismo de la ciudad, 47, 48
 - de los ecosistemas, 43
 - endosomático, 29, 45, 89
 - exosomático, 29, 46, 99
 - modelización, 71

- modelo caótico, 71
- de círculos concéntricos, 72, 73
 - fractal, 71
 - multinuclear, 72, 73
 - de sectores, 72, 73
 - urbanístico, 71
 - Myopsitta monachus*, 38
- N**
- naturaleza y ciudad, 29
 - naturáreas, 30
- O**
- organización horizontal, 59
 - vertical, 59
- P**
- paisaje, 81
 - , Ecología del, 80
 - ecológicamente funcional, 119
 - real, 78
 - parque, 87
 - Pasteurella pestis*, 10
 - patch theory*, 43
 - patch*, 43
 - permeabilidad de Barcelona, 66
- Perspectiva de Desarrollo
- Espacial Europeo, 75
 - peste bubónica, 93
 - negra, 10
 - planificación, 77
 - Plataforma del Delta del Llobregat, 117
 - población, 11-12
 - , Distribución de la, 90
 - , Tamaño de la, 42
 - biológica, 38
 - urbana, 89
 - potencial biótico, 39
 - priones, 94
 - producción, 96
 - primaria, 114
- R**
- racionalismo urbanístico, 74
 - red de espacios, 87
 - región urbana, 16
 - retoolimentaciones positivas, 76
 - ruido, 24
- S**
- SIG, 33, 69
 - sistema ecológico, 36
- heterogéneo, 43
 - heterotrófico, 21, 47
 - de información geográfica, 69
 - sostenible, 55
 - de transporte, 97
 - smog* fotoquímico, 66
 - industrial, 68
 - socioecología, 51
 - sostenibilidad, 55, 106, 109, 122
 - , Indicador de, 109
 - global, Ecuación de, 110
- T**
- tasa de crecimiento, 18
 - teledetección, 69
 - tesela, 43
 - transformidad, 105
 - transporte, 96
 - trekking*, 114
- U**
- unidad administrativa, 33
 - urbanización, 13
 - urbe, 26
- V**
- verde urbano, 82
 - Vibrio cholera*, 94