
Metabolismo urbano y ecoeficiencia

PID_00249408

Jacob Cirera
Marc Montlleó

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 4 horas



Índice

1. La ciudad como ecosistema y el metabolismo urbano.....	5
2. Desafíos y disfunciones en un periodo de crisis.....	8
3. La gestión de los residuos urbanos.....	11
3.1. Métodos avanzados de recogida y tratamiento de residuos	13
3.1.1. Sistemas de recogida selectiva	13
3.1.2. Plantas de tratamiento específico	14
3.2. Problemática en la gestión de residuos	15
4. El ciclo del agua.....	17
4.1. Su problemática	17
4.2. Mejoras en la eficacia del ciclo del agua	22
4.2.1. Actuación sobre los ecosistemas acuáticos	22
4.2.2. Incremento de la eficiencia de los sistemas de abastecimiento y distribución	23
4.2.3. Reducción de la demanda doméstica	25
4.2.4. Tratamiento de efluentes urbanos e industriales	26
4.2.5. Utilización de aguas freáticas	26
4.2.6. Obtención de agua potable a partir de desalación	27
4.2.7. La depuración de agua residual	28
5. Eficiencia y racionalización de la energía.....	29
5.1. El consumo de energía	29
5.2. Transformación/producción de energía	29
5.2.1. Fuentes de energía	31
5.2.2. Generación local de energía	32
5.3. La eficiencia energética en los centros urbanos	35
6. El tratamiento del metabolismo urbano.....	38
6.1. De los ciclos biogeoquímicos a las zonas urbanas	38
6.2. El concepto de metabolismo urbano	41
6.3. Aproximaciones metodológicas al metabolismo urbano	42
Bibliografía.....	47

1. La ciudad como ecosistema y el metabolismo urbano

La ciudad constituye un fenómeno complejo que se puede abordar desde muchas perspectivas, sin que ninguna de ellas por sí sola pueda dar una comprensión integral del problema urbano.

La ciudad, al igual que los ecosistemas, desde el punto de vista termodinámico, son sistemas alejados del equilibrio que se autoorganizan provocando incrementos en la entropía del medio que les rodea. Es decir, extraen energía de este medio para disiparla en formas no aprovechables como calor, gases, etc. Por esto, se las puede considerar estructuras de disipación. De la misma manera, necesitan importar del medio natural materiales que retornan al medio en forma de sustancias y partículas no aprovechables.

Sin pretender ninguna reducción científica, concretamente biológica, de un fenómeno tan complejo como es el urbano, la ciudad se puede considerar como un sistema ecológico, es decir, un conjunto de elementos de tal modo relacionados e interdependientes que constituyen un todo orgánico. Esta idea de la ciudad como ecosistema, aunque se ha desarrollado a partir de los años setenta y ochenta, se inicia con la Escuela de Chicago en los años veinte. R. E. Park, Dewey, James, Simmel, entre otros, formaron el núcleo de la escuela de sociología de Chicago que abrió paso a los estudios de ecología humana¹.

En efecto la ciudad se la puede considerar como un ecosistema, de hecho un sistema ecológico abierto, básicamente heterotrófico, es decir, que depende de la producción primaria de otros sistemas (por ejemplo, el mundo rural).

Cuando se consumen grandes cantidades de energía y materiales, como sucede en las grandes ciudades, el retorno al medio de los materiales disipados disminuye la calidad de los vectores implicados (la calidad de las aguas, la contaminación del suelo y del aire, la degradación de los bosques, la pérdida de biodiversidad...) por los problemas de contaminación.

Así pues, toda ciudad presenta unos flujos de entrada y salida de materiales y energía distinta. A este conjunto de entradas de materiales y energía, los posteriores procesos internos de transformación y las consecuentes salidas de materiales y contaminantes es lo que conocemos como el metabolismo de la ciudad.

⁽¹⁾En el libro **Erza Park, R. (1999).** *La ciudad y otros ensayos de ecología urbana.* Barcelona: Ed. Del Serbal, se pueden encontrar diferentes artículos de los inicios de la ecología humana.

Referencia bibliográfica

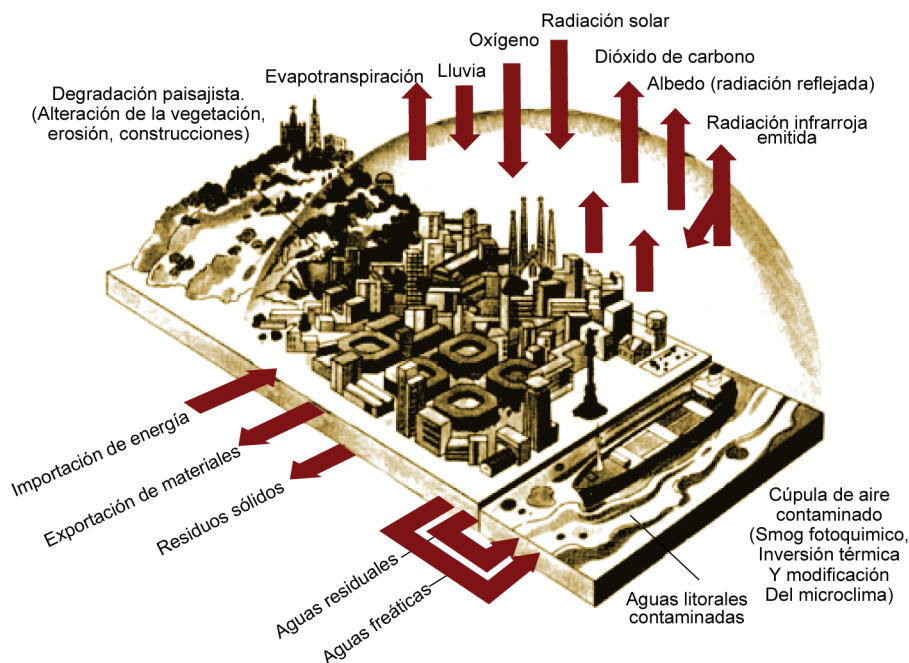
Erza Park, R. (1999). *La ciudad y otros ensayos de ecología urbana.* Barcelona: Ed. Del Serbal.

Esta aproximación del fenómeno urbano, desde el punto de vista de la ecología, es relativamente reciente. Quizás el primer estudio con estas consideraciones sea el de la ciudad de Hong Kong del año 1981. Asimismo, el caso de la ciudad de Barcelona es remarcable, donde el profesor Jaume Terrades y su equipo, en 1985, establecerían el mapa ecológico de Barcelona.

Desde este enfoque de ecosistema, las urbes dependen de los flujos de materia y energía que prevén tanto el metabolismo endosómico (los materiales y energía que consumimos) como el exosómico (los materiales y la energía que se utilizan, por ejemplo, para hacer viviendas, para el transporte, para los servicios, etc.). Una vez metabolizados, materiales y energía, parte de ellos se dispersan y parte vuelven al medio, pero con una pérdida de calidad (residuos), provocando problemas de contaminación en el entorno.

El metabolismo urbano concluye en un balance negativo de energía con su entorno.

Por tanto, las ciudades son sistemas que para mantenerse organizados necesitan, en términos ecológicos, otros sistemas que les proporcionen alimentos, agua, energía y materiales. Estas grandes cantidades de materiales metabolizados son después dispersados en forma de residuos, o contaminantes por el aire y por el agua, llegando afectar a un territorio muy amplio, más allá de los límites de la ciudad.



Metabolismo urbano de la ciudad y su entorno.
Fuente: Terrades, Parets y Pou. *Ecología d'una ciutat*. Barcelona

Las primeras ciudades dependían mucho de los alimentos y recursos hidrológicos de su entorno próximo. Pero las actuales grandes ciudades y metrópolis dependen de fuentes muy alejadas incluso para el suministro de alimentos y

Referencia bibliográfica

S. Boyden; S. Millor; K. Newcombe; B. O'Neill (1981). *The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong*.

Referencia bibliográfica

Terradas, J.; Burriel J. A. (2001). *Mapa ecològic de Barcelona*. In Castells E., Terradas J. (eds) *Aula d'Ecologia*. Cicles de conferències 1999 i 2000. Servei de Publicacions, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, p. 145-148.

productos básicos. El caso de la ciudad de Los Ángeles, en donde buena parte del suministro de agua potable procede del río Colorado, a casi 1.000 kilómetros de distancia, puede ser un buen ejemplo de ello.

Hay infinidad de casos: Ciudad de México, donde se extraen recursos hídricos muy alejados y profundos; o Beijing, ciudad con graves problemas de abastecimiento de agua que se está planteando extraerla desde el río Iang-Tsé, a más de 1.500 kilómetros. En otras ciudades, como el caso de Tokio, el suministro de algunos alimentos procede incluso de otros continentes (caso del maíz importado de Estados Unidos).

En cuanto a emisiones hay que recordar que, a pesar de que las zonas urbanas ocupan tan sólo un 3% de la superficie de la Tierra, representan el 78% de las emisiones de carbono, el 60% del consumo del agua de uso doméstico y el 76% de la madera utilizada para finalidades industriales.

Pero el metabolismo urbano no sólo puede ser analizado en términos de flujos (*inputs* y *outputs* sobre el entorno). Además, las urbes disponen de un gran paquete de información cultural, organizada de diferentes maneras, que es difícil de medir y en el que descansa buena parte de su capacidad evolutiva. Esto nos lleva a considerar la complejidad de los sistemas urbanos debido a la cantidad de información que dispone el hombre y sus organizaciones, información que atesoran de forma dinámica en el tiempo, y que son un indicador de diversidad como concepto ecológico.

El metabolismo hace descansar su capacidad evolutiva en la generación de información.

2. Desafíos y disfunciones en un periodo de crisis

En la actualidad, estamos inmersos en un cambio profundo de nuestra civilización, pasando de la sociedad industrial a la sociedad de la información o del conocimiento, en lo que podíamos denominar un período de crisis (crisis en el sentido de cambio profundo).

Hace más de seis mil años, los avances de las primeras culturas, en la cuenca del Éufrates, permitió, gracias a las técnicas de irrigación, la creación de las primeras ciudades. De esta manera, el hombre dejaba atrás el neolítico y las civilizaciones nómadas, empezando un nuevo tipo de vida basada en la agricultura, pasando a un nuevo modelo de sociedad eminentemente agrícola, con el denominador común de dependencia del sector primario, pero regida desde concentraciones urbanas.

Unos cuantos miles de años mas tarde, en el siglo XVIII, en Inglaterra, aparece la segunda gran revolución. De hecho, desde el Renacimiento, se empieza a gestar un profundo cambio social, técnico y científico que, a principios del siglo XIX, desembocará en la Revolución Industrial, caracterizada por el uso de los combustibles fósiles. Esto comportará, primero en Europa y después en todo el mundo, el inicio del declive de las antiguas sociedades agrarias; la modernización tecnológica llegó a la agricultura desde las ciudades, con el resultado de un importante aumento de la productividad y una mayor disponibilidad global de alimentos.

Esta nueva etapa de la humanidad no se lleva a cabo de una manera pacífica; esto queda demostrado, por ejemplo, en la persecución que sufrirán los científicos, y, sobre todo, en los enfrentamientos entre los sectores más conservadores, como los poderes religiosos depositarios de la ortodoxia ideológica ante el irresistible crecimiento del pensamiento racional científico.

Pero este nuevo pensamiento (modernidad) establece sus vínculos con la naturaleza desde una posición de prepotencia, sobre un cierto estado de euforia basado en que los avances científicos y las nuevas tecnologías tendrían soluciones para todos los problemas. Esta línea de pensamiento nos ha llevado, hasta hace pocas décadas, a pensar que el planeta y los recursos no tenían límites especialmente en el uso y disponibilidad de la energía.

La modernidad como momento de *euphoria* respecto a la tecnología. La inconsciencia de los límites.

El crecimiento de las primeras ciudades industriales necesitó el desarrollo de las comunicaciones, en una primera etapa ferroviaria, y más tarde de las carreteras. Esta es una pieza clave para favorecer la concentración de las grandes fábricas que se instalaban en las ciudades y producían una atracción de la mano de obra rural. Todo ello conllevó una serie de consecuencias como la monetarización de la economía, la expansión sin límites de la producción industrial y agrícola y, en especial, un crecimiento demográfico debido a la reducción de la mortalidad (sobre todo, la infantil) por la mejora de las condiciones de vida.

Pero el fenómeno de progresión geométrica en la concentración urbana de la población es relativamente reciente. Si en 1950 se estimaba que eran unos 750 millones de personas las personas que vivían en zonas urbanizadas, en el año 2000 esta cifra se había multiplicado por cuatro y actualmente, como ya se ha comentado, la población urbana es más de la mitad mundial.

No parece que el crecimiento de las ciudades, o mejor dicho, de las aglomeraciones urbanas, vaya a disminuir, y, lo que es más relevante: el ratio de población urbana a población total, en las zonas más desarrolladas del planeta, se acerca al 80%.

Con todo, más allá de las cifras, es una convicción profunda que las ciudades constituyen una forma de organización creativa. Las zonas urbanas son y han sido los centros de la evolución de la civilización moderna; han generado el poder económico y político sobre el que se han basado los imperios, y siguen siéndolo. Las metrópolis y ciudades compiten entre ellas para conseguir un papel relevante dentro del concierto internacional.

Desgraciadamente, las estrategias que utilizan las aglomeraciones urbanas están basadas en un aumento creciente del uso de los recursos y de la energía con un impacto cada vez mayor en los recursos y el medio ambiente del planeta.

Asimismo, se detectan cambios en el proceso de urbanización, ya de por sí insostenible, que conllevan nuevos problemas o amenazan con llevarlos a situaciones críticas. Mientras la emigración a las primeras grandes megalópolis se debió a la atracción que éstas ejercían, en la actualidad se debe más a la falta de oportunidades del mundo rural. En la mayoría de los países en vías de desarrollo, este flujo desde las áreas rurales supera la capacidad de las ciudades para proporcionar lugares de trabajo, viviendas, agua, luz, alcantarillas y servicios sociales, dando origen a asentamientos marginales, con condiciones infrahumanas y, en definitiva, a un incremento de la insalubridad y de los problemas de convivencia social.

