

CIUDAD Y TERRITORIO

ESTUDIOS TERRITORIALES

Vol. LI, Nº 202, invierno 2019

ISSN(P): 1133-4762

ISSN(E): 2659-3254

Págs. 723-752

El Urbanismo Ecosistémico

Salvador RUEDA-PALENZUELA

Director de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona

RESUMEN: Las disfunciones de las ciudades y metrópolis en todo el mundo, y los impactos que estas provocan sobre los sistemas de la tierra, la probable explosión demográfica y la incidencia de las nuevas tecnologías y la Inteligencia Artificial (IA) en los sistemas urbanos son problemas creadores de una gran incertidumbre que nos obliga a aumentar nuestra maltrecha capacidad de anticipación. El urbanismo actual no tiene, en mi opinión, el marco teórico ni instrumental para abordar los retos de este inicio de siglo. El urbanismo ecosistémico considera la ciudad como un ecosistema (una de las características de los ecosistemas es su escalaridad) y se establece el modelo urbano y los principios del urbanismo ecosistémico que lo llenan de contenido, definiendo, a la vez, el sistema de proporciones y equilibrios urbanos. Se establece, también, la supermanzana (ff 20 ha) como el ecosistema urbano mínimo capaz de integrar el conjunto de principios del urbanismo ecosistémico.

DESCRIPTORES: Urbanismo. Ecosistémico. Sostenible. Resiliencia. Ecología urbana. Planificación.

Ecosystemic Urbanism

ABSTRACT: The dysfunctions of cities and metropolises throughout the world, and the impacts they cause on the Earth's systems, the probable population explosion and the incidence of new technologies and Artificial Intelligence (AI) in urban systems are problems that create great uncertainty that forces us to increase our battered anticipation capacity. Current urban planning does not have -in my opinion- the theoretical or instrumental framework to address the challenges of this beginning of the century. Ecosystem urbanism considers the city as an ecosystem (one of the characteristics of ecosystems is its scalarity) and establishes the urban model and the principles of ecosystem urbanism that fill it with content, defining - at the same time- the system of proportions and urban balances. The superblock (20 Ha) is also established as the minimum urban ecosystem unit capable of integrating the set of principles of ecosystemic urbanism.

KEYWORDS: Urbanism. Ecosystems. Sustainability. Resilience. Urban Ecology. Planning.

1. Introducción

El Urbanismo Ecosistémico es un instrumento para la planificación de ciudades y metrópolis. Es un instrumento para la regeneración de las ciudades existentes y para los nuevos desarrollos urbanos. Es, seguramente, la herramienta operativa adecuada para la implantación de las **agendas urbanas** en cualquier parte del mundo

Con el fin de saber el grado de acomodación del Urbanismo Ecosistémico al contenido de la Agenda Urbana se ha analizado detalladamente el texto del documento aprobado en Quito y se comprueba que no hay ningún concepto relevante que no se encuentre reflejado en la propuesta del Urbanismo Ecosistémico.

La diferencia de uno y otro texto es el grado de operatividad. La propuesta del Urbanismo Ecosistémico permite aterrizar los grandes conceptos propuestos en la Agenda Urbana, también de la Agenda 2030, proponiendo un sistema de proporciones urbano que asegure los equilibrios entre las variables clave para abordar los retos y desafíos que más abajo se exponen.

Además, el sistema de proporciones es evaluable y el Urbanismo Ecosistémico define un paquete de indicadores que objetiva los principios de dicho urbanismo y dibuja el conjunto de restricciones del sistema.

En relación a la Agenda Urbana Española, si se hace una lectura atenta de la misma, se podrá comprobar que, aunque la estructura de apartados de la Agenda es distinta a la planteada en este artículo, una parte de los apartados se corresponden y casan tanto en enunciados como en contenido. Es lógico que así sea puesto que, aunque la redacción de la Agenda fue realizada por el propio Ministerio, tuve el honor de participar en las sesiones de debate (aporté también un texto) del grupo de expertos convocados por el Ministerio de Fomento. La Agenda, no obstante, no aterriza en las propuestas operativas y el sistema de proporciones urbano que sí aporta este artículo con el fin de abordar de manera práctica los retos y desafíos que se exponen a continuación.

2. Diagnóstico de los retos y problemas a diferentes escalas

2.1. Los grandes problemas de la ciudad actual y las incertidumbres que vienen con las nuevas tecnologías

Sin pretender ser exhaustivos, a continuación, se presentan algunos de los principales problemas

y disfunciones urbanas que se repiten y que pueden manifestarse en su totalidad o en parte, dependiendo del contexto y la trayectoria de cada ciudad. (VELÁZQUEZ, I. & VERDAGUER, C. & RUEDA, S. 2012).

A. Producción de ciudad sin planificación o con recursos insuficientes para integrar a los recién llegados

La ciudad y las grandes metrópolis son lugares de oportunidades que, como es sabido, no son las mismas para todo el mundo.

De un tiempo a esta parte, se producen flujos migratorios, en ocasiones masivos, que ocupan determinadas ciudades y los territorios que las circundan. Dependiendo de la región geográfica, los procesos migratorios encuentran escenarios planificados, en otros casos, se produce una ocupación informal del territorio, que a veces coincide con lugares de riesgo y alta vulnerabilidad por inundaciones, deslizamientos, incendios, etc. Suelen ser lugares de elevada precariedad e inhabitabilidad donde se busca sobrevivir como objetivo casi único. La precariedad suele ir acompañada de la ausencia de "Estado" o de su debilidad. Suele ocurrir que la ausencia de Estado se sustituya por organizaciones oportunistas con objetivos alejados del bien común.

Ese tipo de territorios se caracteriza por su baja calidad urbana y de vida, y forman parte de ámbitos socialmente segregados, inseguros, que extienden esa inseguridad a otras áreas urbanas. Son insalubres, con entrada de flujos de materiales, agua y energía, pero con salidas deficitarias que toxifican el sistema. Son lugares sin servicios básicos, con viviendas sin las condiciones mínimas de habitabilidad (infraviviendas), en los cuales es recomendable implementar políticas de compensación por ausencia de un escenario normalizado.

