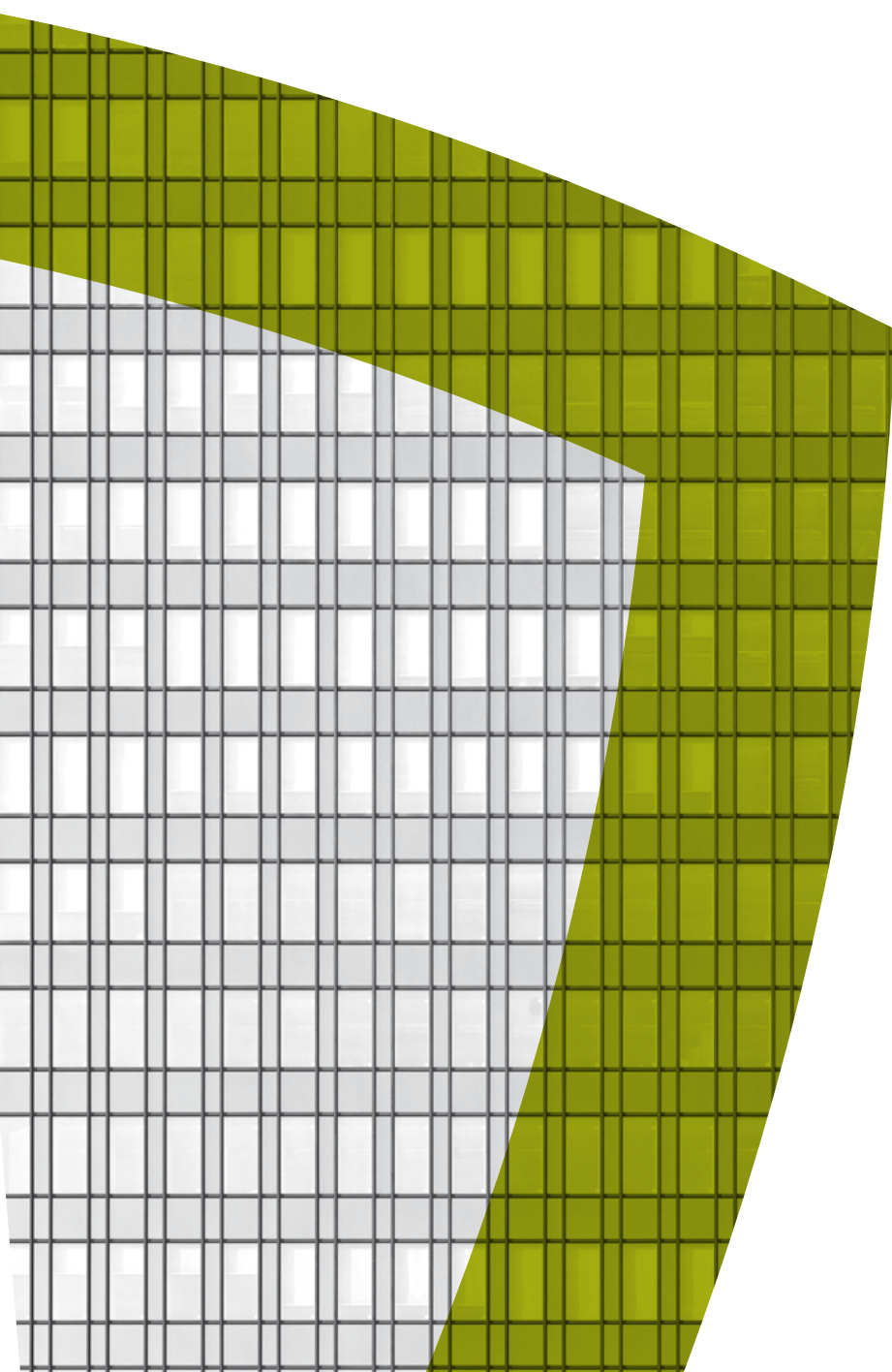




ESTRATEGIAS
PARA EDIFICIOS
DE ENERGÍA CASI NULA





ENTIDAD PROMOTORA



REDACTORES



Universidad de Valladolid

CON LA COLABORACIÓN DE



Dirección:

AEICE Clúster del Hábitat y la Construcción Eficiente

Redacción:

Grupo de trabajo de E3CN – Estrategias de Edificios de Energía Casi Nula

Redactores:

Raúl Valavázquez Gento (1A INGENIEROS)
José María García García (2COMA2)
Julia Vicente Gómez (CARTIF)
Sonia Álvarez Díaz (CARTIF)
Silvia Martínez San Segundo (COANDA PASSIVHAUS)
David García Álvarez (COANDA PASSIVHAUS)
Luis Fernández Gutiérrez (COANDA PASSIVHAUS)
María Serrano Baeza (COLLOSA)
Gonzalo Alarcía Fernández (G33 ARQUITECTOS)
José Santos Torres (JST ARQUITECTURA)
Rafael Lledó Pérez (LLEDÓ ILUMINACIÓN)
José Antonio de Pedro Pascual (MADERAS PISUERGA)
Santiago de la Calle García (MADERAS PISUERGA)
Julio Campo Cuesta (MASIDI)
Estíbaliz González de la Serna (MEDGÓN)
Vanesa Ezquerra Ramos, arquitecta
Jesús Menéndez Amigo (ZERO ENERGY)
María Rosario del Caz Enjuto (UNIVERSIDAD DE VALLADOLID)

Coordinadores:

Carmen Devesa Fernández (AEICE)
Enrique Manuel Cobreros García (AEICE)
José María Fernández Salgado (ARBRO CONSULTING)

Edición:

AEICE, Valladolid, mayo de 2018

Diseño gráfico:

porENDE Estudio Gráfico

Impresión:

Génesis Digital

Depósito Legal:

DL VA 402-2018

ISBN:

978-84-09-02363-9

5

La importancia del entorno de los edificios

Los EECN precisan de entornos sostenibles para desplegar sus máximas potencialidades, pues el funcionamiento de un edificio no depende exclusivamente de sus características intrínsecas, sino de toda una serie de parámetros externos que garantizan dicho funcionamiento.

Centrándose en aspectos relativos al ahorro y la eficiencia energéticos, objeto prioritario de este manual, cabe reseñar la incidencia que tienen las cuestiones relacionadas con la adaptación climática de los entornos, la morfología urbana (emplazamiento, orientación, densidad y diversidad), la movilidad y accesibilidad, el ciclo urbano del agua, la incorporación de vegetación en los espacios libres, la gestión de las basuras o de si se llevan a cabo políticas de ahorro y/o producción energéticos en el espacio urbano, etc.