La demanda excesiva de materiales y energía, a veces a miles de kilómetros de las ciudades y la emisión de los contaminantes posteriores, conducen a una multitud de disfunciones que hacen que, hoy en día, las grandes conurbaciones sean los sistemas que mayor impacto provocan en el planeta. Incluso los impactos globales que se derivan de la actividad humana y que afectan a la

Tierra –cambio climático, desertificación, pérdida de biodiversidad, contaminación de las aguas, agotamiento de las energías fósiles, etc.– tienen su origen (muchos de ellos) en los modelos de producción y gestión de las ciudades.

El impacto de las megalópolis en el cambio climático.

La aplicación de estos criterios de planificación basados en la especialización funcional del territorio, que han regido la urbanización desde las teorías del movimiento moderno, han llevado al colapso a las grandes ciudades, aparte de desproveerlas de la característica de "civis" (de mezcla de usos y actividades) que propició su formación.

Estos criterios de planificación basados en agrupar mismas funcionalidades significan que las siguientes áreas: vivienda, zonas comerciales, universidades, espacios verdes, industria, áreas de negocios, están separadas entre sí y unidas por grandes vías de comunicación. Ello implica un enorme consumo de tiempo y energía sólo por desplazamientos forzados por ese modelo de ocupación del territorio. La ciudad pierde flexibilidad y hace que no sea capaz de funcionar como una unidad orgánica eficiente y dinámica.

Además, muchas de las soluciones que se adoptan para mejorar la movilidad y la relación entre los diferentes subsistemas de estas modernas urbes, solamente mejoran las condiciones a corto plazo, disminuyendo los tiempos de comunicación interna de las megalópolis; a largo plazo, supone un colapso para la ciudad, ya que no sólo se malbarata energía, sino que la velocidad de comunicación entre distancias cortas se basa, exclusivamente, en la utilización de los vehículos privados. El caso de las ciudades estadounidenses y algunas europeas es paradigmático, puesto que se utiliza el vehículo para cualquier actividad cotidiana.

Además, la distribución de la población se jerarquiza a causa de las condiciones socioeconómicas, de tal modo que se crean espacios exclusivos según el nivel adquisitivo y social. Tal cosa va en contra del origen de las ciudades como crisol de la diversidad cultural. A ello se une un fenómeno consustancial al incremento del ámbito de influencia de la ciudad, de su tamaño, que es la ocupación urbana en baja densidad, la cual incrementa el coste de los servicios, aísla a la población y hace difícil una respuesta adecuada desde los requerimientos de la atención social a los ciudadanos.

3. La gestión de los residuos urbanos

En la naturaleza no se puede hablar de "residuo" en sentido estricto, ya que los ciclos naturales permiten la reincorporación de los materiales en los ecosistemas con unas tasas similares a las de su generación. Los sistemas urbanos, por su parte, rompen estos ciclos inmovilizando y acumulando los residuos en localizaciones concretas, lo que genera impactos ambientales que afectan a los sistemas socioeconómicos.

El metabolismo urbano produce una cantidad ingente de residuos, sin que por ello no se haya agotado la posibilidad de su reutilización. Si esta tendencia no cambia en los países industrializados, en el año 2025 se habrá multiplicado por cuatro la generación de residuos.

Cada vez el consumo se incrementa, no ya en los países industrializados, sino en los países pobres, aunque es evidente que para vivir hay que consumir, por lo tanto el consumo *per se* no es malo, teniendo en cuenta que las personas más pobres del mundo deben incrementar el consumo para poder llevar una vida más digna. El problema recae cuando el consumo es el único objetivo de una sociedad, o de una población o de un país. Entonces a la larga la calidad de vida disminuye, ya que nuestro entorno queda gravemente amenazado por la enorme explotación que recibe.

Nuestra vida moderna ha incrementado los productos de vida corta como los embalajes y los envases. La comida rápida, dejando aparte condiciones dietéticas y gastronómicas, incrementa en gran medida el volumen de residuos, no sólo por los envases y embalajes, sino por todo el proceso de elaboración y transformación de una *cheese burger*².

Los objetivos para una gestión sostenible de los residuos urbanos se basan no sólo en una gestión más eficiente, sino principalmente en reducir la explotación de materias primas para disminuir tanto las perturbaciones sobre los ecosistemas de donde proceden las materias primas, como mejorar las condiciones del entorno urbano, ya que se disminuye la cantidad de residuos y sus efectos negativos sobre la calidad de vida.

Cabe recordar que el mejor residuo es el que no se produce. Esto que parece una obviedad parece no acordarse en nuestra moderna sociedad. Sólo hay que recordar que un sencillo juguete de regalo incorpora una caja, varias bolsas, un marco de plástico duro en donde a veces se encuentra atornillado el juguete, envoltorios de corcho blanco, pilas, y evidentemente nos lo envolverán para regalo. En definitiva, un volumen importante de materiales que irán directamente a la basura.

⁽²⁾Las comidas con más calorías suelen proceder de alimentos que necesitan muchos recursos como por ejemplo la carne, que necesita muchos cereales agua y energía. Un ejemplo del incremento del consumo en comida rápida lo vemos en la India, en donde este sector está aumentado un 40% anual y se calcula que en el 2005 generará más de 1.000 millones de dólares en ventas, mientras un 25% de la población de ese país padece desnutrición. Fuente: *Informe del Estado del mundo 2004*. Worldwatch Institute.

Es necesario, pues, actuar con contundencia en toda la línea de transformación de las materias primas. Hay que minimizar la producción de residuos, intentando reutilizar los productos hasta agotar la vida útil de éstos. Recuperar y reciclar los materiales que forman parte de los residuos. Es necesaria una nueva filosofía: la mayor parte de los residuos tienen un valor que hay que aprovechar, hay que revalorizarlos. Por otra parte, hay que buscar nuevas formas de fabricación para permitir reducir la extracción de recursos. Los sistemas de fabricación deben ser más eficientes no sólo en la menor utilización de materias primas por unidad de producto, sino además generando un menor volumen de residuos en el proceso de fabricación.

Como vemos, para mejorar la eficiencia hay que actuar en todo el proceso de transformación y generación de residuos, dejando aparte los procesos primarios, en donde los flujos de materiales son transformados en productos para el consumo.

Uno de los principales retos es recuperar en gran parte los materiales consumidos que puedan considerarse residuos valorizables. Es necesario separar en origen las diferentes fracciones que componen la bolsa de la basura. Ello supone una mayor eficiencia en el tratamiento y la gestión de los residuos.

Contenedores recogida neumática	2005	
	Tm	Porcentaje
Recogida domiciliaria	666.957,6	77,6%
Recogida comercial	47.061,0	5,5%
Recogida en los mercados	21.826,4	2,5%
Puntos verdes	15.598,7	1,9%
Voluminosos	31.267,3	3,6%
Otras recogidas	76.156,6	8,9%
Toneladas totales	858.867,6	100%

Distribución de la captación de residuos según tipos de recogida en el caso de Barcelona

El programa prevé una serie de instalaciones diversificadas para la recogida y el tratamiento de los residuos urbanos, ubicadas en diferentes puntos de la metrópolis. Uno de estos equipamientos es el denominado Punto Verde, espacios en donde los ciudadanos, las pequeñas empresa y los comerciantes pueden depositar residuos selectivos que no son objeto de la recogida domiciliaria. En ellos se almacenan residuos reciclables: muebles, utensilios domésticos, cables, aparatos de ofimática, ropa, electrodomésticos, aerosoles, radiografías, aceites, fluorescentes, etc.

De hecho, la legislación de Cataluña obliga a todas las poblaciones de más de 5.000 habitantes a que dispongan como mínimo de un Punto Verde. En la ciudad de Barcelona existen pequeños Puntos Verdes en los diferentes barrios. Este servicio es gratuito para los ciudadanos (hasta 500 kg).

3.1. Métodos avanzados de recogida y tratamiento de residuos

3.1.1. Sistemas de recogida selectiva

Los sistemas de recogida selectiva, que favorecen la separación entre las fracciones orgánicas e inorgánicas en los domicilios, requieren contenedores específicos, que en España tienen determinados sus colores por normativa estatal.

Es indispensable la previa separación selectiva de residuos en la recogida de residuos de grandes productores (mercados, grandes superficies, comerciales, centros sanitarios, hoteles, restaurantes, etc.), con circuitos diferenciados de los residuos domésticos.

El papel cartón, que es la segunda fracción importante de las basuras, necesita un seguimiento especial. Los comercios son seguramente los que generan más embalajes de cartón y, por tanto, se debería destinar una recogida en cada punto.

Complementariamente, se usa con cierta frecuencia en centros urbanos de pequeñas poblaciones lo que se denomina "recogida puerta a puerta" de la bolsa de materia orgánica, mediante cubos de materia orgánica que se retiran periódicamente.

También se lleva a cabo la optimización de rutas de recogida, que dependen de la estructura específica de cada barrio.

En determinadas ciudades, en zonas de nueva urbanización, se utiliza la recogida neumática, que transporta los residuos domésticos mediante una red de conducciones soterradas (bien en bolsas genéricas o bien en bolsas de fracciones separadas) hasta silos de almacenamiento (generalmente en los subterráneos de los edificios) en donde mediante succión desde un área centralizada son compactados y preparados para transportarlos posteriormente a los centros de tratamiento y eliminación.

Red de recogida neumática por fracciones

Un ejemplo de red de recogida neumática por fracciones es la que se ha construido en Barcelona en la nueva zona urbanizada para el Fórum 2004. Este sistema entró en pleno funcionamiento en el 2005 y tiene el área de succión en la nueva Planta de Tratamiento Integral de Residuos Municipales (PTIRM). Los buzones de vertido se sitúan dentro de los diferentes edificios del área para evitar la proliferación de estos buzones por el espacio público. La red consiste en más de 4 km de tuberías de 0,5 m de diámetro en donde se han instalado 11 válvulas de succión, en los barrios adyacentes.

El ciclo de recogida empieza en el interior de los edificios o en los buzones situados en las calles, donde se depositan las bolsas de basura, mediante una compuerta, las bolsas caen por gravedad hasta las válvulas que están por debajo los buzones y cerradas. La distancia mínima de las bajantes, de unos tres metros, permite la acumulación de las basuras, hasta que las válvulas se abren por orden de la central de succionamiento. Cuatro turboextractores generan una depresión en las tuberías que, una vez abierta la válvula, aspira las bolsas de basura. Éstas circulan a una velocidad entre 50 y 60 km por hora. Una vez llegan a la central, son separadas del aire mediante dos ciclones y son descargadas a compactadores que introducen la basura en los diferentes contenedores. El aire es conducido a un circuito de filtrado y una vez depurado es devuelto al exterior. Este ciclo de recogida dura aproximadamente unas dos horas y se realiza una vez por la mañana y otra por la tarde.

Esta central está escasamente a 150 metros de la planta final de tratamiento de los diferentes residuos (ECOPARC), en donde son trasladados mediante cinta transportadora. La red de recogida está preparada para las diferentes fracciones de la basura a excepción del vidrio, por los problemas técnicos que conlleva.

3.1.2. Plantas de tratamiento específico

Existen diferentes tipos de plantas para tratamiento el tratamiento específico de los residuos:

- 1) Plantas de tratamiento específicas para estabilizar la materia orgánica y permitir generar biogás y compostaje, cuyo destino precisa de una gestión supramunicipal, ya que debería utilizarse en programas de recuperación de suelos.
- 2) Plantas específicas de tratamiento, reciclaje y recuperación de aceites, y de materias no orgánicas.
- 3) Plantas de selección de envases. Estas plantas seleccionan y reciclan materiales para obtener plásticos de diferentes tipos, *bricks*, papel-cartón, vidrio, latas. La capacidad total oscila alrededor de las 16.000 toneladas, con un porcentaje de recuperación de más del 80%.
- 4) Los ecoparques, que quizá sean las plantas más emblemáticas, son un complejo de tratamiento que combina instalaciones en un mismo recinto para el tratamiento y la eliminación de las diferentes fracciones de la basura. Éste es seguramente el principal reto, ya que los ecoparques son la pieza clave del tratamiento y la gestión de los residuos.

Ecoparques en el AMB

En la actualidad existen tres ecoparques en el área metropolitana de Barcelona, con una capacidad de tratamiento de unas 800.000 toneladas al año.



Valorización energética de los residuos, planta de tratamiento, depósito controlado y aprovechamiento en biogás en el caso del AMB

En los ecoparques se reutilizan diferentes fracciones: vidrio, papel-cartón, plástico y principalmente se trata la materia orgánica para la producción de biogás y compost. La capacidad total de compostaje es de unas 130.000 toneladas al año, la producción de biogás de unos 38 millones de m³/año y los subproductos recuperados superan las 70.000

toneladas/año. La producción de electricidad llega casi a los 50 MWh/año, funcionando los tres ecoparques citados.

5) En las plantas de valoración energética son eliminados la parte de los residuos que no se han recogido selectivamente ni se han reutilizado, el denominado "rechazo".

Planta de valoración energética de St. Adrià del Besos

Los desechos "rechazo" del área metropolitana de Barcelona son eliminados en la planta de valoración energética de St. Adrià del Besos, con una capacidad de unas 300.000 toneladas/año, que generan una producción eléctrica de 155.000 MWh/año. Esta planta, creada en 1975, sufrió una fuerte remodelación en el año 2000 para acondicionarla con la normativa europea de emisión de gases contaminantes y realiza un tratamiento térmico de las basuras utilizando la combustión a alta temperatura.

6) Las incineradoras son instalaciones en las que se produce una combustión controlada de los residuos. Los residuos se queman en hornos en los que la combustión se garantiza que se produzca a una temperatura de 850 °C y se controla la cantidad de oxígeno, un 6% de O₂ con turbulencia; de este modo se genera una buena combustión y se minimiza la generación de gases, cenizas y escorias, que son los productos resultantes de este tipo de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU). Una de las claves de la incineración, como se ha comentado, es la temperatura y el tiempo que el residuo permanece en el horno, que no suele ser más de 2 segundos. El control de la temperatura es fundamental para garantizar la minimización de gases y sobre todo evitar la producción de dioxinas.