Los procesos migratorios son masivos, sobre todo en Latinoamérica, África y Asia, donde se han creado megalópolis de más de 20 millones de habitantes. Los problemas que se infieren de este proceso, en la urbe y fuera de ella, son proporcionales a su complejidad. Además, esta situación de precariedad se encuentra incluso en ciudades con planificación aprobada pero que no tienen los recursos y los mecanismos suficientes para la integración de los recién llegados en un tiempo razonable.

B. Simplificación de la organización urbana y los sistemas naturales

Cuando el escenario es de ciudad consolidada, flujos migratorios limitados y planificación urbanística aprobada, la producción de ciudad

se ha inspirado y continúa inspirándose, en buena medida, en la planificación funcionalista del movimiento moderno que tiene en la Carta de Atenas su guía y mayor referente.

La guía para hacer ciudades que emana del movimiento moderno ha dado lugar a un proceso urbanizador claramente insostenible, basado en el funcionalismo, con la producción de inmensos suburbios que, en ocasiones, han hecho obsoletos para la residencia áreas centrales existentes, que separa las funciones urbanas de residir, trabajar y recrearse y que las conecta con una tupida red viaria (función de circular), haciendo que los modelos de transporte determinen la estructura de la ciudad.

La primera consecuencia es la simplificación de la organización urbana. El paisaje se puebla de zonas comerciales y residenciales de baja densidad orientadas al automóvil. La industria ya abandonó los centros urbanos y las actividades asociadas al conocimiento y la tecnología se sitúan con frecuencia fuera de la ciudad: parques tecnológicos, universidades, etc. abandonan el centro de la ciudad en busca, como el resto de usos, de suelo barato, accesibilidad por carretera, aparcamiento in situ y espacios de mayor calidad ambiental que los urbanos.

El patrón de hábitat de iguales con iguales detrae de las ciudades la convivencia entre diferentes, que es la base de lo urbano. En los dos extremos de esta categorización aparecen dos tipos de guetos: las urbanizaciones cerradas exclusivas o excluyentes para las familias de alta capacidad económica y los barrios de excluidos donde se agrupan los que quedan fuera de los circuitos económicos, que acogen, además, a los no integrados entre los nuevos pobres: los inmigrantes, los sin papeles, etc.

Paralelamente, la presión urbana en las ciudades más importantes, deficitarias en espacios verdes, de relax y de ocio, ha supuesto una perdigonada, en territorios extensos, de segundas residencias buscando el contacto (teórico en muchos casos) con el campo, el mar o la montaña y provocando un impacto significativo sobre el paisaje y también sobre

las variables ambientales, sin que ello tenga compensaciones suficientes sobre los territorios de acogida. En los bordes se suele producir una mezcla de usos distintos, algunos con carácter marginal, que proporcionan territorios desordenados de muy baja calidad urbana. Son los “no lugares”.

El consumo de suelo, directo e indirecto, a través de las infraestructuras asociadas al desarrollo, genera un conflicto permanente con los sistemas agrícolas (en muchas ocasiones, el desarrollo urbano ha ocupado los mejores territorios agrícolas) y naturales que los fragmentan y los insulariza, simplificándolos. A esta simplificación se le añaden otras que provienen de los impactos de uso, explotación inadecuada e impactos contaminantes.

C. Consumo de suelo, agua, materiales y energía

La impermeabilización y sellado del suelo conlleva una perturbación del ciclo hídrico porque ocupa áreas de recarga, incrementa el riesgo de inundaciones, etc. Supone también un incremento de las temperaturas provocando la isla de calor urbana y dificulta la adaptación al cambio climático.

Esta forma de producir ciudad supone un consumo masivo de suelo, pero también de materiales, agua y energía. El consumo de suelo en muchas ciudades del Planeta se ha incrementado, en un período de 30 años, casi tres veces respecto al suelo consumido en toda la historia de esas ciudades. El consumo de materiales y agua es directamente proporcional al consumo de suelo. Además, el consumo de agua en las tipologías edificatorias que definen el suburbio, es mucho mayor que en las tipologías plurifamiliares. El consumo de energía está asociado también a la construcción de la ciudad difusa y a su funcionamiento. Hoy, más del 70 % de la energía mundial se consume en las ciudades.

D. Generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos

Los recursos consumidos se convierten en residuos sólidos, líquidos o gaseosos. La calidad del aire en la mayoría de las ciudades es la causa de más de 12,6 millones de muertes prematuras¹ en

¹ Según el Informe “Medioambiente saludable, gente saludable”, publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono y los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, y presentado en la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEA-2, Nairobi

23-27 mayo 2016). Según el último estudio de la Carga Global de Enfermedad (GBD, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/27733284>, en el que ha colaborado ISGlobal), a nivel global, se estima que las partículas en suspensión provocan más de 4,2 millones de muertes prematuras anuales (3 millones en 2012) y se pierden más de 167 millones de años de vida sana o años de vida ajustados por discapacidad (AVAD).

todo el mundo. La morbilidad (enfermedades respiratorias, cardiovasculares, alérgicas...) causada por la contaminación atmosférica es, también, de varios millones cada año. El transporte es el principal emisor de contaminación.

Las ciudades son las responsables directas, hoy, del 70% de los gases de efecto invernadero, un porcentaje que se incrementa si se incluyen las emisiones indirectas.

El ruido, también provocado por el transporte, es otro impacto en los sistemas urbanos con consecuencias sobre la salud similares y de la misma magnitud a las provocadas por la contaminación atmosférica.

Hoy, la mayor parte del agua consumida se vierte sin depuración. En muchos casos no se cuenta con sistema de alcantarillado y se contaminan los acuíferos que son, a su vez, una fuente de agua potable. Se calcula que más de 2000 millones de seres humanos ingieren agua no potable.