5.1 Factores climáticos

La comprensión de los parámetros climáticos de un determinado entorno es clave a la hora de implementar estrategias de acondicionamiento bioclimático que hagan de dichos entornos espacios más confortables y eficientes. Obviamente, los factores climáticos de una determinada área (temperatura del aire, humedad, viento, etc.) no pueden variarse, pero sí es posible corregir sus efectos incorporando estrategias basadas en su conocimiento. Se exponen brevemente a continuación los factores climáticos más relevantes.

5.1.1 // Temperatura y radiación solar

Seguramente, la temperatura del aire, así como la radiación solar sean los factores climáticos más relevantes. Tradicionalmente, y hasta que se generalizara el uso de la

energía barata y se desarrollaran sistemas técnicos sofisticados de calefacción y refrigeración, los edificios y las ciudades se construían adaptándose al clima, incorporando pautas derivadas de la observación a lo largo de los años. La arquitectura y el urbanismo bioclimáticos actuales hunden sus raíces en muchos de estos principios tradicionales. Así, para un clima templado, las estrategias bioclimáticas se sustentan en cuatro principios básicos: conservación de la energía térmica de los edificios, aprovechamiento de la energía solar (tanto activa como pasivamente), protección frente a la radiación solar excesiva (en los meses de fuerte radiación solar) e implementación de instalaciones eficientes de apoyo, cuando las pautas bioclimáticas no basten por sí mismas. En los apartados siguientes se abordarán diversos parámetros relacionados con estas cuestiones.

5.1.2 // Humedad

Junto con la temperatura del aire y el viento, la humedad es el tercer factor climático que influye en el confort de un determinado entorno. Así, la sensación de calor que puede sentirse en el espacio exterior no sólo depende de la temperatura, sino de la capacidad del cuerpo humano para transpirar: si hay un exceso de humedad los procesos de evaporación a través de la piel quedan limitados, condicionando así la pérdida de calor. Pero si la humedad relativa es muy baja aumenta la evaporación desde las membranas de nariz y garganta, secando las mucosas del sistema respiratorio, además de reseca la piel y el cabello.

El grado de humedad relativa en una ciudad viene condicionado por muchos factores, entre ellos, la proximidad a masas de agua (el mar, los ríos, lagos, lagunas, etc.), la existencia de masas vegetales (bosques, riberas arboladas, ...), el grado de impermeabilización del suelo, etc. De ahí que el planeamiento urbano juegue un papel muy importante a la hora de favorecer o reducir la humedad relativa de un ámbito urbano, bien sea incorporando abundante vegetación en la ordenación de la ciudad (cuñas, cinturones y/o corredores verdes,...) bien elementos superficiales de agua, reduciendo las soluciones de urbanización impermeables, por ejemplo. O, cuando lo que se pretende es reducir la humedad relativa, canalizando los vientos dominantes, privilegiando aquellas brisas que tiendan a secar el aire.

5.1.3 // Viento

En el urbanismo bioclimático, la ordenación de los tejidos urbanos ha de atender también, y de manera complementaria con los dos factores climáticos arriba señalados, al viento, tomando en consideración factores como la frecuencia y la velocidad del mismo, particularmente de los vientos dominantes en un determinado entorno. Al igual que con el resto de factores climáticos, la planificación urbana puede contribuir a paliar los efectos adversos de dichos vientos dominantes, disponiendo diversos tipos de barreras físicas, aunque las más recomendables son las vegetales, pues con ellas pueden controlarse los efectos de las turbulencias. O bien favorecer los efectos positivos, como son la eliminación de contaminantes u olores indeseables del aire, o el refrescamiento del mismo.

Por ello, atendiendo al modo tradicional de construir, la adaptación al clima se observa en las diferentes morfologías urbanas de los climas fríos frente a los cálidos. Mientras que en las primeras se busca la mayor entrada posible de radiación solar directa, acom-

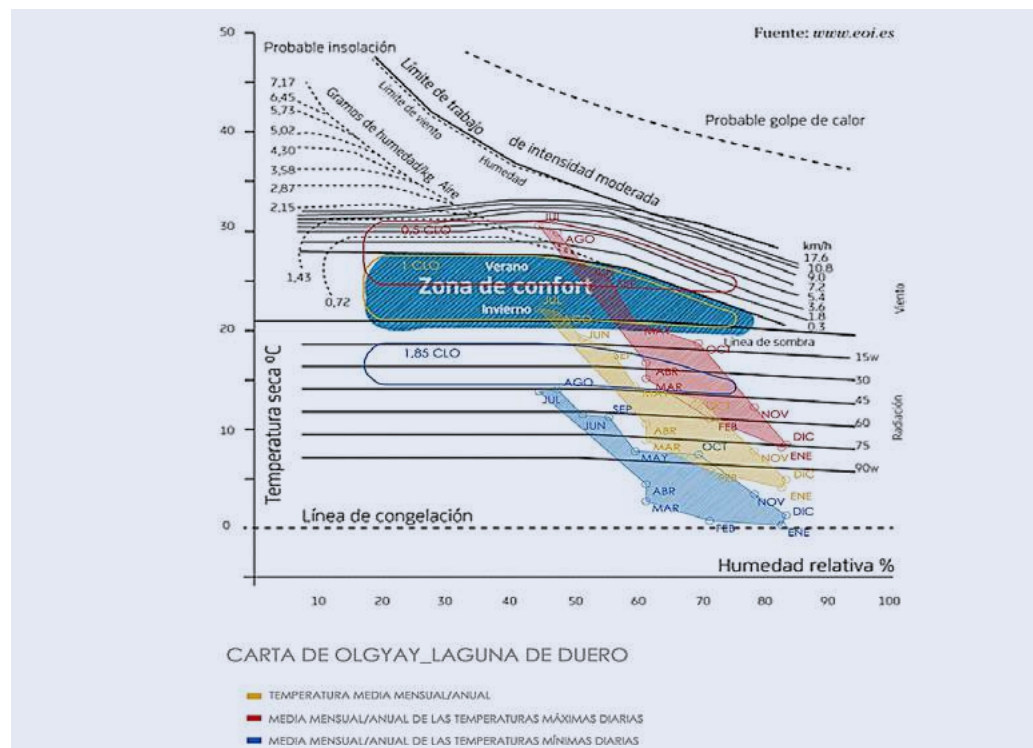
pañada de la defensa frente a los vientos dominantes, en las segundas se opta por favorecer la brisa y evitar la radiación solar directa.

5.1.5 // Climograma de bienestar

La combinación de los tres factores anteriormente mencionados puede plasmarse en el llamado climograma de bienestar: Se trata de un diagrama psicrométrico (Olgay, 1963); es decir, un diagrama que cuantifica variables psicológicas relacionadas con el confort climático a partir de los datos de temperatura, humedad relativa de un lugar y viento. Con ellos se realiza una tabla con dos entradas: en abscisas se consignan los datos de humedades relativas y en ordenadas los de las temperaturas secas del aire. La zona de confort queda determinada, para individuos con ropa media, sin actividad y en un clima templado (400 de latitud Norte) por las temperaturas entre 21,1 y los 26,7 °C y el 20 y el 80% de humedad. Si a la tabla se le añaden las condiciones de velocidad del aire, la zona de confort queda definida con mayor precisión.