Como se puede ver, la incineración es un sistema que permite reducir en gran parte el volumen de los residuos sólidos urbanos, una parte transformarla en gases, cenizas y escorias. A su vez, en el proceso se genera vapor que se utiliza para la producción energética, de ahí el nombre que también se les da de plantas de valorización energética de residuos. Pero como es evidente la materia no se destruye, sino que se transforma, por lo que sigue habiendo una serie de fracciones resultantes que deben seguir un tratamiento u otro.

Plantas de incineración en Cataluña

Actualmente en Cataluña hay cuatro plantas de incineración de RSU y todas ellas son de titularidad municipal. La tendencia actual es minimizar los residuos que se incineran intentando reciclar, reaprovechar o dar otro tipo de tratamiento a aquellos que pueden ser tratados mediante otro sistema, como por ejemplo la materia orgánica.

7) Las plantas específicas para la recuperación en forma de compostaje de los residuos procedentes de la poda y la jardinería (junto con fracción orgánica). En estas plantas a partir de unas 10.000 toneladas año de materia orgánica se producen más de 2.500 toneladas año de compost.

3.2. Problemática en la gestión de residuos

Como se puede apreciar, uno de los graves problemas ambientales que sufre el planeta es la generación de residuos. Hay distintas técnicas de recogida y se está mejorando en cuanto a la recogida selectiva. Existen tratamientos eficaces

para los distintos tipos de residuos, eso sí, siempre hay una fracción de rechazo, por las leyes de la física. Por ello lo ideal es no generar un residuo o minimizar su producción.

Otro de los problemas que suelen plantearse en la gestión de residuos es el famoso efecto NIMBY (*not in my backyard*): cada vez que se debe crear una nueva planta de tratamiento, vertedero, punto verde, incineradoras, etc. se genera una gran polémica y un rechazo social que en algunos casos llega a hacer inviable la ubicación de esa instalación, aunque técnicamente fuera uno de los emplazamientos óptimos. Falta todavía una gran concienciación de la población y esto implica todavía un largo proceso de cambio de mentalidad, que es generacional.

4. El ciclo del agua

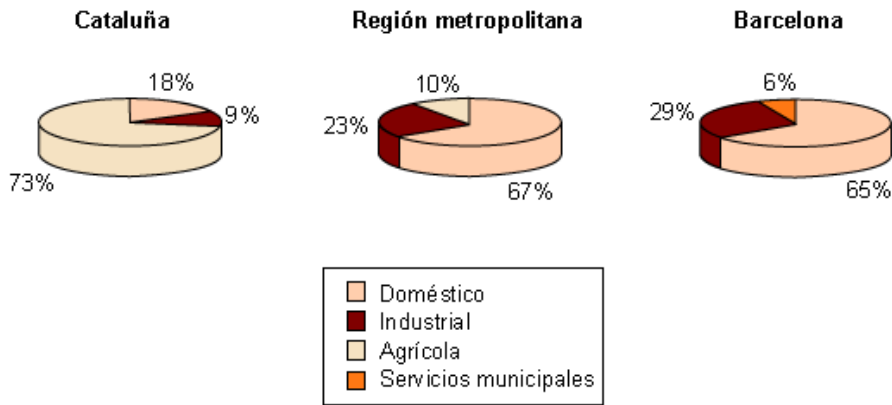
4.1. Su problemática

El agua, con toda seguridad, es el recurso natural más limitante del planeta. A menudo, en una primera impresión pensamos que se trata de un recurso renovable. Desde hace miles de años, el agua circula por el planeta entre los océanos, la atmósfera y por las escorrentías terrestres retorna a su origen, lo que crea una ilusión de abundancia.

Nada más lejos de la realidad. Si bien es cierto que a escala global parece inagotable, su distribución sobre la tierra tan heterogénea provoca graves disfunciones. Sólo hay que pararse a pensar en que la mitad de los recursos hídricos del mundo (40.700 hm³), se concentran en tan sólo seis países. Además, únicamente el 3% del agua del planeta es dulce y de ésta sólo un 1% está disponible para el consumo humano. Aun así, es mucha agua. Por tanto nos podemos preguntar ¿por qué es un recurso tan escaso? Porque a lo largo de los siglos el agua ha ido incrementando sus usos.

Hoy en día no sólo se utiliza, como antaño, como fuente para la agricultura y para las primeras necesidades, sino que además como recurso para el ocio, para la obtención de energía, para uso paisajístico, industrial, para la refrigeración, etc. La presión que el hombre ejerce sobre los ecosistemas de agua dulce se ha acelerado enormemente en las últimas décadas, comprometiendo estos sistemas, provocando efectos negativos como la pérdida de biodiversidad de las especies piscícolas, o la fuerte contaminación de las aguas en determinadas zonas.

Asimismo, el aumento de la población en los últimos 50 años ha supuesto que prácticamente se triplicará la demanda de agua en todo el mundo. La agricultura, con un 70%, es la principal consumidora, le sigue la industria, con un 22%, y las ciudades y municipios, con un 8%.



Consumo de agua por sectores en el entorno metropolitano de Barcelona (2005)

A pesar de que la tecnología ha mejorado, aún queda una tarea importante que llevar a cabo:

Aumentar la eficiencia en el consumo de agua, en especial en los países más deprimidos y en el campo de la agricultura.

En definitiva, no sólo es un recurso distribuido heterogéneamente, sino que el alcance y los ritmos de impactos que el hombre ejerce sobre los ecosistemas acuáticos hacen del agua uno de los principales problemas mundiales.

El agua presenta un curioso desafío: disminuir su consumo excesivo en una parte del planeta y garantizar la disponibilidad de este recurso en la otra parte. A diferencia de otras materias primas, el agua no sólo adquiere valor cuando se extrae para el consumo humano, sino que en su estado natural, como soporte de vida que es, posee un valioso valor económico. De hecho, éste es uno de sus problemas: en los costes de abastecimiento esta función vital del agua no es considerada, lo cual hace que su verdadero valor debería ser más elevado, ya que es necesario internalizar en los costes el valor ecológico del agua.

El futuro de los recursos hídricos en el planeta está muy comprometido debido a la heterogeneidad de su distribución y, sobre todo, a la ineficiencia de su uso. Hay que encontrar un equilibrio óptimo entre satisfacer las necesidades humanas y la preservación de los ecosistemas acuáticos.

Debemos cambiar nuestro concepto de gestión del agua: es necesario incorporar una nueva cultura del agua, que valore este recurso en su justa medida, priorizando el ahorro y la eficiencia, y a la vez garantizar una asignación suficiente y de calidad para la preservación de los ecosistemas acuáticos. Es precisa una nueva actitud en la planificación hídrica.

Hasta hace poco, las políticas del agua, no se habían planteado de una manera integral en todo el ciclo del agua. Eran actuaciones encaminadas a alcanzar una mayor oferta que la demanda, siempre intentando conseguir más recursos, sin plantear al agua como un recurso escaso y limitante, necesario para la conservación de los ecosistemas. Los propios estándares de calidad de los programas de planificación estaban diseñados más para conseguir una determinada calidad en el agua potable que con objetivos encaminados a recuperar la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Hay que pensar que la sobreexplotación de los recursos hídricos a la que se ha llegado tanto en calidad como en cantidad en determinadas zonas es consecuencia de políticas inaceptables y de disfunciones territoriales.

La excesiva urbanización supone problemas de garantía y calidad del agua. En primer lugar, se incrementa excesivamente la impermeabilización de las cuencas fluviales, lo que implica que lleguen a las redes de drenaje mayores caudales con lluvias cada vez menos importantes.

Además, la población expuesta a las inundaciones, debido a la ocupación de zonas inundables, se ha incrementado. Este crecimiento de las zonas urbanas afecta de la misma manera al sistema de saneamiento: al incrementar la red de colectores y alcantarillas, las aguas están más tiempo recorriendo la red de saneamiento y en las plantas depuradoras que en los cauces de los cursos fluviales.

El crecimiento de los núcleos urbanos de manera difusa, las urbanizaciones aisladas con una demanda excesiva de agua (riego de zonas ajardinadas y piscinas), la fuerte demanda por parte de una industria dilapidadora, el fuerte crecimiento en las zonas costeras para un turismo insostenible, el impacto de la agricultura y la ganadería sobre los acuíferos con el problema de contaminación de nutrientes, los vertidos incontrolados, la degradación de los tramos finales de ríos, etc. son algunos aspectos que están alterando fuertemente los ecosistemas acuáticos de todo el mundo.

Más del 20% de la demanda de las CIC pertenece a la AMB



Esquema del abastecimiento al entorno metropolitano de Barcelona

Cuando se habla de planificación hidrológica, se ha de tener muy presente el contexto climatológico y, por tanto, planificar atendiendo a estas características.

Las medidas que se deben implementar dentro de esta nueva actitud hacia el agua han de evaluar entre otras cosas las siguientes:

- La capacidad como potencial de abastecimiento de agua.
- Su calidad para su uso.
- La garantía de que el volumen de agua suministrada esté disponible en el momento en el que es preciso.
- El coste económico debe incluir todos los costes, tanto energéticos como los de impacto ambiental a escala local, regional y global.

Aunque el volumen de agua extraída de la naturaleza por las ciudades se puede evaluar en menos del 10% del total, su consumo concentrado exige importantes infraestructuras de captación y de saneamiento, así como pozos profundos que alteran en gran medida los ecosistemas acuáticos.

La planificación hidrológica en España

España es un país con disfunciones en el abastecimiento y la demanda del agua. El anterior gobierno redactó y aprobó en el año 2000 el Plan Hidrológico Nacional, severamente criticado por amplios sectores de la sociedad.

El Plan Hidrológico estaba basado en trasvases de grandes caudales, básicamente desde el río Ebro, para abastecer a otras regiones mediterráneas españolas. Proponía una serie de caudales para satisfacer la demanda de zonas meridionales, no sólo de usos agrícolas sino también para abastecer zonas costeras donde se da un determinado crecimiento basado en la urbanización con fines turísticos.

La presión popular de todas las poblaciones ribereñas del Ebro paralizó el plan. La alternativa propuesta por la ciudadanía se basaba en la denominada "nueva cultura del agua",

Ejemplo

Un ejemplo de ello es el clima mediterráneo, en donde las fluctuaciones en las precipitaciones pueden provocar períodos de sequía importante, por lo que es interesante que la planificación tenga en cuenta estos aspectos.

tendente a reequilibrar la demanda de agua en las zonas deficitarias mediante políticas de incremento de eficiencia, ahorro y planificación territorial.

La "nueva cultura del agua" no es sólo un conjunto de nuevas tecnologías para conseguir recursos hídricos mejorando la eficiencia y el ahorro, sino además es un nuevo enfoque en la gestión del agua, que se basa en la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (2000/60/CE), que –sin olvidar nuestras necesidades hidrológicas– propone centrar la atención en la mejora del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y garantizar una mejor calidad del agua para el consumo humano. Su aplicación se fundamenta en unos principios básicos:

- La sostenibilidad. Mejora de los ecosistemas acuáticos, lo que permite obtener suministros de aguas saludables y seguras.
- La subsidiariedad. Decisiones cercanas a las zonas donde se produzca la demanda y en donde se encuentran los problemas de contaminación.
- La eficiencia. Obtener agua al mejor coste posible con las mejores tecnologías que ofrezcan un menor impacto ambiental.
- La participación. Asegurar la transparencia en la información y en la toma de decisiones para obtener la aceptación social.

El cambio de Gobierno posibilitó la paralización del Plan Hidrológico Nacional y que, como contrapartida, se haya iniciado una política con nuevas medidas (desaladoras, recuperación de cauces, reutilización de aguas usadas, ahorro del uso, etc.) que no incluyen trasvases de agua de unas cuencas a otras.

El objetivo de mejorar la calidad ecológica de los ecosistemas y de los recursos se debe combinar con garantizar todos los usos del agua que sean sostenibles en los diferentes territorios. Es necesario asignar la tipología de agua para cada uno de los usos previstos de agua. No tiene sentido que para el riego agrícola o limpiar las calles se utilicen recursos de agua potable, ya que esto incide en el derroche del recurso. Asimismo, es necesario garantizar el abastecimiento de agua a todos los núcleos de población con el mismo rigor con el que se mejoran las condiciones ambientales.

La demanda excesiva de agua tiene su coste. La mayor parte de las megaciudades del mundo (ciudades de más de 10 millones de habitantes) están situadas en zonas con estrés hídrico y por tanto las extracciones superan con creces la capacidad de los sistemas hidrológicos. Además, aunque no se puede generalizar, las grandes ciudades tienen un problema en relación con el uso del agua: su gran derroche. Según palabras de Kofi Annan, las pérdidas de agua, ya sea por fugas de las redes de distribución o por una mala gestión, ascienden en las ciudades de todo el mundo a un 40%³.

⁽³⁾ Algunos datos son verdaderamente espectaculares: en África es corriente que entre un 50 y un 70% del agua extraída se derroche debido a pérdidas, conexiones ilegales, etc. Taiwán pierde un volumen aproximado de 2 hm³ al día debido a las pérdidas. En las ciudades de Estados Unidos que disponen de alta tecnología sus pérdidas en la red pueden alcanzar entre un 10 y un 30%.

Otro de los problemas es la gran heterogeneidad de la demanda de agua para usos domésticos. Este factor es muy ilustrativo de las diferencias entre las diferentes ciudades del mundo.

Heterogeneidad en la demanda de agua de uso doméstico

Las diferencias entre las ciudades muestran claramente las diversidades culturales y urbanísticas más allá de los avances tecnológicos. Veamos algunos consumos de ciudades: Turín 281 l/hab./día, Estocolmo 200 l/hab./día, Hamburgo 164 l/hab./día, Ámsterdam 155 l/hab./día, Zurich 180 l/hab./día. Estos valores destacan con los casi 400 l/hab./día de Tampa o los 825 l/hab./día de Phoenix. Barcelona, por ejemplo, tiene un consumo más que aceptable dentro de la media europea, con 116 l/hab./día, y ha disminuido un 25%

en los últimos años: desde hace unos años la mayor parte de la población barcelonesa toma medidas para el ahorro de agua.

El consumo excesivo no solamente repercute directamente en un gran consumo del propio recurso y afecta a los balances locales de agua, sino que hay que sumar los costes de potabilización y energía que esto representa.

Y aún más paradójico es el coste del agua. En las ciudades más pobres el coste del m³ es mucho mayor que en las ciudades ricas. En las zonas pobres de Delhi la gente paga a los vendedores ambulantes de agua más de 500 veces el coste del m³ de las zonas más ricas con conexión a la red.