Los estilos de vida actuales son generadores de una creciente producción de residuos sólidos urbanos que en su mayoría se recogen (cuando se recogen) y se eliminan en masa sin ninguna separación ni tratamiento. Las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del agua provocada por los lixiviados son dos de las consecuencias de la gestión deficitaria de los residuos urbanos.

E. Modelos de movilidad basados en el transporte privado y sus consecuencias en el espacio público

La ciudad simplificada y dispersa genera un ingente número de viajes obligados: trabajo, estudio, etc. La dispersión hace necesario el uso del vehículo privado, y viceversa, pues los tejidos de la ciudad difusa no tienen la masa crítica de población y actividades que justifiquen el transporte público. Las distancias disuaden y hacen inviable el uso de la bicicleta. Las redes viarias se congestionan (sobre todo en las entradas y salidas urbanas) y generan una pérdida de tiempo evaluado en miles de millones de horas al año.

Los actuales modelos de movilidad (reparto modal) en las ciudades de todo el mundo, provoca que más del 80 % del espacio público viario se destine a la movilidad de paso (la ciudad es de los coches). El derecho al desplazamiento es prácticamente el único derecho que el ciudadano puede ejercer en el espacio público viario. La habitabilidad en el espacio público es escasa debido a los

impactos derivados de la movilidad y sus infraestructuras: ruido, contaminación atmosférica, accidentalidad, isla de calor, ausencia de verde urbano, insularización de los ecosistemas naturales, etc.

F. Segregación social y gentrificación

Los procesos económicos vinculados al peso de la economía en el sector inmobiliario tienen efectos directos en las opciones personales de alojamiento.

En muchos países coexiste una huida de la ciudad por parte de las clases medias emergentes, que se produce en coincidencia con etapas de la vida como la formación de una familia o la natalidad, y una expulsión de clases medias bajas, obreros y empleados de baja capacidad adquisitiva, que no pueden pagar los precios consolidados en el centro de la ciudad.

El centro de la ciudad simplifica su población, con una tendencia dual: clases profesionales de élite con un gran peso porcentual de personas que viven solas y hogares sin hijos, e inmigrantes que se ubican en los habitáculos de menor habitabilidad, abandonados por las clases populares, y que aprovechan las oportunidades de empleo en el creciente sector de servicios a las personas y a los hogares o en comercio y hostelería urbana. Sólo los equipamientos y servicios urbanos constituyen el lugar de encuentro entre estas dos sociedades.

La periferia sigue siendo el espacio de las rentas más limitadas. Los barrios se dividen en barrios que consiguen normalizarse e incrementar gradualmente su calidad de vida y barrios de relegación, con población cautiva y suma de problemas urbanos y sociales.

El periurbano de la ciudad difusa asimismo es, cada vez más, la opción de los grupos sociales de empleados y obreros. Su presencia en la ciudad difusa e incluso en la rural coincide con los enclaves de prestigio reservados a las clases de alta capacidad adquisitiva, con carácter de urbanización exclusiva y de acceso restringido.

La deseada mezcla social de ciudadanía que permite el conocimiento mutuo, la concertación de intereses y que crea instrumentos para la convivencia, no es fácil ni responde a procesos emergentes. Prueba de ello son los infructuosos resultados de las políticas urbanas de los países europeos que tienen en la mezcla social uno de sus objetivos prioritarios.

En ciudades con cierto atractivo se detectan procesos de gentrificación y cuando el atractivo es turístico se generan escenarios propios de los parques temáticos. Distintos fondos de inversión se aprovechan de la “marca” de algunas ciudades y de las inversiones de mejora de la calidad urbana para hacer negocios que acaban expulsando a los nativos de sus lugares de vida.

Cuando el atractivo está relacionado con el Patrimonio cultural se produce, en muchas ciudades que poseen esa riqueza, un turismo masivo que no integra los valores culturales con los objetivos sociales y económicos, comprometidos con la planificación de los recursos del Estado, de las regiones y de las comunidades locales, acarreado un efecto perverso sobre los lugares y áreas urbanas implicadas en la invasión.

G. Incertidumbres y amenazas de la era digital

Con la aparición de las nuevas tecnologías y, en particular, con internet, el mundo en general y en especial el rumbo de las ciudades se ven envueltos en una maraña de flujos de información y de hiperconectividad que crece en la medida que crece el número de plataformas globales y el internet de las cosas. Con el incremento de los flujos de información y la aparición de dichas plataformas, el sistema de proporciones urbano se ve modificado significativamente, dificultando el nivel de regulación público que son propios, por ejemplo, del urbanismo o de la planificación sectorial. Cuando hablamos de los derechos fundamentales, como el libre albedrío, el impacto de las nuevas tecnologías a través de las plataformas digitales con fines de lucro pone en entredicho, incluso, las reglas principales de la democracia. Con la irrupción de la Inteligencia Artificial (IA), los flujos de información juegan un rol que beneficia, casi en exclusiva, a las plataformas que los controlan, alejándose en la mayoría de ocasiones del bien común y el abordaje de los retos que la humanidad tiene en este principio de siglo. Las consecuencias que tienen plataformas como Airbnb, Uber, Amazon, etc., sobre el alquiler, la movilidad y el comercio son realmente preocupantes para el futuro de las ciudades y los impactos que generan a todas las escalas fruto de su implantación. Aun siendo preocupante el impacto producido, el futuro inmediato puede llegar a ser demoledor si no se regulan con urgencia las plataformas existentes y las que se anuncian como inminentes. La tecnología 5G y la IA permitirán la primera implantación de robots en forma de vehículos autónomos que invadirán nuestras ciudades poniendo en

riesgo, por ejemplo, el transporte público, o incrementando la superficie ocupada por el suburbio, ... profundizando, aún más, en los procesos urbanos hacia la insostenibilidad. Por el actual escenario de insostenibilidad y por la velocidad de implantación de las nuevas tecnologías es urgente llegar a definir por consenso el sistema de proporciones urbano que nos permita ahondar con mayor capacidad de anticipación los retos enunciados.