El diagrama permite definir las operaciones necesarias para alcanzar el confort en aquellas situaciones climáticas que se encuentren fuera de la zona de confort marcada. Para ello, se cuenta con varias posibilidades, que van desde el uso de mayor o menor cantidad de ropa (arropamiento, medido en la unidad denominada clo ¹) en el exterior de un lugar determinado hasta la inclusión de elementos de sombreado, de redireccionamiento del viento, de fomento de la evapotranspiración, etc.

Figura 26.
Climograma de Olgay para Laguna de Duero.
Fuente: elaboración propia.



1// Clo: unidad de medida utilizada para el índice de indumentaria, que procede del inglés "cloth" (vestimenta). Se define como el aislamiento térmico que proporciona la indumentaria normal de un varón, es decir, con chaqueta, camisa, ropa interior normal, todo ello de algodón, calcetines y zapatos. El cero (0) corresponde a la desnudez. La unidad equivale a un aislamiento térmico de 0,155 m² x K/W (metro cuadrado x Kelvin por vatio). 1 clo = 0,155 m² x K/W (metro cuadrado por Kelvin por vatio).

5.2 Morfología urbana

Se analizan a continuación de manera sucinta cuatro características que definen la morfología urbana y que condicionan diversos aspectos que tienen que ver con la sostenibilidad de las ciudades y los entornos urbanos, especialmente con los consumos energéticos y con las emisiones gaseosas nocivas para las personas y para el medio ambiente. Estos son: el emplazamiento, la orientación, la densidad urbana y la distribución de los usos del suelo.

5.2.1 // Emplazamiento

Tradicionalmente, los emplazamientos de los núcleos urbanos estaban íntimamente relacionados con las condiciones del entorno. Obviamente, la disponibilidad y accesibilidad al agua dulce era uno de los principales requisitos, así como la existencia de recursos de otro tipo (como la madera para calentarse), pero también el abrigo proporcionado por determinados montículos frente a los vientos fríos, o bien la necesidad de aprovechar brisas refrescantes en climas cálidos explican la búsqueda de entornos abiertos hacia dichos vientos. Aunque otros emplazamientos históricos primaban aspectos defensivos, comerciales o culturales, lo cierto es que, generalmente, estas prioridades siempre iban siempre acompañadas de estrategias de adaptación climática basadas en conocimientos empíricos.

Sin embargo, ese conocimiento ancestral sobre la necesidad de buscar un buen emplazamiento, comenzó a minusvalorarse en décadas pasadas, en las que el desarrollo tecnológico y la diversificación de las fuentes primarias de energía permitieron el logro de unas buenas condiciones de confort ajenas a las condiciones del lugar. En la actualidad, los problemas derivados del abuso de energías de origen fósil incitan a incorporar en la arquitectura y el planeamiento soluciones bioclimáticas que demanden menor consumo energético. Es decir, soluciones adaptadas al lugar, a su topografía, su climatología y demás condiciones ambientales.

5.2.2 // Orientación

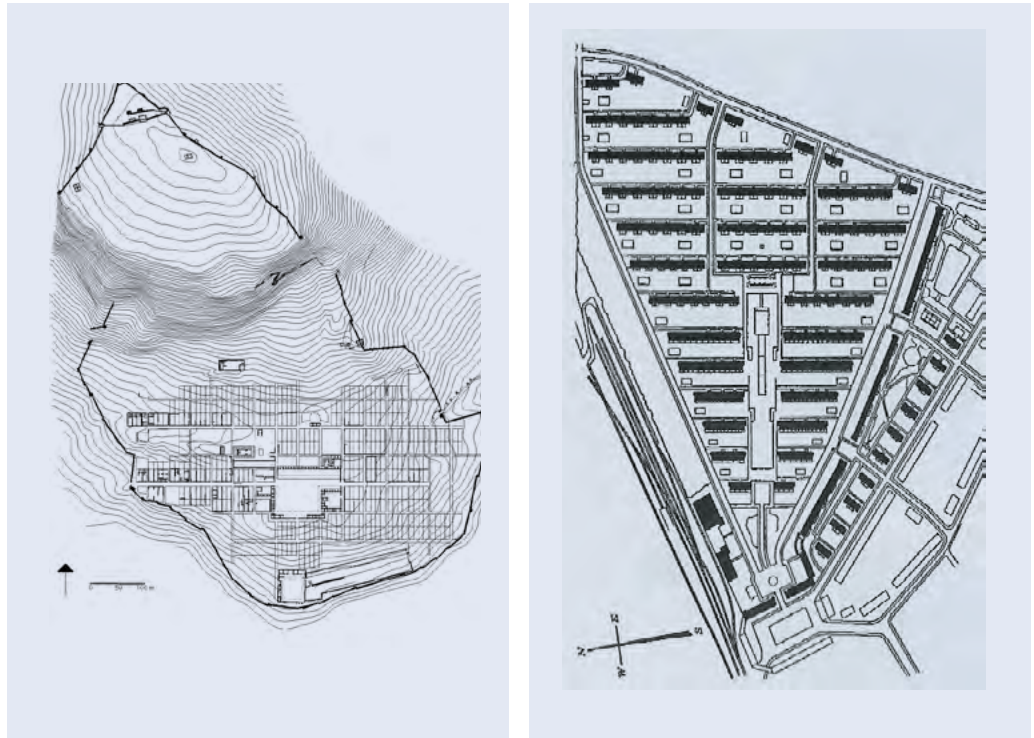
La orientación de las calles de un asentamiento urbano determina un mejor aprovechamiento de la radiación solar y de las condiciones favorables del viento. De acuerdo con K. Butti y J. Perlin (1985) las excavaciones de numerosas ciudades griegas clásicas muestran el florecimiento de la arquitectura solar ante la escasez de madera para calefactar las viviendas. Así, las viviendas se orientaban al Sur y se planificaron ciudades enteras así orientadas para permitir a todos sus habitantes igual disfrute del sol en invierno. También la arquitectura y la planificación solar se convirtieron en parte consustancial en la cultura romana. De hecho, los derechos al sol (garantizados por la separación adecuada de las edificaciones) serían incorporados a la legislación romana y han trascendido hasta la actualidad.