Una paradoja es el caso de España, que –con grandes problemas en cuanto a la cantidad y calidad del recurso– tiene uno de los precios más bajo por m³ (0,57 \$/m³) de los países de la Unión Europea, cuando en países con mayor abundancia del recurso se paga mucho más. Un estudio realizado por la ONU donde se compara el precio del agua en 15 países desarrollados lo pone de manifiesto: el país más caro es Alemania con 1,91 dólares por metro cúbico y cinco veces superior al de Canadá, con 0,40 \$/m³. Dinamarca (1,64), Bélgica (1,54), Países Bajos (1,25), Francia (1,23), Reino Unido e Irlanda del Norte (1,18) son los países cuyo metro cúbico tiene un precio superior al dólar. Italia (0,76), Finlandia (0,69), Irlanda (0,63), Suecia (0,58) y España son los países europeos con precios más reducidos, pero siempre superiores a Estados Unidos (0,51), a Australia (0,50) y a Sudáfrica (0,47).

4.2. Mejoras en la eficacia del ciclo del agua

Hay distintos aspectos en los que hay que incidir para mejorar la eficiencia del ciclo del agua. Como ya se ha comentado, es necesario intervenir en todo el ciclo para mejorar a corto y medio plazo la disponibilidad de agua.

4.2.1. Actuación sobre los ecosistemas acuáticos

Un primer aspecto es la necesidad de actuar sobre los ecosistemas acuáticos de los que se extraen los recursos hídricos de las zonas urbanas. Muchas de estas zonas se encuentran alejadas a decenas y centenares de kilómetros de las ciudades y necesitan grandes infraestructuras de captación, distribución y potabilización del agua.

En determinadas áreas la relación recurso-demanda es limitante y las reservas hídricas dependen en gran medida de las características de los años climatológicos. Por otra parte, como en general el consumo industrial y agrícola representa un volumen importante, esto plantea problemas de calidad en los recursos. La calidad del agua y las sequías, entre otros factores, condicionan el abastecimiento en las grandes áreas urbanas, en donde la demanda es importante. Por otra parte, la fuerte estacionalidad de algunos territorios, como zonas áridas o determinadas zonas costeras, agrava los problemas de demanda de agua.

Preservar estos recursos hídricos, desde el punto de vista ecológico, es la mayor garantía para mejorar la eficiencia y disponibilidad de agua para los diferentes usos urbanos.

Cada vez más, los costes de potabilización de las aguas son mayores debido al grado de contaminación en el que se encuentran los recursos superficiales y subterráneos. La contaminación difusa crece más y las aguas tanto superficiales como subterráneas padecen los problemas derivados de la eutrofización, la contaminación por compuestos órgano-clorados, el incremento de salinidad, etc.

Esto afecta a la calidad de las aguas y, por tanto, a su potabilización. En el mejor de los casos complica y encarece los procesos de potabilización, si no es que según su calidad hace inviable su utilización. A menudo el tratamiento de las depuradoras no garantiza una calidad adecuada de retorno del agua a los ecosistemas fluviales para regenerar la vida acuática.

Un problema relacionado con la sobreexplotación de las aguas superficiales es la falta de caudales ecológicos o de mantenimiento, que comprometen la recuperación ecológica de los cauces fluviales. La fuerte extracción de recursos junto con el vertido de aguas residuales tratadas o insuficientemente tratadas imposibilita la recuperación de la calidad ecológica de los ríos, ya que no permite recuperar la capacidad natural de autodepuración de los cursos fluviales. Esto es especialmente grave en zonas en donde además, ya sea por las condiciones climatológicas (clima mediterráneo) o por la fuerte derivación de caudales para riego agrícola o usos industriales, los cauces fluviales presentan tramos con escasos caudales.

Igualmente, la sobreexplotación y la pérdida de calidad de las aguas subterráneas presentan muchos problemas, sobre todo en aquellas grandes metrópolis que se abastecen a partir de las unidades hidrogeológicas. Muchas de estas unidades tienen un papel estratégico en las demandas urbanas. Desgraciadamente, la contaminación de todo tipo y la fuerte salinización debida a los fuertes bombeos (entrada de agua de mar) son algunos de los graves problemas que afectan a los acuíferos.

4.2.2. Incremento de la eficiencia de los sistemas de abastecimiento y distribución

Otra de las medidas es incrementar la eficiencia de los sistemas de abastecimiento y distribución. Aunque empieza a presentar problemas de gestión en determinadas ciudades, la creación de redes separativas para las aguas residuales y pluviales es una medida ambiental que favorece el medio receptor en donde se vierten las aguas. En gran parte de las ciudades modernas las redes de alcantarillado son unitarias. No obstante, en determinadas zonas geográficas (normalmente aquellas en cuya instalación influyó la técnica inglesa) las redes son separativas. Esto permite una mayor eficacia en el tratamiento, ya que las aguas residuales, con mayor carga contaminante, son tratadas en las depuradoras mientras que las pluviales, con menor impacto ambiental, vierten directamente al medio mediante aliviaderos.

En algunas ciudades, en donde los episodios de lluvia son muy concentrados en el tiempo, la red de aguas negras o la de pluviales disponen de depósitos de retención.

Función de los depósitos de agua pluvial

El retener el agua pluvial en estos depósitos permite que el primer volumen de lluvia procedente de la escorrentía urbana fuertemente contaminada (papeles, hojas, polvo, etc.), sea retenido en grandes depósitos. Una vez pasado el episodio de lluvia esta agua es bombeada a las depuradoras para ser tratada. Esta medida favorece las condiciones del medio receptor, ya sean las aguas costeras o los espacios fluviales.

Los depósitos de agua pluvial tienen otra función importante y en algunos casos primordial: laminar las aportaciones producidas por las lluvias torrenciales y evitar posibles inundaciones en lugares deprimidos de ciudades o del territorio susceptibles de ser inundados por episodios de lluvia.

Técnicas de drenaje urbano sostenible

En la actualidad, se utilizan técnicas de drenaje urbano sostenible. Básicamente se trata de zonas donde se pueda retener e infiltrar el agua; la idea principal que hay detrás es la de acortar el ciclo del agua, que el agua de lluvia vuelva lo antes posible al medio receptor, o que se infiltre y contribuya a la recarga del acuífero. Hay TDUS en parques, en aceras urbanizadas, en alcorques, en medianas de infraestructuras o de grandes calles.

Antes de aplicar este tipo de técnicas, debe conocerse bien el funcionamiento hidrogeológico de la zona, la topografía, si hay o no suelos contaminados, la calidad del agua y el estado del freático, también debe valorarse la permeabilidad, la capacidad de recarga y cómo puede influenciar esta sobre estructuras o elementos existentes. Suelen ser técnicas que se utilizan en países donde la pluviometría es elevada y básicamente buscan evitar que el agua de lluvia se incorpore al alcantarillado, que no suponga un mayor esfuerzo para el sistema de alcantarillado y, a su vez, que pueda generar beneficios ambientales. Se debe evaluar bien dónde aplicar estas técnicas, se deben considerar las características del emplazamiento, así como valorar los costes y beneficios de aplicarlas. En el clima mediterráneo, su aplicación presenta una serie de dificultades, lluvias torrenciales con elevada intensidad, eso comporta que haya mucha escorrentía en función de la topografía y que disminuya la infiltración en los TDUS, debido a que el agua va por las calles y superficies impermeables a mayor velocidad. Otro aspecto en climas secos es que muchos de estos mecanismos se pueden obturar o reducir su eficacia debido a la cantidad de polvo que hay en el ambiente. El hecho de que pueda estar semanas o meses con poca o nula precipitación puede hacer que la eficacia de los TSUDS se vea algo modificada, sobre todo en zonas donde haya materiales pulverulentos, contaminación de partículas o sitios donde se pueda acumular la suciedad.

El plan de alcantarillado se ha ido renovando, la última revisión es del año 2004. En él se hace una diagnosis de la red de alcantarillado, se planifican las actuaciones para la mejora del sistema y se incorporan también las previsiones de depósitos anti-DSU. En la actualidad, Barcelona cuenta con trece depósitos anti-DSU y antiinundación. La capacidad de retención es de aproximadamente unos 500.000 m³, hay de depósitos de más de 70.000 m³ a depósitos más pequeños de 15.000 m³.

Barcelona, desde hace ya más de veinte años, explota las aguas del subsuelo para abastecer parte de los requerimientos hídricos de los servicios municipales, principalmente riego de parques y jardines, riego de soporte para el arbolado, baldeo de calles y para la limpieza de los depósitos anti-DSU. El plan analiza los recursos existentes en Barcelona, evalúa las necesidades y usos potenciales para esta agua y dimensiona la demanda potencial de los servicios municipales. El plan mapifica este análisis y también establece los proyectos y actuaciones necesarias para poder ir cubriendo las demandas potenciales. El plan se organiza por sistemas y zonas de la ciudad.

Los recursos existentes en la ciudad se estiman en 16,6 hm³/año, el límite máximo de explotación sostenible se estima en unos 11 hm³/año. El entorno metropolitano también puede contar con el recurso de agua regenerada, agua tratada de la depuradora que se ha sometido a un tratamiento de refinamiento para su uso posterior, se estima un potencial de agua regenerada de 2,6 hm³/año, y con agua que se extrae de las infraestructuras subterráneas (principalmente del metro) con otros 3 hm³/año. Todos estos recursos permiten sustituir la utilización de agua potable para los principales usos que tienen los servicios municipales, para riego de zonas verdes, para la limpieza de calles, para riegos de mantenimiento del arbolado viario, y para la limpieza de los depósitos de retención.

De este modo, se diversifica el origen de recurso, no se malgasta agua potable para usos que no requieren esa calidad y, a su vez, se puede regular el nivel freático de ciertas zonas y evitar conflictos con las infiltraciones en las infraestructuras soterradas.

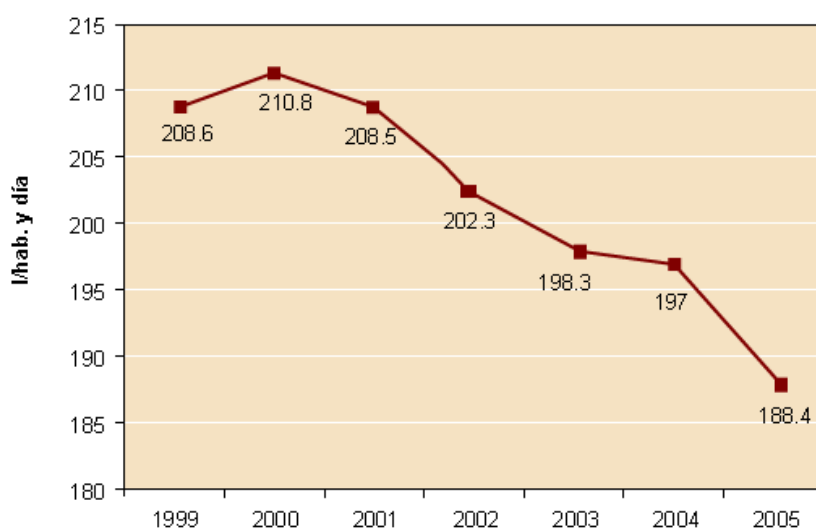
4.2.3. Reducción de la demanda doméstica

Otro de los factores importantes que se debe considerar es la necesidad de reducción de la demanda doméstica. En este sentido, influyen diferentes conceptos. En primer lugar, la instalación de dispositivos de ahorro de agua, control de fugas y goteos de los grifos y electrodomésticos más eficientes. Esto puede representar hasta un 35% de ahorro potencial de agua en una casa.

Nota

La instalación de estos sistemas (no incluye obviamente los electrodomésticos) en una casa puede ser amortizada en un tiempo relativamente corto y, por tanto, no supone un esfuerzo económico importante.

Disminución del consumo global de agua en un 10% y doméstico de un 8% en Barcelona



Datos sobre el ahorro en el consumo doméstico de agua

Caso Estados Unidos

En Estados Unidos se calcula que el consumo de agua de los baños de los casas es aproximadamente de unos 262 l/hab./día. Las viviendas que instalan dispositivos de ahorro (en inodoros, duchas, grifos), así como electrodomésticos eficientes, pueden llegar a consumir sólo del orden de 170 litros l/hab./día.

Caso Cataluña

En Cataluña se realizó una prueba piloto que la llevaron a cabo el Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña y Ecologistas en Acció. Trabajaron en distintos municipios y en diferentes tipologías edificatorias de los barrios de estos municipios, con lo que cubrieron un amplio espectro social. La campaña consistió en entregar a las familias participantes mecanismos de ahorro, aireadores, reductores, limitadores de caudal, para instalar en su vivienda. También se realizó una campaña educativa y explicativa. La prueba duró todo un año y como resultado general podemos hablar que se consiguieron reducir los consumos entre un 5,8 y un 11,1% para aquellas viviendas que habían establecido una instalación total de los elementos de ahorro.

Otro de los sistemas que se utiliza para incrementar el ahorro y la eficiencia es el de adaptar el precio del agua con tarifas que intenten penalizar el uso excesivo de este recurso. Las tarifas en bloques crecientes con una base míni-

ma, teniendo en cuenta el número de personas por vivienda, y que incorporen recargos especiales ayudan a que el usuario se acostumbre al ahorro y a un uso limitado del agua.

Seguramente uno de los consumos más importantes en las ciudades son los jardines y más concretamente el mantenimiento de zonas con césped.

En determinadas poblaciones con zonas importantes residenciales el incremento de la demanda de agua se produce igualmente por el número elevado de piscinas individuales. Evidentemente, éste es un modelo insostenible no sólo por el consumo excesivo de suelo, sino por el derroche de agua en la jardinería y en las piscinas.

Llegado a este punto, es preciso recordar la necesidad de diversificar los orígenes del agua para diferentes usos. Consumir agua potable en zonas con un estrés hídrico importante para actividades paisajísticas, de ocio o de limpieza es no sólo un problema económico, sino una dilapidación de los recursos hídricos. En la actualidad hay muchas ciudades que poseen varias redes de abastecimiento con tipología de agua distinta para usos diferentes. El agua procedente de la reutilización de las aguas residuales puede ser muy válida para diferentes usos, como el riego de las zonas verdes, limpieza viaria, descarga de inodoros en las viviendas.