A pesar del ingente esfuerzo que, desde las administraciones locales, nacionales o supranacionales, desde las organizaciones internacionales, desde el ámbito científico y técnico... se viene haciendo desde hace unas pocas décadas, no se ha conseguido revertir esta situación y los indicadores que estas organizaciones publican periódicamente siguen dando, año tras año, valores preocupantes y que en cualquier caso no muestran el cambio de tendencia deseable.

El nivel de disfunciones actual puede provocar en muchas ciudades que, por estas causas, parte de la población urbana deba emigrar.

2.2 Los grandes problemas generados por los sistemas urbanos en los ecosistemas del planeta

A pesar de que la Tierra ha tenido cambios ambientales significativos, se ha mantenido estable en los últimos 10.000 años. Este período de estabilidad es conocido como *Holoceno*. Con la revolución industrial y el uso de los combustibles fósiles, los cambios en el Planeta son suficientemente importantes como para entender que la estabilidad conocida ha dejado de serlo. La acción del hombre y de sus sistemas urbanos está suponiendo cambios en el medio de tal magnitud que algunos autores han denominado esta etapa como *Antropoceno* (CRUTZEN, P.J., 2002), como si fuera una nueva era.

Sin la acción del hombre el Holoceno habría podido durar unos cuantos miles de años más con los mecanismos de regulación de la propia Naturaleza. La capacidad de transformación de la tecnología humana con uso masivo de la energía nos ha llevado a determinados niveles de impacto sobre las condiciones de partida que, en algunos casos, ya se consideran irreversibles.

Algunos autores como Johan ROCKSTRÖM & al (2009) proponen establecer un marco basado en “fronteras planetarias”. Estas fronteras definen hasta dónde puede llegar la acción humana en relación a los sistemas planetarios y sus procesos

y subsistemas biogeográficos. Los sistemas complejos de la Tierra responden lentamente a los cambios, sin embargo, hay excepciones. Algunos subsistemas reaccionan de manera no lineal, a veces abrupta, y son particularmente sensibles a determinados umbrales de ciertas variables clave, hasta el punto de que anuncian consecuencias desastrosas para la especie humana.

Aunque hay algunas variables que no tienen umbrales todavía bastante definidos (por desconocimiento) ROCKSTRÖM & al han identificado procesos planetarios con cambios ambientales inaceptables y les han asociado umbrales que no deberían rebasarse.

En algunos casos se deberían buscar medidas para devolverlos a unos valores cercanos a la era

anterior a fin de asegurar la estabilidad y, con ella, el futuro.

Según los autores citados, de las variables analizadas hay tres que rebasan los umbrales fijados, creando incertidumbres y consecuencias más o menos estudiadas: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y los cambios en el ciclo del nitrógeno y el fósforo.

Las fronteras para el clima se basan en dos umbrales críticos: la concentración de dióxido de carbono que no debería sobrepasar las 350 partes por millón en volumen y la “fuerza radiativa” que no debería exceder 1 wat por metro cuadrado sobre los niveles preindustriales. Transgredir estos límites incrementa los riesgos de un cambio climático irreversible, como el deshielo de los polos, el aumento

Fronteras planetarias				
Procesos del sistema Tierra	Parámetros	Umbral	Estado	Valor previo
Cambio climático	(i) Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (partes por millón por volumen)	350	403	280
	(ii) Cambios en forzamiento radiativo (watts por m ²)	1	1.5	0
(Pérdida de biodiversidad (terrestre y marina)	Ratio de extinción (número de especies por millón de especies por año)	10	>100	0.1-1
Ciclo del Nitrógeno (parte de la frontera con el ciclo del fósforo)	Cantidad de N ₂ atmosférico fijado para su utilización humana (millones de toneladas por año)	35	121	0
Ciclo del Fósforo (parte de la frontera con el ciclo del nitrógeno)	Cantidad de P derramado en los océanos (millones de toneladas por año)	11	8.5-9.5	-1
Destrucción de la capa de ozono estratosférica	Concentración de ozono (en unidades Dobson)	276	283	290
Acidificación oceánica	Estado de saturación global medio de aragonita en la superficie del agua marina	2.75	2.90	3,44
Consumo global de agua dulce	Consumo humano de agua dulce	4,000	2,600	415
Cambios en el uso de la tierra	Porcentaje de superficie global convertida en cultivos	15	11.7	Bajo
Concentración atmosférica de aerosoles	Concentración total de partículas a la atmósfera, con base regional	Sin determinar		
Contaminación química	Por ejemplo, cantidad o concentración de contaminantes orgánicos persistentes, plásticos, tóxicos endocrinos, metales pesados y residuos nucleares emitidos al medio ambiente global, o los efectos en los ecosistemas y en el funcionamiento del sistema Tierra	Sin determinar		

Nota: Los umbrales sombreados ya han sido sobrepasados.

FIG. 1/ Fronteras planetarias.

Fuente: ROCKSTRÖM, J. & al (op.cit) modificado.

de los niveles del mar o el impacto catastrófico sobre los sistemas naturales y agrícolas.

A nivel global, es muy probable que el incremento de las temperaturas haga inviable la vida de los seres humano en áreas extensas. En el año 2003 la cuenca del Guadalquivir alcanzó registros cercanos a los 50 °C. Con el incremento de las temperaturas previstas, en determinados momentos, es casi seguro que se alcanzarán los 55 °C que, si vienen acompañados de una humedad relativa elevada, interrumpirá la transpiración y el intercambio de calor. En esas condiciones, la vida humana no es viable.

En la era del Antropoceno la pérdida de biodiversidad se ha acelerado masivamente. Los registros fósiles demuestran que las ratios de extinción de especies marinas son de 0,1 a 1 extinción por millón de especies y por año. Para los mamíferos se evalúa entre 0,2 y 0,5 extinciones por millón de especies por año. Hoy, la ratio de extinción de especies se estima entre 100 y 1000 veces más que lo que podría considerarse natural. El cambio climático y las actividades humanas son la principal causa de la aceleración.