A lo largo de la historia de la ciudad pueden encontrarse diversos periodos en los que la planificación solar adquirió relevancia. En ella la componente esencial era la correcta orientación de los edificios para recibir la máxima cantidad de radiación solar posible en invierno. Baste mencionar las propuestas teóricas francesas de finales del s. XIX y las de principios del XX de Agustín Rey y Tony Garnier, o la arquitectura solar alemana

del periodo de entreguerras, materializadas en la conocida Planta Zeilenbau (Casas en hilera) (Pérez Iguualada, 2005).

Figura 27. Trazado de la antigua ciudad griega de Priene, con sus calles orientadas al Sur y al abrigo de un monte.
Fuente: <http://timerime.com/es/periodos/2508759/Periodo+Helenstico/>

Figura 28. Planta Zeilenbau. Bad Durrenberg, Dresde, 1930. Proyecto de Alexander Klein.
Fuente: Pérez Iguualada (2005).



5.2.3 // Densidad urbana. Consumo de suelo

La baja densidad (el sprawl) consume grandes cantidades de suelo natural, un bien absolutamente necesario para preservar la vida: para proporcionar los recursos necesarios y asimilar los residuos, entre ellos los generados por la combustión de sustancias de origen fósil. Un modelo de ciudad dispersa precisa mayores cantidades de energía para su funcionamiento que uno de ciudad compacta. En el primero también se ven dificultadas o anuladas las posibilidades de disponer de servicios de transporte público, lo que hace a los ciudadanos dependientes del coche (con todo lo que ello conlleva), etc. Además de tener implicaciones medioambientales y económicas, la densidad también condiciona notablemente otros aspectos sociales, como son la vitalidad del espacio público o la sensación de seguridad en el mismo, debidos a la falta de masa crítica, de número de personas que pueden utilizar simultáneamente un espacio.

La densidad es un aspecto que implica cierta controversia, puesto que su exceso tiene tan graves consecuencias como su déficit, y además no existe un único índice de densidad ideal. Tan criticada fue la alta densidad de la ciudad industrial que no permitía unas condiciones de habitabilidad suficientes (higiénicas, de soleamiento y ventilación), como lo es ahora la baja densidad de muchos de los crecimientos urbanos de los últimos años, por consumir demasiado suelo, demasiada energía y carecer de vitalidad social y cultural. La densidad ha estado y sigue estando muy presente tanto en las críticas a la ciudad existente como en las soluciones o propuestas de futuro, pero paradójicamente ni es fácil encontrar una única definición, ni existe un modo único de medirla. No obstante, parece oportuno establecer algunos valores de referencia: por debajo de 40 viviendas/ha se consideran valores bajos; entre 50 y 70 viv/ha pueden considerarse

valores medios. Los barrios tradicionales de las ciudades suelen superar las 100 viv/ha. En Castilla y León la legislación urbanística impide materializar densidades mayores de 70 viv/ha en nuevos desarrollos urbanísticos.

5.2.4 // Distribución de usos. Diversidad

La densidad por sí sola es insuficiente si no va acompañada de la diversidad. Los desarrollos urbanísticos excesivamente zonificados, que suman áreas con un único uso del tipo ciudad universitaria, parques tecnológicos, áreas exclusivamente residenciales, áreas comerciales, etc., son empobrecedores, inseguros e inducen desplazamientos motorizados. Estos desarrollos monofuncionales necesitan enormes superficies, que han de buscar en zonas alejadas de las ciudades, con lo que obligan a usar mayoritariamente el coche, conllevan enormes gastos energéticos, contribuyen a deteriorar el medio ambiente, dificultan la vida cotidiana de las personas y generan inseguridad, al permanecer semivacíos en diversos lapsos temporales.

La diversidad se relaciona con la mixticidad, con la heterogeneidad. En ese sentido, habría que hablar de la necesidad de mezcla de usos y actividades (incluir usos terciarios repartidos por doquier en los barrios residenciales); mezcla de tipos de viviendas (para diferentes tipos de renta, para diferentes tipos de hogares, etc.); mezcla de personas (jóvenes, niños, ancianos, personas de mediana edad), etc.

La mezcla de usos en la ciudad se señala sistemáticamente como una de las pautas esenciales de la sostenibilidad urbana. En primer lugar, porque la proximidad y diversidad de usos reduce la necesidad de desplazarse y posibilita que los desplazamientos puedan hacerse caminando, en bici o en transporte público. Se reducen, en consecuencia, el número de viajes en coche y con ellos el consumo de gasolina y la emisión de gases nocivos a la atmósfera. Pero las ventajas van mucho más allá, la mezcla de residencia y actividades económicas, recreativas y/o culturales hace posible el encuentro fortuito, el intercambio, la seguridad debida a la vigilancia pasiva, la vitalidad de un espacio en el que poder estar por derecho propio. Es decir, la esencia de la ciudad.

5.3 Movilidad y accesibilidad

Aunque a priori no suele considerarse la mejora de la movilidad a la hora de plantear la mejora energética de un barrio existente, este campo tiene un gran peso tanto en el consumo energético como en la emisión de GEI. Por lo tanto, la mejora de las condiciones de accesibilidad al barrio y desde el barrio a elementos y espacios de centralidad mediante medios alternativos al coche debería ser práctica ineludible en la regeneración de tejidos residenciales existentes. Se consideran los siguientes parámetros a incluir respecto de la movilidad y accesibilidad:

5.3.1 // Sistemas de movilidad de nivel ciudad: peatonal, ciclista, transporte público, transporte privado. Una necesaria planificación integral.

El objetivo prioritario de una movilidad sostenible es la reducción de las necesidades de desplazamiento motorizado, dado que ello conllevará una menor demanda de energía y una reducción de las emisiones. En este sentido, crear proximidad es una de las claves para disminuir la necesidad de desplazamientos motorizados. El poder acceder caminando o en bicicleta a la mayor parte de los lugares en los que transcurre la vida cotidiana de los ciudadanos debe formar parte consustancial de la proyectación de las ciudades. También el transporte público juega un papel decisivo. En los ámbitos rurales la apuesta está en la implantación de redes de transporte público a la demanda, que conecten los municipios pequeños con aquellos más grandes de los que dependen funcionalmente.

Para que la planificación integral de la movilidad sea sostenible es preciso atender a tres principios básicos:

1. Es necesario reducir significativamente el número de coches circulando por las ciudades.
2. Han de implementarse de manera complementaria políticas de estímulo de los modos de movilidad alternativos al vehículo privado (la marcha a pie, en bici o en transporte público) y de disuasión del uso del coche.
3. Los espacios y tiempos de para los diferentes modos de movilidad han de plantearse de manera equitativa y no, como suele ser habitual, primando las exigencias del transporte motorizado frente a las del resto.

En cualquier caso, se dispongan calles de tráfico integrados (coexistencia, tipo *Woonerf*, *Naked Streets*, etc.) o de tráfico segregados (calles tradicionales) sería conveniente implementar medidas de pacificación y/o calmado del tráfico, evitando que los coches circulen a más de 30km/h, disponiendo cruces a la cota del peatón, badenes, estrechamientos de calzada, etc.