4.2.4. Tratamiento de efluentes urbanos e industriales

El avance de las tecnologías de filtración (microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración), la osmosis inversa y la electrolisis reversible es la responsable de que hoy en día se puedan obtener a partir de efluentes urbanos e industriales aguas regeneradas de gran calidad, aptas prácticamente para cualquier uso (hay que tener precaución para el consumo humano).

La calidad de las aguas regeneradas depende en gran medida del origen de éstas, ya que determinados tratamientos son poco competitivos ante los precios del agua.

4.2.5. Utilización de aguas freáticas

Utilización de agua freática en Barcelona

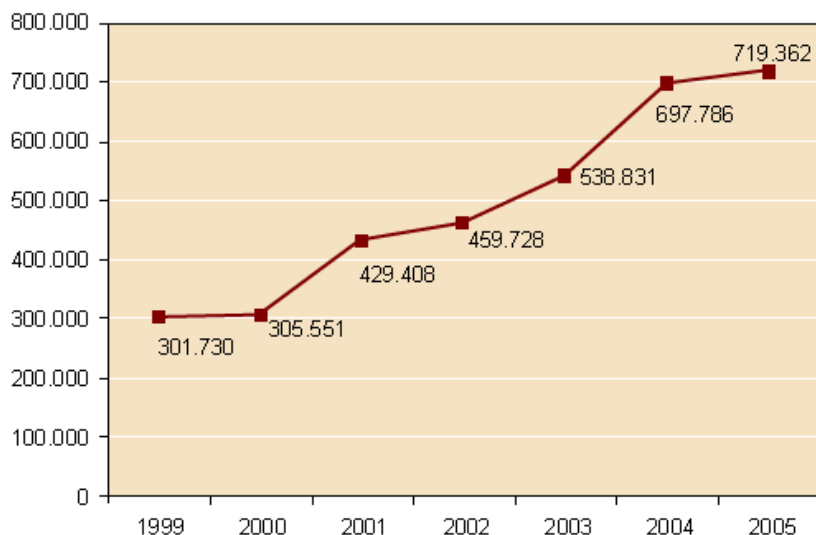
La ciudad de Barcelona ha iniciado desde hace unos años la utilización de agua no potable para el riego de las zonas ajardinadas. Esta agua procede del freático del delta del Besos. El acuífero, muy utilizado por las industrias, fue abandonado en la década de los sesenta y setenta, ya que éstas se trasladaron fuera de la ciudad; además, los problemas de contaminación las hacían inviables para el consumo humano. Después de muchos años los niveles piezométricos se han ido recuperando.

Ejemplo

En Estados Unidos los céspedes gastan más de 30.000 millones de litros de agua. Por ello es importante introducir sistemas modernos de riego como el goteo y cambiar algunos planteamientos paisajísticos introduciendo en los jardines plantas xerófitas con menos necesidades hídricas (evidentemente según el área geográfica).

Costes indicativos de un tratamiento por electrodiálisis

Los costes indicativos a partir de un tratamiento no muy exigente basado en electrodiálisis reversible para la regeneración para uso urbano o industrial puede oscilar entre 0,15 y 0,25 €. Evidentemente, tratamientos con sistemas de filtración por riego o basado en sistemas naturales son mucho menos costosos.



Aumento del consumo de agua freática en un 140% entre 1999 y 2005 en Barcelona



Utilización de agua freática por parte de los servicios municipales de Barcelona

4.2.6. Obtención de agua potable a partir de desalación

La utilización de nuevas tecnologías es una nueva fuente de producción de agua potable. Cada vez hay más ciudades en todo el mundo que obtienen el agua potable a partir de la desalación de agua salobre o de mar para satisfacer las demandas.

La mejora de la tecnología de osmosis inversa, así como el incremento de los parámetros de calidad del agua desalada, han permitido disminuir los costes económicos y energéticos minimizando el impacto ambiental de los subproductos de la desalación. Países como Israel antes del 2008 generarán hasta la mitad de su consumo urbano a partir de la desalación.

A pesar del incremento de la eficiencia energética de las desaladoras, estas plantas son aún grandes consumidoras de energía⁴. No parece lógico que la obtención de nuevos recursos hídricos haya de suponer un incremento de la ineficiencia energética o de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. En casi todo el mundo las grandes desaladoras van asociadas a plantas térmicas de ciclo combinado.

La garantía del proceso de desalación es muy alto y prácticamente su limitación es la demanda energética. De todas maneras, la desalación es un sistema muy rígido y por tanto poco elástico a las fluctuaciones de la demanda. Por lo que se refiere a su calidad se puede obtener agua con una conductividad de hasta de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, muy inferior al resto de recursos; además, esto hace que prácticamente no sea necesario un proceso posterior de potabilización. Los costes actuales de desalación se encuentran en los 0,45 euros por metro cúbico de agua tratada sin contar la distribución posterior. Este precio ira descendiendo en los próximos años.

Cifra mundial de plantas desaladoras

Actualmente hay más de 9.500 plantas desaladoras en todo el mundo, con un caudal aproximado de tratamiento de 11.800 $\text{hm}^3/\text{año}$, lo que significa cerca del 0,3% del agua consumida en el mundo.

⁽⁴⁾El consumo actual de una desaladora oscila alrededor de los 3,5 kWh/m^3 . A medio plazo, con la mejora de las membranas, que permitirá trabajar a menor presión, se podrá llegar a un consumo de entre 2,5 y 2,8 kWh/m^3 .

4.2.7. La depuración de agua residual

La depuración del agua residual es fundamental, ya que uno de los mayores impactos son las aguas residuales vertidas sobre nuestros cauces o sobre nuestra costa. Es usual pasearse por nuestro territorio, en el mayor sentido de la palabra, y encontrar rieras, torrentes, ríos y lagos con una mala calidad ecológica de sus aguas. Y así lo ha comentado en múltiples ocasiones la Unión Europea, en lo relativo al incumplimiento por parte de nuestro país de una gestión ecológica de las aguas superficiales y subterráneas, por falta de depuradoras o mala gestión de ellas.

Es usual hallar urbanizaciones de los años setenta que todavía hoy en día no tienen un sistema de recogida de agua fecal y en muchos casos ni si quiera cuentan con el mecanismo más simple, el de la fosa séptica.

Plantas depuradoras en Cataluña

En Cataluña hay más de 250 plantas depuradoras diseminadas por el territorio y aun así la mayoría de los tramos bajos de nuestros ríos padecen de un mal estado ecológico de sus aguas. Es cierto que en los últimos años han mejorado respecto a los setenta-ocho, pero distan aún de ser lo que fueron hace menos de un siglo: ecosistemas. Por otro lado, el tema de las urbanizaciones, o de los asentamientos de baja densidad, ha provocado la recurrencia a sistemas de depuración natural mediante lagunajes.



Planta depuradora del Llobregat: tratamiento biológico y tratamiento terciario

5. Eficiencia y racionalización de la energía

5.1. El consumo de energía

La transformación y el consumo de energía es una de las actividades humanas que más perjudican al medio ambiente, ya que aproximadamente dos terceras partes de los gases de efecto invernadero proceden de ello, y consecuentemente del cambio climático. Las ciudades necesitan grandes cantidades de energía pero también productos cuya fabricación y suministro las convierten en sistemas altamente consumidores de energía.

Consumo energético de las ciudades

Se estima que un 75% de la energía a escala mundial se destina a mantener la compleja organización de las ciudades, sobre todo por consumo directo de ella.

La composición de la oferta energética influye fuertemente en el modelo de ciudad y determina en gran medida las condiciones ambientales de la urbe (calidad del aire que se respira, ruido, contaminación lumínica, etc.). El modelo energético en el que se basa el funcionamiento de la gran mayoría de las conurbaciones de países desarrollados depende de formas de energía derivadas de combustibles fósiles y nucleares, aprovecha escasamente las fuentes de energía renovables locales y hace un uso ineficiente de los recursos energéticos que consume. Se trata de un modelo de ciudad insostenible.

Es necesario, por tanto, mejorar la eficiencia energética y racionalizar el consumo de energía de los sistemas urbanos, modificando a la vez la oferta energética con la mayor utilización de energías limpias y renovables. Y para ello hay que reconsiderar la eficiencia de la producción/transformación y distribución de la energía en la ciudad, el modelo urbano y la adecuación arquitectónica de los edificios. Conocer cuáles son los flujos energéticos de una ciudad, el modelo y la oferta energética, nos permitirán plantear alternativas más eficientes y racionales energéticamente.

5.2. Transformación/producción de energía

Los recursos primarios de energía no se consumen, generalmente, en la forma en la que se extraen, sino que experimentan transformaciones que permiten que puedan ser aprovechados en forma de electricidad, calor, o combustibles para satisfacer las necesidades energéticas finales. Estas transformaciones suponen una pérdida de energía, de modo que la energía primaria consumida es siempre mayor que la energía final, y, a su vez, la obtención de energía útil a partir de la energía final también tiene su propia eficiencia dependiendo del proceso de transformación. A ello se han de añadir las pérdidas energéticas derivadas del transporte y la distribución de la energía.

El modelo energético actual, del cual dependen la mayoría de los sistemas urbanos, es un modelo fuertemente centralizado en el que la producción y la transformación de energía tiene lugar en centros ubicados generalmente fuera de los límites del propio sistema urbano, mientras que el consumo de energía se da en la propia urbe. Sin embargo, cuando se analiza la generación de energía final, se observa que este modelo presenta además dos características opuestas: por un lado, concentra la generación eléctrica y la aleja del usuario final y, por el otro, descentraliza la generación de la energía calorífica. Este modelo provoca que:

- La energía deba ser transportada y distribuida hasta la ciudad, mediante una amplia red de infraestructuras de transporte, con considerables pérdidas de energía e impactos sobre el medio.
- La calidad de los servicios energéticos dependa del buen funcionamiento de los sistemas de producción y distribución (posibilidad de cortes eléctricos, posibles desabastecimientos de combustible).
- La ciudad no se responsabilice de las externalidades de la producción de la energía que consume, normalmente generada con combustibles fósiles y nucleares.

Por tanto, con el fin de conseguir un modelo energético para las ciudades más eficiente y más sostenible es necesario:

- Acercar los centros de producción de energía a los puntos de consumo, lo que permitirá reducir las pérdidas y establecer sinergias, aunque con el fin de minimizar el impacto sobre el medio urbano deberán adoptarse tecnologías menos contaminantes y más eficientes. Ejemplos de ello sería la sustitución de centrales térmicas convencionales por centrales de ciclo combinado o centrales que aprovechen recursos renovables, como la biomasa generada en el propio medio urbano, o la valorización de residuos urbanos.
- Generar parte de la energía que consume la ciudad en su propio territorio, de manera mas eficiente y en la medida de lo posible aprovechando los recursos renovables locales.

5.2.1. Fuentes de energía

Fuentes de energía no renovables

Fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran en cantidades limitadas y se extinguen con su utilización; agotadas las reservas no pueden regenerarse. Hablamos de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y el uranio, que es la materia prima para obtener la energía de fisión nuclear.

Todas estas fuentes de energía tienen unas reservas que se pueden considerar finitas, ya que necesitan mucho tiempo para ser repuestas, y con una distribución geográfica no homogénea.

No obstante, el metabolismo urbano de las ciudades se sostiene, actualmente, sobre los combustibles fósiles. Un estoque de combustibles que disminuirá constantemente y que puede aumentar de precio ostensiblemente en un futuro no muy lejano.

Fuentes de energía renovables

Fuentes de energías renovables son aquellas que, al provenir del sol, son inagotables a escala humana. Además de la energía solar, el sol es el origen de la eólica (las diferencias de calor son las que provocan las diferencias de presión que originan el viento), de la hidráulica (el sol ordena el ciclo del agua, al provocar la evaporación y las lluvias) y de la formación de la biomasa (la materia vegetal que se sirve del sol para vivir y crecer). También son inagotables la energía geotérmica, procedente del vapor natural de la Tierra, y la de las mareas, causada por los campos gravitatorios terrestre y lunar.

Estas fuentes de energía se consideran fuentes limpias, son más respetuosas con el medio ambiente, no producen las emisiones de gases de efecto invernadero de los combustibles fósiles ni generan residuos de difícil tratamiento.

La ciudad aprovecha la energía solar térmica mediante sistemas de captación que, dependiendo del tipo de instalaciones, se pueden clasificar en sistemas de temperatura alta y media, que calientan agua, aceite o aire para usos térmicos o de producción de electricidad mediante una turbina de vapor; y los sistemas de baja temperatura, los más extendidos, que se utilizan para la obtención de agua caliente para usos sanitarios.

Aprovecha la energía fotovoltaica transformando los rayos solares en electricidad, mediante captadores fotovoltaicos que producen corriente continua, que se puede almacenar en baterías o convertir en corriente alterna e inyectarla a la red eléctrica.

Aprovecha energía eólica, además de en sus tradicionales aplicaciones mecánicas, para la producción de electricidad gracias a la utilización de aerogeneradores, que la transforman en energía eléctrica.

5.2.2. Generación local de energía

El concepto de generación local, o generación en el ámbito urbano, tiene dos vertientes:

- Generación de energía eléctrica y térmica mediante procesos de combustión de fuentes fósiles.
- Generación de energía eléctrica y térmica mediante fuentes renovables (biogás, energía solar, etc.).

Con la generación local se pretende aumentar la eficiencia energética respecto a los sistemas tradicionales y reducir las pérdidas de distribución.

El sistema de la generación local puede tener diferentes escalas (desde el orden de kilovatios (microgeneración) hasta decenas de MW). El hecho de apostar por la microgeneración o la generación local en general no significa prescindir de las redes eléctricas, más bien al contrario: se necesitan unas redes potentes y robustas para optimizar el conjunto del sistema eléctrico y obtener el máximo rendimiento energético de la generación local. Por otro lado, las pequeñas instalaciones dentro de la ciudad aumentan la diversidad de fuentes eléctricas y la seguridad de suministro en el caso hipotético de que el sistema eléctrico falle, al tiempo que permiten acercar la generación a los puntos de consumo y ganar en eficiencia.