La pérdida de biodiversidad puede suponer cambios en la resiliencia de los ecosistemas debido, entre otros, a la interrelación e interacción que esta pérdida supone sobre otros umbrales planetarios. Una pérdida de biodiversidad puede suponer, por ejemplo, un incremento de la vulnerabilidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos con consecuencias sobre el cambio climático o la acidificación de los océanos. Hoy el 97 % en peso de los mamíferos del planeta son controlados por la especie humana.

Los procesos humanos convierten, en forma reactiva, alrededor de 120 millones de toneladas de N_2 por año desde la atmósfera. Una cantidad mayor que la del conjunto de efectos combinados de todos los procesos terrestres. A escala planetaria, la cantidad de nitrógeno y fósforo activado por los humanos es tan grande que perturba significativamente los ciclos globales de estos elementos tan importantes. Buena parte de este N_2 reactivo contamina el agua dulce y los litorales marinos, se acumula en los sistemas terrestres y se añade a la atmósfera en fórmulas químicas diferentes. El óxido nitroso es uno de los gases importantes de efecto invernadero. Las ingentes cantidades de N_2 reactivo erosionan la resiliencia de importantes sistemas terrestres.

La presión que ejerce la especie humana a través, sobre todo de sus sistemas urbanos sobre el conjunto de ecosistemas de la Tierra se manifiesta directamente en los valores expuestos. Ellos son los principales responsables de los desequilibrios

enunciados que se han calificado de insostenibles, poniendo en riesgo el devenir de la propia especie humana. La presión ejercida por las ciudades por explotación de recursos y por impacto contaminante, está suponiendo una simplificación entrópica de los ecosistemas de la Tierra superando, como se comprueba, los límites de varias variables esenciales para la vida tal como la conocemos. El futuro próximo, no más de varias décadas, a causa de los efectos del cambio climático, extinción de especies y merma de la biodiversidad, etc., es probable que suponga movimientos masivos de población en busca de la supervivencia.

2.3. El crecimiento explosivo de la población y las incertidumbres que le acompañan

Por otra parte, se está produciendo una explosión demográfica en Asia y África. Concretamente, en el continente africano, según UN Habitat, en 20 años, se espera un crecimiento de entre 1.300 y 2.000 millones de personas.

Es obligado preguntarse dónde residirá tal cantidad de población. No hay ciudades planificadas ni organización para tal crecimiento. (Kinsasa, capital de la República del Congo, alcanzará en el 2050 los 56 millones de personas).

Como en el caso de las disfunciones urbanas o el caso del cambio climático (como fenómeno destacado del impacto de los sistemas urbanos en los sistemas del planeta), la explosión demográfica anuncia probables movimientos masivos de personas desplazándose a otros lugares por pura supervivencia. La suma de los procesos migratorios: disfunciones urbanas, cambio climático y explosión demográfica, pone en riesgo la estabilidad de las organizaciones territoriales urbanas no importa donde se encuentren. Las migraciones masivas, ya se sabe, suponen un cortocircuito de los flujos de materia y energía que acaban destruyendo las organizaciones de acogida y que, irremediamente, desembocan en conflictos de naturaleza y escala distintos. Las incertidumbres generadas no cuentan con los instrumentos organizativos, ni normativos, ni financieros, ni culturales, ni el marco teórico y técnico que deberían desarrollarse de manera integral, a todas las escalas, para incrementar nuestra capacidad de anticipación ante los enormes retos del futuro. Como ya se dijo, la sostenibilidad amplia se ganará o se perderá en las ciudades, en como las organicemos a partir de hoy.

Es de extrema urgencia la regeneración de las ciudades existentes para mitigar y reducir las

actuales disfunciones urbanas y las incertidumbres que vienen de la mano de fenómenos como el cambio climático, la extinción de especies, etc. Para anticiparnos a la explosión demográfica esperada es urgente, también, planificar la ampliación de las ciudades existentes y, en su caso, construir nuevas ciudades que garanticen la habitabilidad de sus habitantes sin que ello suponga un impacto como el que producen las actuales ciudades. Para todo ello es necesario redefinir los actuales instrumentos de planificación haciendo uso de nuevos principios y parámetros urbanísticos.

3. Un cambio de era y un cambio de paradigma: de la sociedad industrial a la sociedad digital de la información y el conocimiento

La sociedad industrial se ha caracterizado por un intento, fallido, de independizarse de las leyes de la naturaleza, en la creencia que la tecnología, con la ayuda energética necesaria, todo lo solucionaría. El resultado ha sido en la mayoría de los casos, incluso a nivel global, un incremento de los impactos y la simplificación (entropización) de los sistemas. Paralelamente, el modelo económico de la sociedad industrial se ha ido alejando de las bases físicas que propugnaban los fisiócratas de la sociedad orgánica, substituyéndolas por la monetarización y financiarización, cuyas bases son virtuales, sin soporte físico y totalmente alejadas de las leyes de la naturaleza, sin considerar a la especie humana como parte de la biosfera.

A. Ampliar nuestra capacidad de anticipación

La identidad fundamental de Conrad establece que

“La complejidad de un sistema ($H(W)$) menos su capacidad de anticipación ($H(W/W^*)$) respecto a su entorno es igual a la incertidumbre del entorno ($H(W^*)$) menos su sensibilidad respecto al sistema ($H(W^*/W)$).”

$$H(W) - H(W/W^*) = H(W^*) - H(W^*/W)$$

Conrad (1983) estableció esta identidad fundamental y demostró que ambos mensajes contienen idénticas cantidades de información.

Se trata de una identidad que rige el cambio del mundo respecto a cualquiera de sus partes. Una perturbación en un término de la ecuación requiere la inmediata reacomodación de los demás. En consecuencia, si aumenta la incertidumbre del entorno, el cumplimiento de la identidad fundamental

exige que el resto de elementos de la ecuación se recomponga.