Figura 29

Batavia River Street. Calle tipo woonerf.

<http://www.chicagotribune.com/news/opinion/columnists/ct-batavia-dutch-street-met-20140827-column.html>



5.3.2 // Reparto del espacio del viario por modos de movilidad

En el caso de disponer en los barrios vías de tráfico segregado, con bandas específicas para cada tipo de movilidad (peatonal, ciclista, motorizada) debería considerarse un reparto más equitativo de la sección de las calles. Por lo general, el reparto de las mismas suele ser ampliamente favorable a la movilidad rodada, destinando la mayor parte a los coches, bien sea en marcha (espacio de la calzada) bien o parados (bandas de aparcamiento) y dejando el resto para las aceras y carril bici (en su caso). La acera, por otra parte, suele acoger no solo la banda estricta de circulación de personas sino el mobiliario y la iluminación urbanas y el arbolado (en su caso).

Sin embargo, y atendiendo a los datos estadísticos que se desprenden de los estudios sobre movilidad urbana, sólo una parte (alrededor de un tercio de la misma, por término general) de la población utiliza habitualmente el coche en sus desplazamientos cotidianos, mientras que el resto va caminando, en transporte público o bicicleta. Atendiendo a estas circunstancias, así como a la necesidad de reducir los niveles de consumo energético y contaminación generados por los coches, sería deseable fijar un estándar mínimo de reparto de la sección de 50%-50%. Es decir: destinar como máximo la mitad de las secciones viarias a los coches, en marcha o parados, reservando la otra mitad para peatones, bicis, árboles, etc.

5.3.3 // La cuestión del aparcamiento

Dentro de los planes integrales de movilidad sostenible, la cuestión del aparcamiento es clave, pues primar el derecho a aparcar en cualquier lugar estimula la circulación rodada. En este sentido, la política de aparcamiento en una ciudad debe establecer reglas y diferencias claras entre tres tipos de aparcamientos: el aparcamiento rotatorio, el aparcamiento disuasorio y el aparcamiento para residentes. El primero es un tipo de aparcamiento temporal (puede conllevar el pago de tarifas o no) que debería restringirse en aquellos ámbitos donde se estime oportuno reducir la presencia de coches circulando. Por el contrario, debería primarse el aparcamiento disuasorio, localizado en ám-

bitos periféricos, de borde de zonas muy densas (como cascos históricos) desde los que habría que facilitar los recorridos a pie, en bicicleta o en transporte público. Por último, el aparcamiento para residentes requiere una evaluación cuidadosa, pues si bien es cierto que en determinados barrios es imprescindible, la disposición de muchas plazas de aparcamiento en otros puede tener el efecto rebote de estimular el uso del coche.

5.4 Ciclo del agua

La contribución a la sostenibilidad, en general, y en particular al ahorro y la eficiencia energéticos relacionados con el ciclo del agua, tiene que ver con las posibilidades de aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y/o de las aguas grises; la retención e infiltración del agua de lluvia y el aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua en los entornos de los edificios.

5.4.1 // Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y/o de las aguas grises

Una gestión sostenible del agua en los ámbitos urbanos pasa por hacer que el ciclo urbano de potabilización-depuración se acerque más al ciclo natural del agua (evaporación-condensación-precipitación). Ello implica recoger, almacenar y tratar localmente las aguas de lluvia (a las que se pueden sumar las aguas grises, con un ligero tratamiento previo); por hacer más permeables los suelos urbanizados (con el fin de fomentar la infiltración de agua en el subsuelo y frenar las escorrentías) disponiendo pavimentos filtrantes o suelos terrizos; o por reducir el consumo de agua potable (lo que implica utilizar la calidad de agua adecuada a cada uso).

En diversas ciudades europeas se plantean los llamados estanques de retención dentro de los barrios (en los parques, en el interior de las manzanas, etc.) como sistemas de almacenamiento y depuración natural de las aguas de lluvia y/o aguas grises. El funcionamiento de estos estanques se basa en la capacidad autodepurativa del medio hídrico y edáfico, además de en la fitodepuración, fenómeno que se produce en las raíces de ciertas plantas, que tienen capacidad para limpiar el agua. En este sentido, las macrofitas acuáticas pueden limpiar el agua con un grado bajo o incluso medio de contaminación del agua. También es conveniente generar un movimiento continuo del agua para que ésta se oxigene y puedan actuar las bacterias aerobias.

Figura 30.

Estanque de retención en Kronsberg, Hanover, 2000.
 Fuente: http://www.ecourbano.es/pro_inside.asp?cat=5&cat2=&id_pro=56&tipus=3



5.4.2 // Retención e infiltración del agua de lluvia

Frente a los, demasiado frecuentes, acabados superficiales impermeables en espacios públicos y privados, una gestión ecológica del ciclo del agua conllevaría la minimización de las superficies impermeables y su sustitución por otras que permitan la filtración lenta del agua. A lo que habría que añadir otras medidas: como la incorporación de elementos urbanos y paisajísticos que ralenticen las escorrentías del agua y favorezcan la retención y filtración en la tierra (por ejemplo pequeñas presas, aterrazamientos, tanques de arena, propuestos); la canalización del agua de lluvia recogido por las cubiertas de los edificios hacia jardines de lluvia, o pequeños caces integrados en el diseño de los espacios libres; así como la incorporación de sistemas de acumulación de agua de lluvia en el diseño de parques y espacios verdes públicos y privados.

5.4.3 // Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua

En climas de veranos calurosos el aire puede estar muy seco a lo largo de muchos meses del año, provocando una sensación térmica de sobrecalentamiento en los entornos urbanos, que incide en la necesidad de refrigerar artificialmente las viviendas y espacios de trabajo. Esto genera incrementos de consumos energéticos y de emisiones que bien podrían mitigarse incorporando humedad al aire de manera natural.

El proceso fundamental por el que la humedad influye en el bienestar higrotérmico es el enfriamiento adiabático o enfriamiento evaporativo. Este proceso se produce mediante la evaporación de agua en el aire, de modo que disminuye la temperatura seca al mismo tiempo que aumenta el contenido de humedad del aire. Así se explica el fenómeno de la refrigeración del aire en presencia de agua. De forma contraria, al eliminarse del aire una cantidad de vapor de agua, aumentaría la sensación de calor por el efecto de la desecación del aire. (Hernández, 2013).

Figura 31.

Acera con pavimento filtrante en Barcelona.

Fuente: <http://drenajeurbanosostenible.org>



En este sentido, sería conveniente incorporar en los entornos de las viviendas y espacios de trabajo láminas de agua, vegetación, suelos terrizos y/o vegetales, etc., que permitan incrementar la presencia de vapor de agua en el aire y reducir la sensación de sobrecalentamiento.