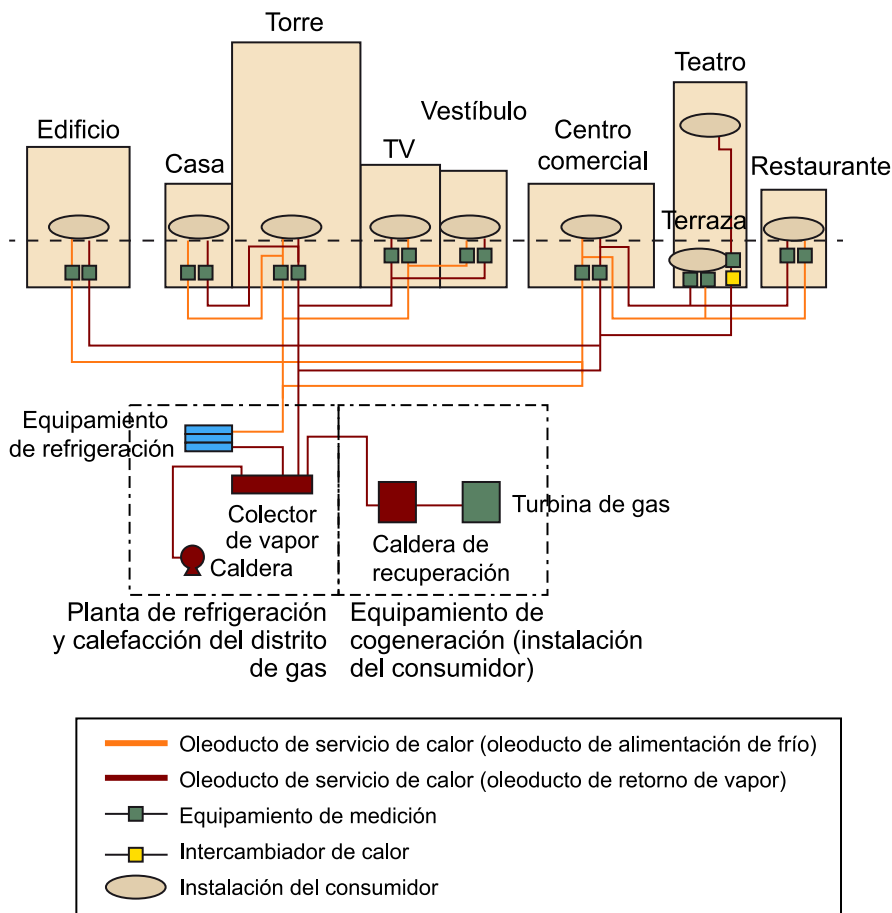
Tecnologías de generación local

Algunas de las tecnologías más destacadas son la cogeneración y la trigeneración con motores y turbinas de gas, y en un la pila de combustible.

Sistemas centralizados de climatización

Otra forma de aumentar eficiencia son los sistemas centralizados de climatización que proporcionan a distintos edificios la energía térmica necesaria para su climatización, en forma de agua caliente y/o agua fría generada en una instalación centralizada, con el consecuente aumento de la eficiencia. La tendencia es la de aplicar técnicas de cogeneración (producción de electricidad y uso simultáneo del calor residual para calefacción y refrigeración), técnicas que pueden permitir alcanzar una eficiencia elevada, entre un 70 y un 90% de la energía primaria.

Esquema de un sistema centralizado de calefacción y refrigeración



Esquema de un sistema centralizado de calefacción y refrigeración. (District Heating and cooling, DHC)

La energía solar térmica

La generación de energía más limpia será la procedente del aprovechamiento de los recursos renovables. El más usual es el de la energía solar térmica, para lo cual se utilizan instalaciones compuestas por un sistema de colectores que captan la energía solar y la transforman en energía térmica, una serie de depósitos que almacenan el agua caliente, y un sistema de distribución, válvulas, y bombas que transportan el agua caliente desde el sistema captador hasta el de acumulación y de éste a los puntos de consumo. Si las necesidades de calor a lo largo del año no coinciden con la energía solar que recibimos, podemos instalar una fuente de energía complementaria que se activará cuando la energía almacenada en los captadores no sea suficiente.

En las ciudades, los captadores solares se pueden instalar en terrazas, tejados, fachadas o patios soleados, siempre siguiendo criterios arquitectónicos que permitan la máxima integración de los elementos en la edificación y minimicen el impacto visual. Los colectores generalmente deben orientarse al sur, y con una inclinación similar a la latitud de lugar, de modo que se maximice la energía captada. Estas instalaciones pueden aportar, en el caso de viviendas

u hoteles, más del 60% de la energía necesaria para calentar el agua sanitaria doméstica, y también permiten calentar agua para otros usos, como calentamiento de piscinas, calefacción e incluso refrigeración.

Descripción de los sistemas de una instalación solar térmica

Sistema	Componente	Función
Captación	Captador solar	Captar la radiación solar y transformarla en energía térmica.
Acumulación	Depósito	Almacenar energía térmica.
Intercambio	Intercambiador	Realizar la transferencia de calor.
Hidráulico	Bombas, válvulas, tuberías, etc.	Transporte del fluido.
Regulación y control	Centralita diferencial, termostato, etc.	Regular el funcionamiento.
Apoyo	Caldera, termo, etc.	Garantizar el suministro de agua caliente sanitaria.

Normativas para la incorporación de sistemas solares térmicos

En algunas ciudades y países existen normas que obligan a la incorporación de estos sistemas en los edificios de nueva construcción. Tal es el caso de Barcelona, pionera en aprobar una normativa de este tipo, y de otras ciudades españolas que siguieron su ejemplo; hasta el punto de que en el nuevo Código Técnico de la Edificación de España se establece la obligatoriedad de incorporar sistemas de captación solar térmica en todos los edificios de nueva construcción y en aquellos que sean rehabilitados. En otros países las políticas de fomento de la energía solar han impulsado extraordinariamente su implantación, como es el caso de Alemania, Grecia y Austria.

Energía solar fotovoltaica

En cuanto a los sistemas de aprovechamiento de energía fotovoltaica, habitualmente vertiendo la energía producida a la red eléctrica, existen múltiples experiencias de instalaciones de este tipo en las ciudades. Desde instalaciones pequeñas, de 5 kW, en equipamientos públicos, escuelas o edificios de la administración, hasta grandes instalaciones como la instalada en el recinto del Forum 2004 de Barcelona, con 1,3 MW de potencia.

Energía eólica

Por lo que respecta al aprovechamiento de la energía, son varias las ciudades que están apostando por construir parques eólicos (*windfarms*) en sus proximidades, incluso instalando pequeños molinos para abastecer a barrios periféricos. Sin embargo, hay que valorar adecuadamente la disponibilidad de viento, la viabilidad económica y el impacto sobre el medio.

Energía proveniente de residuos urbanos

No hay que olvidar tampoco las posibilidades de la valorización energética de los residuos urbanos, que en muchas ciudades puede suponer uno de los mayores recursos de energía renovable más importante, ya sea a partir de los

Nota

Captación Solar Térmica.
Anejo de la Ordenanza general de Medio Ambiente Urbano de Barcelona (1999):
www.barcelonaenergia.cat



Planta solar fotovoltaica de 440 kW, instalada en el Forum 2004 de Barcelona

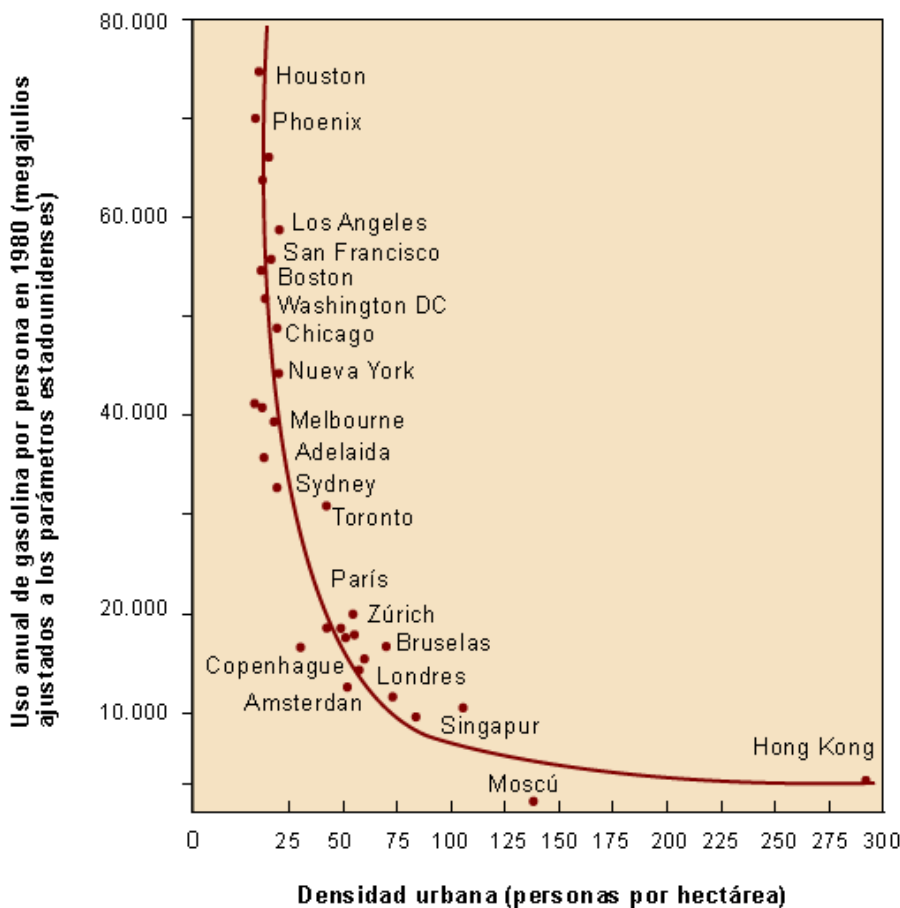
Experiencias en energía eólica

Algunas experiencias en este sentido son el distrito de Kronsberg en Hanover (Alemania), en el que han instalado 3 aerogeneradores con una potencia total de 3,6 MW, o el parque eólico urbano en el puerto de Bilbao (España).

procesos de gasificación de los vertederos o de las depuradoras (biogás), o mediante la incineración o el tratamiento térmico. Esta última, sin embargo, tiene una eficiencia menor y un impacto ambiental considerable.

5.3. La eficiencia energética en los centros urbanos

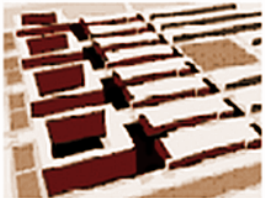
La eficiencia energética de una ciudad depende en gran medida de su organización urbana. El modelo de ciudad dispersa y funcionalmente segregada (separación de barrios residenciales, zonas comerciales y áreas productivas) es energéticamente muy oneroso porque mantiene alejadas en el espacio usos que precisan estar funcionalmente cerca. El transporte suplente el problema de la distancia, pero con elevados costes energéticos. La baja densidad residencial y/o la excesiva dispersión de destinos invitan al transporte motorizado individual, lo que incrementa el problema.






Consumo de gasolina y densidad en distintas ciudades del planeta

Es necesario, por tanto, apostar por ciudades compactas y de usos entremezclados, que al reducir las distancias eviten desplazamientos largos, y con medios de transporte que utilicen combustibles más limpios (gas natural) y de origen renovable (biocombustibles, electricidad e hidrógeno generado a partir de fuentes renovables) y más eficientes, lo que reducirá la demanda de transporte en vehículo privado.

Además, para poder aumentar la eficiencia, reducir el consumo y permitir el mayor aprovechamiento de las energías renovables, principalmente del sol, será necesario que al diseñar nuevos modelos urbanos se tengan en cuenta factores como la orientación de calles y de edificios, el control de la temperatura y la iluminación natural en espacios públicos, la adecuación a la topografía, la dirección e intensidad del viento, la vegetación y distribución de áreas verdes (mejora de la calidad del aire, retención de partículas, balance en temperaturas, sombreado, barreras de viento).



Modelo virtual de un estudio de sombras. Aunque la disposición de los edificios más altos provoca sombra, el ancho de calle permite disminuir el efecto frente a las edificaciones más bajas

Tipo de ciudad	Densidad de Población (vivienda/hectárea)	m ² de zona de previsión de captación/hectárea
	alta (>120)	>130
	media (50-75)	80-200
	baja (25-50)	300-600
	muy baja (<25)	<375

Factores para una construcción eficiente energéticamente

El consumo energético de los edificios en la ciudad representa entre el 40 y el 50% de la energía utilizada por sus habitantes⁵, consumo de energía que sigue creciendo debido, por un lado, a la mayor demanda energética de quienes tratan de conseguir niveles de confort cada vez más altos mediante tecnologías que consumen energía. Para frenar este consumo desmesurado es necesario incidir en el ahorro energético en los edificios, mejorando sus rendimientos pasivos y activos.

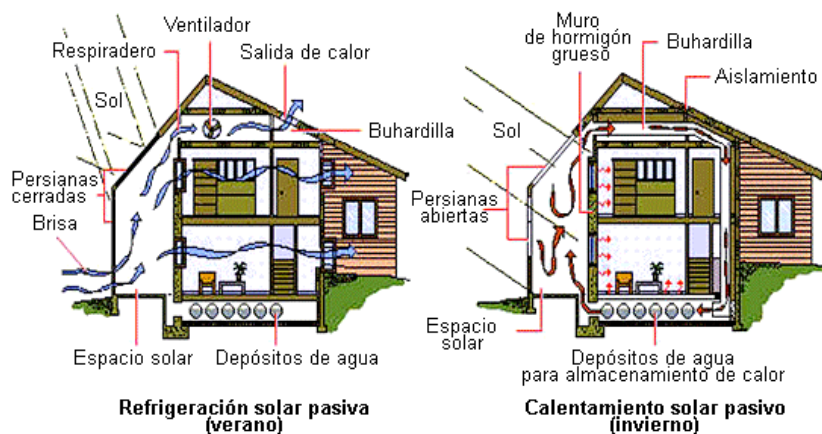
La eficiencia energética de los edificios

Destaca al respecto la Directiva europea relativa a la eficiencia energética de los edificios⁶, que ha obligado a los países miembros a establecer requisitos y métodos para permitir una certificación energética de los edificios, así como aportar información a los usuarios sobre ella. En el caso de España se ha introducido en el nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE⁸) un capítulo específico sobre el ahorro de energía en la edificación, en el que se obliga a que los edificios tengan unas prestaciones energéticas mínimas e incorporen sistemas solares térmicos y fotovoltaicos, y se ha aprobado una norma⁷ que obliga a cualificar y certificar las prestaciones energéticas de los edificios, como ya han hecho otros países y regiones de Europa.