Hay cuatro términos con los que jugar y una ley que respetar. Cuando ocurre esto, cuando en la dialéctica sistema-entorno se esquivan todas las dificultades y se consigue no violar la ley fundamental, entonces decimos que hay adaptación. El sistema se adapta. Pero sólo es posible adaptarse dentro de ciertos límites, es decir, para una variación máxima de las condiciones ambientales. Cuando esto no es posible, cuando una perturbación no puede ser absorbida por una respuesta de los otros tres términos, la adaptación se rompe y el sistema entra en crisis y, o bien se extingue, o bien cambia bruscamente a otra estructura, se autoorganiza (WAGENSBERG, J., 1994).

Mientras la incertidumbre del entorno se ha mantenido dentro de unos límites aceptables para la permanencia de los asentamientos humanos en general y de los sistemas urbanos en particular, éstos se han acomodado a situaciones diversas y, gracias a diversos instrumentos (entre ellos, el urbanismo), se han aproximado a la resolución de los conflictos propios de cada época. Actualmente, la tendencia al agotamiento de la capacidad de cambio de algunas variables del entorno (físico y social) nos obliga a acomodar nuestras acciones a la ley fundamental, es decir, a aumentar nuestra capacidad de anticipación, limitando ciertos comportamientos de los sistemas urbanos (aquellos que permitan reducir el impacto sobre el entorno), con el objetivo de reducir la actual incertidumbre del entorno y, sobre todo, su tendencia al aumento.

Dicho de otro modo, incorporando el cuarto elemento de la identidad de Conrad, podríamos afirmar que mientras los valores de la sensibilidad del entorno respecto al sistema han sido elevados, el entorno ha ido asumiendo los impactos sin que se apreciaran comportamientos alarmantes que obligaran al Sistema a restringir determinados comportamientos (por ejemplo, el fenómeno del cambio climático se manifiesta en toda su crudeza cuando los sumideros de gases de efecto invernadero, los océanos principalmente, muestran signos de saturación, antes no). Ahora, las incertidumbres (comportamientos) manifestadas por el entorno para determinados emplazamientos es tan elevada y la sensibilidad tan baja que pone en riesgo la permanencia de los asentamientos urbanos en estos lugares.

Aquí se considera que la mitigación de las incertidumbres generadas por los sistemas

urbanos debe abordarse analizando, primero, el aumento y disminución de la complejidad en los sistemas y evitando, después, los comportamientos que los ponen en riesgo por la reacción de los comportamientos del entorno.

El mantenimiento de la entidad fundamental sólo puede mantenerse si incrementamos nuestra capacidad de anticipación repensando las estrategias y los instrumentos a aplicar. Un nuevo urbanismo que restrinja determinados comportamientos del sistema es clave. De hecho, la maximización de la entropía que el sistema recupera en términos de información y la minimización de la entropía que se proyecta en el entorno y que disminuye su incertidumbre, son los principios generales que guían al urbanismo ecosistémico, como se verá más adelante.

Las bases conceptuales sobre las que operan los urbanistas y los planificadores del territorio suelen seguir lógicas alejadas del funcionamiento de los sistemas y, en consecuencia, están lejos de poder reducir las incertidumbres del entorno.

B. Un cambio de estrategia para competir entre territorios

La sociedad industrial se ha caracterizado por el uso de una estrategia para competir entre territorios fundamentada en el consumo de recursos naturales: suelo, materiales y energía. La explotación y el impacto contaminante sobre los sistemas de soporte han sido y es tan elevado, que el desarrollo se ha calificado de insostenible, dibujando escenarios de futuro cada vez más inciertos. Esta estrategia ha contado y cuenta con las organizaciones y el sistema económico-financiero que la han hecho posible.

La ecuación de la sostenibilidad urbana (RUEDA, S. 1995) es la expresión de la eficiencia urbana:

$$\frac{E}{nH}$$

t →

La **E** indica el consumo de recursos (expresada en términos energéticos) y nos permite

evaluar el grado de sostenibilidad urbana alcanzado. La **nH**, es la expresión de la organización urbana, donde **n** es el número de personas jurídicas² y **H** su diversidad, nos permite saber el nivel de información útil (conocimiento), que se atesora en las organizaciones urbanas. Es la expresión del modelo de ciudad del conocimiento.

Actualmente, la estrategia competitiva entre territorios está basada en el consumo de recursos. El que se organiza mejor para consumir más suelo, más materiales y más energía, cobra ventaja competitiva. Esta es la causa principal de la insostenibilidad urbana y territorial.

En la naturaleza, los sistemas que no cumplen el principio de “maximizar la entropía en términos de información” desaparecen. Desgraciadamente, la lógica empleada para la producción y mantenimiento de los sistemas urbanos va en la dirección contraria, no importando la entropía generada si con ello se consigue el fin deseado, por ejemplo y como se ha dicho, la mejora en la posición competitiva.

La tendencia actual de producir ciudad responde a una secuencia temporal donde la tasa de consumo de energía es mucho mayor que la tasa de organización urbana que se obtiene:

$$\frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH}$$

t →

El modelo actual es claramente insostenible pues no maximiza la entropía en términos de información, sino al contrario. Su estrategia es la del despilfarro. Como en el principio de la Reina Roja (personaje del Alicia en el país de las maravillas), se trata de correr cada vez más deprisa (consumo de energía, cada vez mayor) para conseguir estar en el mismo sitio (para obtener una organización urbana similar).

La reducción de las actuales incertidumbres sólo es posible si se reduce, drásticamente, el actual consumo de recursos y el impacto

² Se consideran personas jurídicas a las actividades económicas (formales e informales), asociaciones, instituciones y

equipamientos, es decir, se incluyen todos los entes organizados radicados en los sistemas urbanos.

contaminante derivado. La reducción del consumo de recursos sólo puede venir de la desmaterialización de la economía con un cambio de estrategia para competir basado en la información y el conocimiento, que sustituya bienes materiales por servicios desmaterializados.