5.5 Consumo y producción energéticos en el espacio libre

Aun cuando el consumo y la producción energéticos no suelen producirse en los espacios libres de los barrios y/o las ciudades, sino, sobre todo, en las edificaciones, es aconsejable no desdeñar sus posibilidades. Se plantean, así, otros dos nuevos parámetros para este apartado: Incorporación de sistemas energéticos alternativos captación solar (térmica y/o fotovoltaica), eólica, geotermia, etc. en el espacio libre público y privado; y sistemas de ahorro y eficiencia energéticos (calefacción por distrito, sistemas de iluminación eficientes, etc.) en el espacio libre público y privado.

5.5.1 // Incorporación de sistemas energéticos alternativos: captación solar (térmica y/o fotovoltaica), eólica, geotermia, etc. en el espacio libre público y privado.

El ahorro y la eficiencia energéticos constituyen una de las tres patas fundamentales sobre las que se sustenta una política energética sostenible. Las otras dos son: el impulso decidido de las energías renovables y la reducción activa de los impactos medioambientales generados por el modelo energético actual (basado fundamentalmente en el uso de combustibles de origen fósil).

Respecto de la primera de las patas, aplicada a los entornos urbanos de los barrios, es fundamental planificar los nuevos asentamientos, o bien mejorar los barrios existentes, incorporando pautas bioclimáticas en el diseño de los espacios. Partiendo del conocimiento de los componentes climáticos esenciales (temperatura, humedad y viento) podrán diseñarse los espacios libres para que sean confortables de manera natural, no forzando el uso de energía para lograr artificialmente dicho confort.

La segunda de las patas arriba mencionadas de una política energética sostenible es el incremento del uso de las energías alternativas a las de origen fósil, dados los notables efectos adversos que este tipo de energía genera (desde su contribución al cambio climático hasta los problemas de salud derivados de la mala calidad del aire de los entornos urbanos).

El espacio libre, tanto público como privado, ofrece enormes posibilidades para la instalación de sistemas de aprovechamiento de ciertos tipos de energías alternativas: paneles solares térmicos y fotovoltaicos, pequeños aerogeneradores, sistemas de geotermia para calefacciones comunitarias, etc. Es cierto que su implementación puede suponer una inversión inicial superior a la de los sistemas convencionales, pero dicha inversión se amortiza en un tiempo relativamente corto por los ahorros en combustibles, sometidos a una imprevisibilidad constante.

5.5.2 // Sistemas de ahorro y eficiencia energéticos (calefacción por distrito, tipos de iluminación, etc.) en el espacio libre público y privado.

A ello podrían añadirse sistemas como la calefacción por distrito, un sistema mucho más eficiente que el de las calefacciones individuales y que en algunas ciudades, como Copenhague, sirve a más del 90% de los barrios de la ciudad. La implementación de estos sistemas precisa de unas condiciones básicas de los entornos: una densidad residencial mínima de 45 viv/Ha. No es un sistema apto para ciudad dispersa. Además: mezcla de usos residenciales y de otro tipo (hospitales, hoteles, instalaciones industriales); y continuidad de las redes de calor. Todos los usuarios que entren en el radio de acción han de conectarse. Por otro lado, es un sistema adecuado tanto para nuevos barrios, como para regeneración de otros, aunque hay que evitar el conflicto con las otras redes existentes. Por último, un elemento clave a valorar es la central de producción de calor y energía, que debe de ser lo más eficiente posible, incorporando el tipo de fuente primaria de energía más conveniente: energía solar, biomasa, gas natural, etc.

Además, habría que considerar la iluminación pública, que amén de ser revisada en cuanto a disminución de la intensidad, en línea con la necesaria reducción de la contaminación lumínica de las ciudades, es preciso acudir a sistemas que reduzcan el consumo energético, etc.

Figura 32.

Farola fotovoltaica y pequeño aerogenerador en Málaga.
 Fuente: <https://www.smart-magazine.com/en/smart-cities-infrastructure/>.



5.6 Vegetación en el espacio libre (público y privado)

De los campos seleccionados para el tratamiento del entorno de los edificios compatible con el ahorro y eficiencia energéticos y, en consecuencia, con la adaptación y mitigación del cambio climático, el de la incorporación de vegetación quizá sea uno de los que más oportunidades ofrece. De ahí que se plantee tener en cuenta los siguientes parámetros: cuantificación de espacios libres públicos; distribución de espacios libres públicos de nivel ciudad y accesibilidad a los mismos; cantidad, calidad y localización de la vegetación existente; e implementación de técnicas de xerojardinería en los espacios libres.

La urbanística, desde su nacimiento a mediados del siglo XIX, ha considerado siempre la incorporación de parques y vegetación en las ciudades como una de sus prioridades. Para ello, ha ido estableciendo a lo largo del tiempo tanto estándares mínimos de dotación de superficie de espacio verde y/o árboles por habitante (incorporados a las legislaciones) como tipologías de espacios que hoy día conforman un repertorio amplio y codificado.

En los últimos años viene planteándose la renaturalización urbana o reverdecimiento urbano como una pauta ineludible para que las ciudades sean más resilientes y más sostenibles. Se refieren ambos conceptos a la generalización o extensión de los espacios vegetales en la ciudad para hacer de ésta un ámbito más natural. Para ello se parte de la vieja idea urbanística de que los espacios verdes en las ciudades deben formar sistemas, redes. Esos sistemas no sólo estarán compuestos por aquellas tipologías de espacios verdes clásicas (parques, jardines, riberas de los ríos, bulevares, cuñas o anillos verdes, etc.) sino por otra serie de espacios secundarios (públicos y privados) que

pueden servir para completar lo que se denominan biotopos. Por lo tanto, el concepto de renaturalización va mucho más allá del concepto de sistema y pretende llevar naturaleza a cada rincón del ámbito urbano.

Dentro de estos espacios secundarios que pueden “reverdecerse” podemos incorporar desde cubiertas verdes de las edificaciones hasta espacios baldíos de las ciudades, desde zonas de aparcamiento con pavimentos filtrantes a paredes cubiertas de vegetación, desde las bandas verdes o terrazas en el viario hasta espacios libres asociados a equipamientos.

Figura 33.

Estructura básica de un sistema de biotopos ideal (según Kunik, 1983). Fuente: Sukopp, 1989. Los espacios verdes de diferente rango de las ciudades deben formar redes densas y continuas que incorporen, también, los elementos naturales (ríos, lagunas, bosques urbanos, etc.).