⁽⁵⁾Fuente: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, 1993.

⁽⁶⁾Directiva 2002/91 del Parlamento Europeo sobre eficiencia energética de los edificios.

⁽⁷⁾Real Decreto 47/2007 de 19 de enero. Aprobación de procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética en edificios de nueva construcción. De obligado cumplimiento desde el 31/10/07.



Ejemplo de medidas pasivas para el ahorro de energía en climatización

⁽⁸⁾ Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Publicado en el BOE num. 74 de 28 de marzo de 2006. De obligado cumplimiento los documentos desde el 26/09/06. Disponible en: www.codigotecnico.org.

Pese a las mejoras en la eficiencia energética de los edificios y de la producción de energía, y la generación de energía con recursos renovables, el consumo de energía de la ciudad continuará siendo elevado, por lo que es necesario incidir en la moderación de los consumos y la eficiencia de la gestión. Por ello es necesario que exista una política energética propia de la administración de la ciudad que permita desarrollar iniciativas que profundicen en el conocimiento de los flujos energéticos de la ciudad, reducir su consumo de energía, fomentar el ahorro y la eficiencia energética, favorecer la producción mediante recursos renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, la propia administración local es consumidora y gestora de energía, por lo que le corresponde también aplicar gran parte de las medidas de ahorro y eficiencia energética en su ámbito. El instrumento más eficaz para una política urbana energética es desarrollar un "plan energético local", lo que significa apoyar el desarrollo de estrategias energéticas locales mediante una planificación racional y considerando unos principios de administración, como el puesto en marcha por ciudades como Barcelona, Berlín, Toronto, Fráncfort, Roma y Gotemburgo entre otras.

Por último, es necesario implicar a la ciudadanía en los programas de ahorro y en el conocimiento de producción/transformación y racionalización de la energía, lo que permite sensibilizar a los agentes sociales e introducir buenas prácticas en la utilización del recurso energético.

6. El tratamiento del metabolismo urbano

6.1. De los ciclos biogeoquímicos a las zonas urbanas

El funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos se produce a escala global y con una temporalidad desacoplada a la realidad de la escala humana. Las ciudades son un fenómeno reciente a escala planetaria, todavía lo son más como las conocemos hoy en día, que suponen la estructura humana que concentra mayor población.

El hecho de que la materia no se destruya sino que se transforme⁹ es la clave de la actual crisis planetaria, el fenómeno que conocemos como cambio climático. La tierra es un planeta único y complejo. Más de 4.500 millones de años de evolución nos han llevado a la biosfera tal y como la conocemos hoy día. De hecho, somos la única especie que tiene una visión exógena de su hábitat, este hecho nos ha propiciado poder estudiar el dinamismo constante de nuestro planeta desde miles de kilómetros de distancia, orbitando a su alrededor, pero también tenemos como especie una gran capacidad para transformar nuestro entorno.

⁽⁹⁾Ley de conservación de la materia de Lavoisier.

La Tierra, a lo largo de estos miles de años de evolución, ha sufrido grandes cambios: movimientos de continentes provocados por la tectónica de placas, cambios climáticos severos (glaciaciones), que a su vez provocaron masivas extinciones y migraciones. La Tierra se caracteriza por un potente dinamismo a escala planetaria, pero actualmente está sometida a un cambio global, y es el principal causante de este cambio el modelo económico-social de nuestra especie. La fuerte presión antrópica del último siglo está sometiendo a prueba este frágil equilibrio dinámico de la biosfera. Hoy nos enfrentamos a una serie de procesos como el calentamiento global, la acidificación de los océanos, la desertización, la pérdida de hábitats, la destrucción de recursos, la sobrepoblación, la pérdida de biodiversidad, entre otros. Todas estas problemáticas ambientales están relacionadas e imbricadas entre sí y tienen un rasgo común que amenaza la dinámica planetaria desde la perspectiva humana.

La gran mayoría de los retos ambientales se deben a procesos de escala global propiciados por el sistema económico de los países desarrollados. A la vez, este consumo exasperado genera mayores diferencias sociales que conducen a que en las zonas de concentración de la pobreza mundial se exploten los recursos naturales para sobrevivir, este es un pez que se muerde la cola.

El crecimiento de la población, en la actualidad más de 6.700 millones de habitantes, hace que se incremente la demanda de recursos básicos como el consumo de suelo, alimentos y agua, lo que transmite mayor presión a los am-

bientes amenazados. De hecho, la población mundial casi se ha doblado en los últimos 30 años con aproximadamente 250 mil nacimientos por día. ¿Cuántos planetas necesitamos para mantener esta ingente cantidad de humanidad? La huella ecológica de los países desarrollados es estridente; de hecho, un ciudadano americano medio necesita 11,9 ha globales/persona y un ciudadano de un país subdesarrollado 0,8 ha globales/persona. Este indicador nos pone de manifiesto, una vez más, las grandes diferencias a nivel mundial, y a la vez nos genera una preocupación, ya que el deseo de la humanidad es tender al nivel de vida y confort de los países desarrollados. Por lo tanto, no hay suficiente superficie en la tierra para que la mayoría de la población alcance los niveles de vida actual de los países del primer mundo. El planeta es finito y los recursos son limitados. Una vez más las tensiones se liberan sobre los recursos naturales y coincidentemente sobre buena parte de los ecosistemas ya amenazados.

De hecho, el informe del Club de Roma de 1972, “Los límites del crecimiento”, de Meadows y Randers, ya demostraba que el crecimiento exponencial de la población, el crecimiento del producto interior bruto y el incremento de la huella ecológica no son sostenibles.

El año 2008, el mundo alcanzó un hito invisible pero trascendental: por primera vez, más de la mitad de su población humana, 3.300 millones de personas, residía en zonas urbanas. Se prevé que, para el 2030, esa cantidad habrá llegado a casi 5.000 millones. De los nuevos habitantes urbanos, muchos serán pobres. Su futuro, el futuro de las ciudades de los países en desarrollo, y el futuro de la propia humanidad, dependen en gran medida de las decisiones que se adopten de inmediato en previsión de este crecimiento¹⁰.

El territorio ocupado por las ciudades no es, en sí mismo, de gran magnitud, si se considera que alberga a más de la mitad de la población mundial. Según estimaciones recientes, basadas en imágenes obtenidas por satélite, todos los asentamientos urbanos (incluidos parques y zonas edificadas) cubren solo un 2,8% de la superficie terrestre del planeta. Pero los sistemas urbanos son los responsables del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero, consumen dos tercios de la energía mundial¹¹.

De hecho, una ciudad extrae recursos de su entorno y, cuando no los tiene cerca, los importa o exporta, no solo materias sino también recursos y energía.

Referencia bibliográfica

Elaborado por científicos del MIT bajo la dirección de Dennis L. Meadows por encargo del Club de Roma con la ayuda del modelo informático World3. Existe una nueva versión traducida y puesta al día:

Meadows, D.; Meadows, D.; Randers, J. (2006), *Los límites del crecimiento 30 años después*. Editorial Galaxia Gutenberg.

⁽¹⁰⁾State of world population 2009 Facing a changing world: women, population and climate. <http://www.unfpa.org/es/node/6118>.

Referencia bibliográfica

UNFPA (2009). State of world population 2009. Facing a changing world: women, population and climate.

⁽¹¹⁾C. Ash; B. R. Jasny; L. Roberts; R. Stone; A. Sugden (2008). “Reimagining cities – Introduction”. *Science* (319(5864), págs. 739-739).

Referencia bibliográfica

Ash, C.; Jasny, B. R.; Roberts, L.; Stone, R.; Sugden, A. (2008). Reimagining cities – Introduction. *Science* (319/5864), p. 739-739).

El funcionamiento de la ciudad como organismo, como ecosistema, o asemejarla a una célula, es una disciplina en sí misma que aborda lo que conocemos como el **metabolismo urbano**, es decir qué ciclos se producen en las ciudades para que estas puedan existir tal y como las vivimos a diario.

No deja de ser una aproximación y una vocación innata del ser humano de abordar la complejidad intentando generar modelos o simplificando ecuaciones. No existen ciudades autosuficientes por definición, en el sentido más estricto de la palabra; las ciudades, como cualquier ecosistema, es dinámico y cambiante, y necesita este intercambio de materia y energía para existir.

La vida en la tierra está inextricablemente relacionada con el clima a través de una variedad de ciclos y bucles de realimentación. En las últimas décadas, ha habido una creciente preocupación de cómo la actividad humana, la deforestación, el consumo de combustibles fósiles, tienen una relación directa con la modificación de los ciclos biogeoquímicos y los procesos químicos relacionados con el clima del planeta. Los cambios que se produzcan en la atmósfera pueden provocar cambios en los ecosistemas de los que se nutre la humanidad y, por supuesto, de los que también dependen las ciudades. De hecho, la mayor parte de la superficie terrestre está cubierta por océanos y mares, que juegan un papel crucial como motor climático y son clave en el ciclo del carbono (CO₂), el fósforo, entre otros. Es paradójico que los ecosistemas urbanos que ocupan muy poca superficie del planeta sean uno de los principales causantes de la modificación de sistemas de gran magnitud como la atmósfera o los océanos. El cambio climático representa el mayor fracaso del mercado de todos los tiempos, y el de alcance más amplio¹².

La partida se juega en las ciudades o en los tejidos urbanos, debemos introducir en el sistema urbano el concepto de **eficiencia metabólica** para poder garantizar el reequilibrio de los ciclos biogeoquímicos. Podría llegar a ser un claro ejemplo del efecto mariposa, ya que el movimiento que emprendan las ciudades es crucial para la estabilidad climática de la Tierra.

Las ciudades deben incrementar la eficiencia energética de sus infraestructuras, de sus edificios, del transporte, de la iluminación, de sus servicios, deben utilizar los recursos de manera más efectiva como, por ejemplo, el suelo, el agua, reducir la producción de residuos. Por otro lado, la mayor parte de las grandes ciudades se hallan en zonas con riesgo de inundación, con problemas de efecto isla de calor y con una deficiente calidad del aire, por lo consiguiente son sistemas sensibles a los posibles impactos del cambio climático. Las ciudades deben iniciar una revolución y reinventarse con criterios de resiliencia frente a problemas de escala global, que indudablemente provocarán impactos a escala local. La mejora de la eficiencia metabólica no puede relegarse exclusivamente a los cambios tecnológicos o la aplicación de las mejores tecnologías

⁽¹²⁾Sir Nicholas Stern, Director del Servicio Económico del Gobierno del Reino Unido y antiguo Economista Jefe del Banco Mundial.

Referencia bibliográfica

Stern, N. y otros (2006) Stern Review on the Economics of Climate Change. *HM Treasury*, London. Enlace en castellano: <http://www.catedracambioclimatico.uji.es/docs/informestern.pdf>

disponibles, sino que requiere un cambio más profundo, una tercera revolución industrial. Sin una nueva fuente energética y un componente fuerte de cambio social, cultural y de conciencia ecológica esta tercera revolución será un conjunto vacío.

Según Jeremy Rifkin, esta tercera revolución ya está aquí, el cambio tecnológico que suponen las TIC en la industria de la comunicación más una energía basada en renovables y en el hidrógeno, lamentablemente hoy por hoy el hidrógeno sigue siendo más que I+D y en esta crisis ambiental de carácter global el cronómetro ya hace tiempo que está en marcha.

Las ciudades como motores del mundo actual deben liderar esta revolución reinventándose con criterios de eficiencia metabólica, y eso no puede conseguirlo solo un cambio tecnológico, sino que se requiere un cambio de mentalidad.

6.2. El concepto de metabolismo urbano

Metabolismo es un término ecológico que se refiere al funcionamiento de un organismo o sistema, que implica las relaciones internas a nivel de flujos de materia y energía así como su relación con el entorno.

Aunque su origen esté claramente relacionado con los sistemas naturales, los mismos términos se han utilizado desde los años sesenta aplicados a los sistemas urbanos e industriales por la necesidad de explicar y estructurar las complejas relaciones que también se dan en los sistemas antrópicos.

"Cities as viewed as organisms which require nutrients, energy, storage and produce waste. Raw material, fuel and water are transformed into the urban built environment, human biomass and waste" (*The metabolism of cities*, A. Wolman, 1965).

El análisis metabólico es, entonces, un modo de cuantificar todos los flujos (energía, materiales, recursos naturales y residuos) que entran o salen de un área urbana, que revela información valiosa sobre su eficiencia energética, ciclo de materiales, gestión de residuos e infraestructuras que le dan estructura.

A diferencia de los ecosistemas naturales, que cuanto más evolucionados están generan menos residuos (residuos para una especie son recursos para otra), hasta tender a **cerrar el ciclo** de materia, hoy en día los sistemas urbanos aún liberan una gran cantidad de residuos y consumen una gran cantidad (y creciente) de energía (mayoritariamente de origen fósil). La ecología urbana puede proporcionar un marco para acercarnos un poco más al funcionamiento de los sistemas naturales.

Referencia bibliográfica

Rifkin, J. (2011). *La tercera revolución industrial*. Paidós.

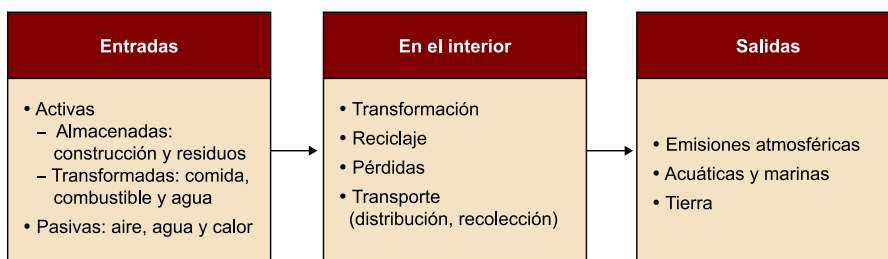
El conocimiento de los procesos de acumulación en el metabolismo urbano es esencial para el desarrollo sostenible de las ciudades. Así, el desarrollo sostenible se entiende como el desarrollo que permite la posibilidad de incrementar el flujo de materiales y energía locales sin llegar al límite de la capacidad de la biosfera de regeneración de recursos y asimilación de residuos.