Obtener un modelo urbano más sostenible y, a la vez, un modelo de ciudad del conocimiento debería responder a una tasa de consumo energético cada vez menor y, a la vez, aumentar significativamente la tasa de organización urbana nH . Con ello se maximizaría la entropía en términos de información³.

$$\frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH}$$

t →

En la medida que decrece E y se aumenta nH , avanzamos hacia un modelo de ciudad más sostenible a la vez que se avanza hacia un modelo de ciudad del conocimiento, es decir en la medida que se empequeñece el resultado del cociente el camino del sistema urbano hacia la sostenibilidad crece y, crece hacia su "inteligencia".

C. Un cambio de régimen metabólico

La sociedad industrial estrenó el tercer régimen metabólico con un uso masivo de combustibles fósiles. Los regímenes anteriores, el de las sociedades cazadoras y recolectoras y las agrícolas se habían basado en la energía solar.

La sociedad industrial se ha basado, principalmente, en el consumo de combustibles fósiles, como si éstos no tuvieran límite. El consumo masivo de energía fósil y la tecnología han sido la causa de la simplificación de los ecosistemas en todas las escalas, es decir, en la generación de entropía generalizada con efectos irreversibles en muchos de

los ecosistemas impactados. Para la construcción de un futuro más sostenible es necesario un nuevo régimen metabólico, el cuarto. El nuevo régimen metabólico ha de estar basado, necesariamente, en la entropía, entendiendo que en este régimen metabólico el tipo de energía es la condición necesaria pero no suficiente. El consumo de energía elegida no debe aportar más entropía que la que se produciría de manera "natural" con su disipación. Hoy, la principal fuente que reúne esta condición es la energía solar. Otra cosa es el uso de la energía solar que puede ser tan impactante sobre los ecosistemas como lo es la energía fósil. La suficiencia la da la limitación del impacto de nuestra acción sobre los sistemas de la Tierra.

D. El uso de lógicas circulares o sistémicas

La substitución de la lógica lineal y parcelaria, por la lógica circular, sistémica y holística es obligada si se pretende abordar los retos enunciados. La lógica sistémica ha de inculcarse en el marco teórico y en los instrumentos relacionados con la transformación del territorio y las ciudades. Los sistemas, por definición, son realidades integrales que deben ser analizadas y abordadas, también, de manera integral. Las lógicas lineales o parcelarias tratan los problemas como si fueran tarugos sacados de su matriz. Cuando se intenta, luego, volverlo a insertar, el tarugo ya no encaja.

La incorporación de lógicas sistémicas da lugar a la creación de escenarios transdisciplinares definidores de un terreno de juego común donde, luego, los especialistas podrán verter sus conocimientos sin comprometer la integralidad de la solución.

4. La ecología urbana como base conceptual de un nuevo modelo urbano y un nuevo urbanismo

La magnitud y el tamaño de los impactos y desequilibrios nos obligan a concebir unas reglas del juego que abracen la totalidad de las variables que están en liza. El único marco conceptual que lo permite es la Ecología.

³ En los ecosistemas "naturales" la energía incidente procedente del sol es, en cada área de la Tierra, una determinada. Esa energía permite que, en el supuesto que hablemos de un campo de cultivo (ecosistema simplificado) abandonado, éste se colonice de plantas herbáceas, arbustos y árboles y con ellos infinidad de animales y demás organismos en una sucesión del ecosistema que, con el uso de la misma energía incidente, incrementará su organización en el tiempo hasta llegar al clímax. En el mismo sentido, la especie humana es producto de un proceso

evolutivo. El hombre es el sistema organizado más complejo que conocemos con más de 100 mil millones de células neuronales funcionando al unísono que nos permiten pensar, aprender, dar respuestas inteligentes además de movernos, etc. Este nivel organizativo requiere para su funcionamiento de la potencia energética equivalente al de una bombilla doméstica de 150 w. La relación entre la energía necesaria para mantener semejante organización se acerca a cero, siendo el mejor ejemplo conocido de maximización de la entropía en términos de información.

El objeto de estudio de la Ecología son los ecosistemas⁴. Las ciudades son ecosistemas urbanos donde los seres humanos constituyen su componente principal. Los ecosistemas urbanos son los sistemas más complejos creados por la especie humana. Si se pretende abordar su transformación de manera holística venimos obligados a formular modelos sintéticos que incidan en los componentes principales de los sistemas urbanos.

4.1. Un modelo urbano más sostenible en la era de la información (RUEDA, S. 2002)

El conjunto de elementos constitutivos de una ciudad, con sus relaciones y restricciones, dan como resultado un sistema de proporciones. Estas proporciones, que son el resultado de múltiples factores e intereses, pueden ser generadoras de disfunciones de naturaleza diversa. Por ejemplo, si la producción de ciudad se prodiga en la extensión excesiva de suburbio es bastante probable que se produzca una segregación social por rentas, culturas o etnias. La desigualdad entre territorios se hará realidad. En el suburbio, que suele tener la residencia como función casi exclusiva, el déficit de los servicios básicos y los equipamientos obligará a los residentes a utilizar el coche para acceder a ellos. Si el reparto modal está excesivamente decantado hacia el vehículo privado, la ocupación masiva del espacio público por el coche, la congestión o la calidad del aire, etc., darán como resultado una habitabilidad y una calidad urbana escasas. El consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero se incrementarán y la calidad del aire empeorará con el consiguiente impacto sobre la salud humana. El análisis se puede extender a otras variables urbanas. Con este ejemplo se pone de manifiesto la necesidad de integrar el conjunto de variables para que las proporciones trabajen sinérgicamente en el abordaje de los retos actuales.