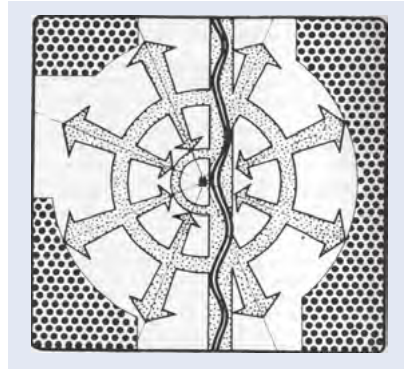


Figura 34.

Plan del verde y de la biodiversidad de Barcelona 2020. Ayuntamiento de Barcelona. Se trata de un ambicioso plan de reverdecimiento de la ciudad, incorporando la vegetación de forma masiva entre todos los espacios edificados. Fuente: Ayuntamiento de Barcelona. <http://jlp.cat/es/content/plan-del-verde-y-de-la-biodiversidad-de-barcelona-2020>



5.6.1 // Cuantificación de espacios libres públicos

¿Qué cantidad de espacio verde es necesaria o suficiente? Es habitual en la práctica urbanística cuantificar las cosas, de ahí que la bibliografía especializada esté cargada de datos sobre cantidades. Cantidad de espacios libres públicos mínimos con los que deben contar las ciudades, cantidad de metros cuadrados de vegetación por persona, número mínimo deseable de árboles por habitante, etc. Dicha bibliografía ofrece los estándares e indicadores necesarios. Por su parte, la legislación urbanística ha incorporado dichas recomendaciones en sus artículos de obligado cumplimiento. En Castilla y León, la legislación urbanística exige reservar 5m²/habitante de espacio verde con carácter genérico (para la ciudad en su conjunto) y, de manera específica, 15m² y 20m² por cada 100 m² construibles en suelos urbanos no consolidados y suelos urbanizables, respectivamente. Sin pretender hacer una exposición exhaustiva de estándares y recomendaciones procedentes de diversas fuentes, sí conviene citar a la OMS, que recomienda un mínimo de 10 m², siendo deseable una dotación de 15 m² por habitante (estándares para la ciudad en su conjunto). Por su parte P.J. Salvador Palomo cita el caso de Quebec, que cuenta con 1 árbol/habitante, un estándar muy elevado para nuestras ciudades (Salvador Palomo, 2003).

5.6.2 // Distribución de espacios libres públicos y accesibilidad a los mismos

La urbanística contemporánea ha heredado del funcionalismo dos modos de proceder en el tema de la planificación del verde urbano: la noción del estándar y las tipologías de los espacios verdes. Es decir, el asegurar una dotación mínima de espacio verde por habitante, que se lograría mediante una distribución equitativa de las áreas verdes en el conjunto de la ciudad, de tal modo que puedan conseguirse tiempos adecuados de acceso compatibles con el rango y la función de cada tipo de área. Y, por lo que se refiere a la tipología, la literatura internacional señala cuatro niveles jerarquizados de los es-

pacios verdes públicos urbanos: el verde anejo a la unidad residencial (vivienda o manzana unifamiliar), el verde de la vecindad (espacios libres de pequeña entidad), el verde del barrio, y el parque urbano. Cada uno de estos modelos tipológicos está llamado a desarrollar una función específica en el ámbito de la estrategia recreativa para los habitantes urbanos. Una buena política de áreas verdes exige la integración de los diversos tipos de áreas en una red densa y continua, a la que puedan acceder los diferentes grupos sociales sin discriminación de cualquier tipo (relacionado con la accesibilidad no discriminatoria), y en la que estén integrados los equipamientos urbanos: escuela, centro cívico, área comercial, etc.

Además, es precisa la conexión del verde de la ciudad con el espacio periurbano próximo y más alejado, como estrategia de mejora de la calidad del medio ambiente urbano, como estrategia de incremento de la resiliencia y como estrategia de mejora de la función recreativa del verde urbano. En este sentido, juegan un importante papel los llamados pasillos o corredores urbanos. Ya Frederick Law Olmsted (considerado precursor en cuanto a la ordenación de sistemas verdes urbanos) preveía los denominados Park Ways como conectores indispensables. Sin tener que alcanzar las anchuras de más de 40 metros de los Park Ways de F. L. Olmsted, para S. Rueda (2013) las calles con un buen sustrato permeable y una presencia arbórea diversa actúan como nexo entre las diversas áreas naturales. Para que una vía pueda considerarse corredor urbano, las cifras orientativas recomiendan densidades superiores a 4 árboles/10 metros lineales, niveles de ruido inferiores a 60dBA (esta medida garantizaría su funcionamiento como corredor ecológico) e índices de permeabilidad del suelo altos.

5.6.3 // Cantidad, cualidad y localización de la vegetación en los barrios

Se analizan a continuación las principales capacidades de la vegetación en relación a la mejora de las condiciones del espacio libre y se proponen pautas sobre cantidad, cualidad y localización de la vegetación en los barrios para potenciar dichas capacidades:

- ▶ **Capacidad como sumidero de CO₂.** Esta capacidad no es igual en todas las especies vegetales, pues depende de la masa foliar, características de la planta, su porte, etc. como demuestra el trabajo de investigación llevado a cabo por M. E. Figueroa Clemente y su equipo en la Universidad de Sevilla (Figueroa, 2007), quienes analizan la capacidad de diversas especies forestales, agrícolas y urbanas como sumideros de CO₂. Los estudios de este tipo resultan enormemente útiles a la hora de seleccionar especies de cara a la urbanización de nuevos espacios y/o mejora de los existentes. Aunque, con criterio general, conviene disponer arbolado en todas las calles de un barrio, si lo que se pretende es aprovechar su capacidad de absorción de CO₂, deberían plantarse de forma ineludible en las calles de tráfico más intenso.
- ▶ **Proveedor de sombra.** Esta cualidad es enormemente relevante en climas con veranos calurosos, pues permite hacer más habitable el espacio público (especialmente el viario y las plazas). En función del clima del lugar convendrá disponer arbolado de hoja perenne o caduca para aprovechar las ventajas de esta cualidad en verano sin sufrir sus efectos negativos en invierno, cuando lo que interesa es permitir la máxima radiación solar de los espacios públicos.
- ▶ **Repercusión en las condiciones higrotérmicas (temperatura y humedad) de los entornos edificados.** La vegetación tiene una influencia notable en la modificación de los parámetros que definen las condiciones higrotérmicas de un ámbito. Estos son: reducción de la incidencia de la radiación de onda corta

en el suelo y minimización de la emisión de radiación de onda larga (infrarrojos) del suelo a la atmósfera. Esto conlleva la reducción de la temperatura en las áreas vegetadas, lo que incide decididamente en el ahorro energético de las edificaciones circundantes. A ello se añade la capacidad de transpiración que se produce en las hojas de las plantas que, sumada a la sombra que generan los árboles, produce un enfriamiento en el aire al añadirle vapor de agua. Así pues, si a una superficie permeable (que funciona mucho mejor que una impermeable desde el punto de vista de la regulación de la humedad) se le añade vegetación el efecto se multiplica.