Es importante comprender que el crecimiento es parte inherente del metabolismo urbano. El crecimiento de las ciudades y sus implicaciones a nivel de flujos de materia y energía dotan de complejidad a los sistemas urbanos. El proceso de crecimiento de los sistemas urbanos tiende a generar un incremento del *stock* que se debe gestionar y mantener.

Así como gran parte de la energía asimilada por los organismos vivos es disipada en forma de calor y no útil para el propio trabajo metabólico, los sistemas urbanos son también sistemas disipativos. La ineficiencia energética de las ciudades se debe a la pérdida y mezcla con residuos durante el uso del agua, la construcción, la combustión de combustibles fósiles y el desperdicio de comida. Parte de las pérdidas de energía no están contabilizadas y difícilmente se cuantifican en términos energéticos.

6.3. Aproximaciones metodológicas al metabolismo urbano

El metabolismo de las ciudades se analiza en términos de cuatro ciclos fundamentales: agua, materiales, energía y nutrientes. Lo que se pretende es analizar las entradas, las salidas y los procesos que suceden dentro del sistema.



Esta idea general es desarrollada por medio de diferentes aproximaciones, de las que las principales se explican brevemente a continuación:

- *Life Cycle Assessment* (LCA). Estudia cuáles son los impactos asociados a un metabolismo de una sociedad y a su uso de materiales. Su utilidad no radica en contabilizar todos los impactos globalmente, sino en hacerlo por productos y procesos, con la finalidad de comparar distintas opciones y poder elegir la alternativa que genere menos impactos ambientales. El modelo se utiliza en ecología industrial.

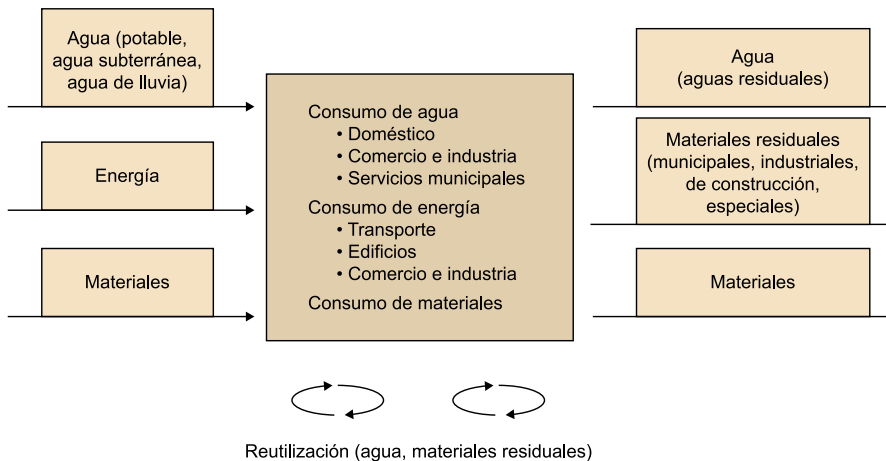
- *General Systems Theory* (GTS). Todos los materiales, combustibles y procesos se convierten en unidades de energía. Los materiales se convierten en equivalentes de energía y los procesos en equivalentes de potencia. Esto permite la inclusión de factores (como las externalidades) que no se tratan en los análisis económicos, de modo que tiene un buen potencial para la integración interdisciplinar. Este método se utiliza típicamente para el estudio del flujo de energía en los sistemas bióticos.
- *Material Flow Analysis* (MFA). El análisis de flujos de materiales se basa en la contabilidad en unidades físicas (tn) de las entradas y salidas de material en relación a un sistema. El principio que rige los estudios de MFA es el balance de masas, o sea el equilibrio que existe entre entradas y salidas de materia. El término MFA agrupa los métodos *bulk-MFA* (*bulk-material flow accounting*) y *SFA* (*Substance Flow Analysis*). El uso de los dos métodos para el estudio del metabolismo urbano o industrial lleva implícito un enfoque hacia la mejora ambiental, aunque *bulk-MFA* se oriente a reducir todos los flujos de materiales y *SFA* se oriente a reducir o sustituir los flujos que son ambientalmente perjudiciales.
- *Input-output analysis*. Cuando en un *material flow analysis* los flujos son cuantificados monetariamente el método se llama análisis de entradas y salidas.

Además de los modelos generales, se pueden citar algunos ejemplos de modelos más específicos que se han utilizado para el análisis del metabolismo urbano. Se trata de modelos más adaptados a los casos de estudio, que concretan el análisis de los flujos que son de interés específico para cada caso:

- *Residuals-Environmental Quality Management* (REQM). Modelo específico desarrollado específicamente para los problemas de contaminación regional y gestión de residuos. REQM cuantifica y modeliza la generación y flujo de *outputs* como residuos del sistema antrópico.
- *Metaland model*. El modelo considera el flujo total de materiales de los sistemas urbanos. En este sentido, el agua es el flujo dominante (69% masa), seguido por el aire (15%), los materiales de la construcción (8%) y el fuel (1%). Los bienes se contabilizan en torno a un 8% de masa de la región para exportación.
- *Air quality models*. Seguramente los modelos más complejos de simulación son los relacionados con la calidad del aire de las ciudades. Emisiones, meteorología, fotoquímica y microfísica de los aerosoles se deben introducir adecuadamente en los modelos.

Es cada vez más común el uso de los indicadores como *ecological footprint* y *carbon footprint* en relación con los sistemas urbanos. El indicador *ecological footprint* permite calcular el espacio que necesitaría un territorio determinado

para poder mantener su modelo de desarrollo (en términos de obtención de recursos y asimilación de residuos) de manera ecológica. Se mide en hectáreas, pero a menudo se traduce en términos de CO_2 (*carbon footprint*), dado el contexto global de compromisos en relación con el cambio global y la reducción de gases de efecto invernadero. Estos indicadores establecidos para estimar el efecto de ciudades y países son cada vez más utilizados para valorar los efectos de conceptos más específicos por su fácil comprensión y su potencial pedagógico.



A continuación, se pueden ver algunos ejemplos de planificación urbana utilizando el concepto metabólico.

Buenas prácticas: el caso de Freiburg

La ciudad de Freiburg lleva ya casi 20 años como pionera en un camino más sostenible, desde 1992, cuando fue elegida como capital alemana del medio ambiente. Internacionalmente reconocida por sus iniciativas innovadoras, es una ciudad de referencia en temas de sostenibilidad. De todos los proyectos, hay que destacar uno desarrollado sobre un antiguo cuartel francés. El plan del nuevo barrio de Vauban, con capacidad para 5.000 personas y un área de 38 ha, se inició en 1993, y su construcción finalizó en 2006.

El objetivo que se planteó desde el Ayuntamiento fue, por un lado, proporcionar viviendas de buena calidad para familias jóvenes y, por otro, luchar contra la suburbanización. Formaron parte del plan, desde un primer momento, un concepto de diseño urbano denso, criterios de consumo mínimo de energía para las viviendas, espacios verdes, accesibilidad en transporte público (incluyendo un nuevo tranvía) y nuevos equipamientos (hogares de infantes y una escuela de educación primaria).

Desde este paradigma, y por medio de un proceso participativo organizado a partir del Foro Vauban (ONG), se definieron los otros objetivos: el proyecto debía trabajar el concepto de la ciudad sin coches, ofreciendo nuevas formas de movilidad; la autopromoción, construcción, mantenimiento y gestión de los edificios por medio de grupos cooperativos; el diseño de un entorno adecuado para las viviendas pasivas; la construcción de un mercado central y de un centro comunitario.

Barrio de Vauban, Freiburg, Alemania

La prioridad del Foro Vauban es el diseño participativo de un barrio sostenible que pueda convertirse en un modelo para nuevas iniciativas. La estrategia desarrollada siguió los siguientes pasos: anuncio de un concepto amplio de participación ciudadana, puesta en marcha de estructuras que permitan organizar el concepto, y por último implicación de los ciudadanos a través de talleres de trabajo, documentos informativos y una campaña general de difusión pública.

Los principales recursos del proyecto son las ideas, la creatividad y la implicación de aquellas personas dedicadas al objetivo común del desarrollo de su propio barrio.

Entre cinco y siete personas trabajan en el Ayuntamiento en el proyecto de manera permanente. En sus inicios, la ONG Foro Vauban contó con el trabajo de varios voluntarios, en su mayoría estudiantes y personas vinculadas con movimientos ecologistas. Tan pronto como llegó la financiación, Foro Vauban creó algunos empleos, remunerados con un salario moderado, destinados a jóvenes licenciados. La combinación de idealismo, conocimientos y una estructura económica supusieron un paso adelante decisivo en el trabajo del Foro. El proceso participativo, unido a una campaña de publicidad, movilizó los primeros futuros habitantes para que expresaran y desarrollaran sus ideas y para que formaran las cooperativas de autoconstrucción, convirtiéndose en ciudadanos activos de Vauban. Foro Vauban ha conseguido reunir ciudadanos, arquitectos, ingenieros, expertos financieros, gestores experimentados en proyectos de cooperativas y otros socios.

La disponibilidad de recursos técnicos se debe a la tradición de movimiento ecologista existente en la ciudad y la línea política ambiental que el propio Ayuntamiento aplica desde los años setenta.

Dentro del proyecto Vauban se pueden identificar tres actores principales:

- 1) Grupo Proyecto Vauban. Cuerpo administrativo encargado de la coordinación de las autoridades locales que han trabajado sobre el proyecto.
- 2) Comité Vauban del Ayuntamiento de Friburgo. Es la plataforma en la que se intercambia información, se debaten los diferentes aspectos del proyecto y se prepara la toma de decisiones, que corresponde en última instancia al Ayuntamiento.
- 3) Forum Vauban. Asociación local de vecinos, órgano legal encargado del proceso participativo así como de todo el trabajo social del barrio.

En enero de 2002, más del 20% de los habitantes del barrio eran niños de menos de 10 años. Se había conseguido el objetivo principal del Ayuntamiento, el desarrollo de un barrio atractivo para las familias jóvenes. La demanda de suelo, especialmente para proyectos de cooperativas, había superado el número de parcelas ofertadas.

En cuanto al objetivo de desarrollar un barrio sostenible de manera participativa, el proyecto Vauban también ha tenido éxito. Se puede decir que el proyecto ha integrado a agentes legales, políticos, sociales y económicos procedentes de todos los estadios entre el nivel de base ciudadana y el Ayuntamiento de la ciudad.

A nivel de sostenibilidad, se pueden destacar los siguientes puntos.

Todas las viviendas se han construido de acuerdo con un estándar mejorado de bajo consumo energético (65 kWh/m² anuales, calculado de manera similar a la norma suiza SIA 380/1), en torno a 150 viviendas responderían al tipo *vivienda pasiva* (15 kWh/m² anuales) o *plus de energía* (viviendas que producen más energía de la que consumen).

Se construyó una planta de cogeneración de alta eficacia (CHP) que utiliza las astillas de madera como combustible conectada a la red general de calefacción. Se estima en un 60% el ahorro de CO₂ producido por la utilización del aislamiento adecuado y de un sistema eficaz de transporte de calor.

El número de instalaciones solares (colectores solares y células fotovoltaicas) crece de manera continua. El 65% de la electricidad utilizada en Vauban se genera de manera local a través de la CHP y de células fotovoltaicas.

Se ha desarrollado un concepto ecológico de tráfico y movilidad, se ha reducido el número de vehículos privados y estos aparcan en la periferia del barrio. Para incrementar la calidad de vida, se ha desarrollado un transporte público de calidad y también un sistema adecuado de coche compartido.

En torno a un 35% de las familias ha decidido prescindir del vehículo privado, obteniendo con ello beneficios financieros ya que no han tenido que participar con el aparcamiento público.

La nueva área residencial se ha construido en torno a una zona arbolada preexistente; este bien natural otorga un aspecto de madurez a este barrio joven. Los espacios verdes se han diseñado con la colaboración de los vecinos.

El agua de lluvia se recoge de forma separativa para su uso en viviendas o para que pueda ser reabsorbida por el terreno, y se ha desarrollado un nuevo concepto de saneamiento

que utiliza cisternas de vacío. La cooperativa Wohnen und Arbeiten ('Habitar y Trabajar') ha construido una planta de biogás.

Del análisis de Freiburg se destaca, pues, no solo la voluntad de construir un barrio con criterios de eficiencia energética y de sostenibilidad, sino como caso ejemplar en relación con la implicación y la participación ciudadana en todo el proceso, ya desde los inicios de la su planificación. Una comunidad unida, consciente, responsable y que sabe trabajar en equipo aportará más resiliencia al barrio ante cualquier cambio.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

Ash, C.; Jasny, B. R.; Roberts, L.; Stone, R.; Sugden, A. (2008). Reimagining cities – Introduction. *Science* (319/5864), p. 739-739).

Boyden, S.; Millor, S.; Newcombe, K.; O'Neill, B. (1981). *The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong*.

Captación Solar Térmica. Anejo de la Ordenanza general de Medio Ambiente Urbano de Barcelona (1999): www.barcelonaenergia.cat

Erza Park, R. (1999). *La ciudad y otros ensayos de ecología urbana*. Barcelona: Ed. Del Serbal.

Meadows, D.; Meadows, D.; Randers, J. (2006). *Los límites del crecimiento 30 años después*. Editorial Galaxia Gutenberg.

Rifkin, J. (2011). *La tercera revolución industrial*. Paidós.

Stern, N. y otros (2006). Stern Review on the Economics of Climate Change. *HM Treasury*, London. Enlace en castellano: <http://www.catedracambioclimatico.uji.es/docs/informestern.pdf>

Terradas, J.; Burriel J. A. (2001). *Mapa ecològic de Barcelona*. In Castells E., Terradas J. (eds) *Aula d'Ecologia. Cicles de conferències 1999 i 2000*. Servei de Publicacions, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, p. 145-148.

UNFPA (2009). State of world population 2009. Facing a changing world: women, population and climate.