Conviene, en este sentido, incorporar vegetación por doquier en los barrios: arbolado en las calles, arbustos y rastreras en parterres y espacios libres, en las cubiertas y paramentos verticales de los edificios, en las isletas y demás elementos del viario, etc.

- ▶ **Barrera contra el ruido.** La principal fuente de contaminación acústica en la ciudad es el tráfico rodado. A mayor volumen de tráfico, mayor nivel de ruido. La capacidad de las plantas para reducir la contaminación acústica depende de las características, densidad y estructura de las plantas utilizadas, así como de la localización de la barrera vegetal respecto a la fuente emisora de ruido. En este sentido, las superficies vegetadas deben situarse próximas a los focos de emisión del ruido. Además, funcionan mejor si están compuestas por vegetación de diverso porte. A mayor densidad de las especies, mayor absorción. Las barreras vegetales aumentan enormemente su efectividad si se combinan con la topografía. En vías con mucho ruido conviene disponer taludes vegetados (Hernández, 2013).
- ▶ **Barrera contra el viento.** Con velocidades de vientos iguales o superiores a los 10 m/s conviene poner pantallas vegetales. Las barreras vegetales tienen ciertas ventajas sobre otro tipo de barreras no vegetales, pues disminuyen los efectos de las turbulencias o la aceleración del viento en los bordes de dichas barreras, ya que la vegetación absorbe la energía cinética del aire en movimiento.

5.6.4 // Implementación de técnicas de xerojardinería en los espacios libres

En los países de climas secos (como ocurre con buena parte del territorio español) la demanda de agua de riego que puede conllevar la extensión de zonas arboladas podría suponer un problema, por ello es necesario racionalizar su consumo. Aunque de manera empírica muchas culturas han desarrollado métodos de jardinería con bajos consumos de agua (véase, por ejemplo, los jardines árabes), a partir de los años 80' se desarrolló en Estados Unidos una técnica, denominada xeriscape, para una concepción y gestión de zonas ajardinadas con bajo consumo de agua. Esta técnica se ha traducido al español por xerojardinería y se basa en siete principios esenciales:

- ▶ La planificación y el diseño, por el cual el parque o jardín debe dividirse en zonas diferenciadas según la agrupación de especies vegetales con similares necesidades de agua.
- ▶ El análisis del suelo (capacidad de drenaje, de retención del agua, de penetración de la humedad), que permitirá la selección adecuada de plantas.
- ▶ La selección de plantas: principalmente autóctonas o especies adaptadas.

- ▶ Las zonas de césped prácticas, es decir, el césped utilizado no como relleno, sino buscando su mayor beneficio funcional: para prevenir la erosión en zonas de pendiente, por ejemplo. En cualquier caso, es preciso reducir las superficies de césped por su alta exigencia de agua, sustituyéndolas por especies tapizantes xerófilas.
- ▶ Riego eficiente. Sustituir el riego por aspersión (pues demanda gran cantidad de agua) por el goteo o los microaspersores, que llevan el agua a las raíces las plantas.
- ▶ El uso de acolchados o cubiertas para el suelo (mulching, según el término inglés). Esta suerte de mantillo no sólo conserva la humedad del suelo, previene la erosión y protege las raíces del frío o el calor excesivos, sino que también ayuda a reducir las malas hierbas que compiten por el agua. Las mejores cubiertas son las orgánicas, como acídulas de pino, trozos de corteza, restos de vegetación, compost, etc.
- ▶ Mantenimiento adecuado, que reduzca al mínimo el uso de fertilizantes, pesticidas y otros productos para mantener la vitalidad de las plantas.

Figuras 35 y 36.

Vegetación y mulch orgánico en dos xerojardines.

Fuentes: <http://www.jardinesquemegustan.com/2014/07/disenando-un-xerojardin.html>
<http://img-aws.ehowcdn.com/500x281p/photos.demandstudios.com/getty/article/41/38/87793382.jpg>, respectivamente.



5.7 Gestión de residuos sólidos urbanos (RSU)

Generalmente, no es esta una cuestión que suela asociarse a la reducción del consumo energético y, sin embargo, tiene una incidencia más que notable. A esa necesaria reducción pueden contribuir los barrios, siempre que se incorporen los sistemas y parámetros adecuados.

El Plan estatal marco de gestión de residuos (PEMAR, 2016-2022), que desarrolla las directivas europeas correspondientes establece como objetivos intermedios para los residuos que en el 2020, de acuerdo con la “Hoja de ruta hacia una Europa Eficiente en el uso de los recursos”: la reducción de la generación per capita de los residuos, el reciclado y la reutilización como opciones económicamente atractivas para los operadores, el desarrollo de mercados funcionales para las materias primas secundarias, la recuperación de energía limitada a los materiales no reciclables, práctica eliminación del depósito de residuos en vertederos.

Una adecuada gestión municipal implica, en primer lugar, la separación de la basura en origen en diversas fracciones (materia orgánica, vidrio, papel y cartón, envases y productos nocivos y/o peligrosos), así como de otro tipo de residuos (de obra, por ejem-

plo). Es preciso concienciar a los vecinos de la necesidad de su colaboración para hacer una separación de las diferentes fracciones de las basuras domésticas en origen, pues esto permite un tratamiento más eficaz de las mismas y la recuperación de buena parte de su valor intrínseco. Para ello conviene facilitar dentro de los barrios la accesibilidad a distintos tipos de contenedores donde depositar la mayor parte de fracciones posible de residuos. Al menos: fracción orgánica, envases y embalajes, vidrio, papel y aceites domésticos usados.

Una de las fracciones de los RSU más valiosa, además de la más abundante, es la materia orgánica, bien para la fabricación de compost bien para la biometanización. El segundo de los procesos es complejo y ha de realizarse en ámbitos específicos, pero el compostaje puede hacerse a escalas mucho menores, incluso dentro del ámbito doméstico. Es decir, podría plantearse cierta descentralización, implantando sistemas de compostaje de la fracción orgánica de los residuos en el ámbito municipal, con el fin de incorporar el compost obtenido en la gestión de parques y jardines municipales. A tal efecto podrían instalarse compostadoras bien en los espacios libres privados bien en los públicos. Al margen de la utilidad ecológica de las mismas, es interesante destacar su papel didáctico de cara a la concienciación de los niños sobre la necesidad de responsabilizarse individualmente en la sostenibilidad medioambiental.

Figura 37.

Compostadora comunitaria de Etxaburueta.

Fuente: <http://www.diariovasco.com/bajo-deba/201505/03/proponen-nuevas-zonas-compostaje-20150503002511-v.html>