Como decíamos, las ciudades son los sistemas más complejos que ha creado la especie humana. La única manera de aproximarse a dicha complejidad y alcanzar el sistema de proporciones equilibrado, es a través de modelos intencionales que, buscando abordar los retos e incertidumbres actuales, simplifiquen la realidad y nos permitan canalizar la energía del cambio. La definición de modelos intencionales

permite establecer el terreno de juego para aplicar visiones transdisciplinares donde, luego, puedan aplicar sus conocimientos los especialistas sabiendo cuales son los límites del campo de juego y las reglas a seguir. Hoy, del análisis de los problemas que presentan multitud de sistemas urbanos y del análisis de los que han conseguido minimizarlos, surge un modelo urbano intencional que es compacto en su morfología, complejo (mixto en usos y biodiverso) en su organización, eficiente metabólicamente y cohesionado socialmente.

La compacidad y funcionalidad urbana es el eje que atiende a la morfología y a las soluciones formales: densidad edificatoria, distribución de usos espaciales, porcentaje de espacio verde o de viario. Determina la proximidad entre usos y funciones urbanas. Es el eje, además, que define la funcionalidad del sistema y el escenario de movilidad y espacio público.

La complejidad urbana atiende a la organización urbana, al grado de mixtidad de usos y funciones implantadas o a implantar en un territorio. La complejidad urbana es el reflejo de las interacciones que se establecen en la ciudad entre los entes organizados o también llamados personas jurídicas: actividades económicas, asociaciones, equipamientos e instituciones. Se incluyen en este componente del modelo los flujos de información y las personas jurídicas densas en conocimiento, base de las ciudades mal denominadas "inteligentes". En este eje se incluye, también, la biodiversidad como expresión de la complejidad biológica que convive con los seres humanos en el ecosistema urbano.

Para el metabolismo urbano se busca la eficiencia de los flujos materiales, agua y energía, constituyentes del soporte de cualquier sistema urbano para mantener su organización y evitar ser contaminado. La gestión de los recursos naturales debe alcanzar la máxima eficiencia en su uso con la mínima perturbación de los ecosistemas de soporte, de acuerdo con el cuarto régimen metabólico. Debido a las características intrínsecas de los ecosistemas urbanos, la propuesta metabólica ha de transcenderlos e insertarlos en su matriz regional más amplia donde puedan desarrollar sus funciones de generación, regeneración y reproducción. La escala regional con la definición de geometrías variables para cada uno de los componentes metabólicos es clave para el desarrollo de estrategias tendentes a la autosuficiencia con recursos renovables.

⁴ Un sistema es un conjunto de elementos físico-químicos que entran en relación y que se distinguen unos de otros por las restricciones en el comportamiento que se establecen entre los elementos que se relacionan. Cuando algunos de los componentes del sistema son organismos vivos al sistema

se le denomina ecosistema. Los ecosistemas son sistemas abiertos en información, materia y energía, siguen el principio de Margalef y son escalables: una habitación, un edificio, un barrio o una ciudad son ecosistemas pues cumplen la definición.

La cohesión social trata de la convivencia entre las personas que habitan el espacio urbano y las relaciones que establecen entre sí. Las ciudades no pueden satisfacer su función de motor de progreso social, de crecimiento económico y de espacio de desarrollo de la democracia, a menos que se mantenga el equilibrio social, tanto intra como interurbano, que se proteja su diversidad cultural y que se establezca una elevada calidad urbana. En un contexto atento a la vulnerabilidad social, la mezcla de rentas, culturas, edades y profesiones tiene un efecto estabilizador sobre el sistema urbano.

Cuatro ejes íntimamente relacionados que interactúan sinérgicamente para dar respuestas integradas a realidades urbanas en procesos de rehabilitación y regeneración y, también, para acompañar a los planificadores de nuevos desarrollos urbanos. El modelo incide y se manifiesta en toda su extensión en realidades diversas que van de la escala metropolitana hasta un área de unas 16/20 ha.

4.2. Un modelo territorial conformando una red polinuclear de ciudades: más campo y más ciudad

Un modelo territorial que se ha demostrado sostenible durante siglos en latitudes medias es el mosaico conformado por áreas agrícolas, forestales y de pasto, unidas por márgenes, setos vegetales, acequias, arroyos, ríos... y, en medio, la ciudad compacta y compleja, que en el territorio se configura como una red polinuclear de ciudades. Hacer más ciudad y, a la vez, más campo, sería la síntesis de los dos modelos, el urbano y el territorial. La experiencia demuestra que estos dos modelos pueden mantenerse y desarrollarse si el modelo de movilidad potencia la configuración de nodos o núcleos, dificultando el desarrollo de la dispersión urbana.

5. El urbanismo ecosistémico (RUEDA, S. & al. 2012)

El urbanismo como práctica social de creación y transformación de las ciudades es el instrumento para abordar los retos actuales. Las limitaciones del urbanismo actual, sin embargo, obligan a la formulación de un nuevo urbanismo con bases

ecológicas que amplíe el foco y nos permita, de ese modo, aumentar nuestra capacidad de anticipación ante las actuales incertidumbres creadas, sobre todo, por los sistemas urbanos.

5.1. El contexto

Ecológicamente, abordar la transformación de un determinado territorio obliga a hacerlo teniendo en cuenta el medio (el medio interno y el sistema de soporte más amplio) desde todas las vertientes: ambiental⁵, económica, social y cultural⁶. La solución adoptada no puede crear disfunciones en el contexto ni en las variables secundarias que lo acompañan.

Los componentes del contexto son tan amplios como la propia realidad: paisajística, patrimonial, identitaria-cultural, geográfica, metabólica, sobre la biodiversidad, etc. La escala del contexto tiene la geometría variable de cada variable según sus características.

5.2. Los principios y objetivos del urbanismo ecosistémico⁷ para la regeneración de los tejidos urbanos existentes y para la planificación de nuevos desarrollos

Los principios del urbanismo ecosistémico recogen los objetivos y las líneas a seguir en la producción de ciudad. Llenan de contenido los ejes del modelo urbano intencional. Con quince principios se busca condensar las claves para la regeneración urbana y el diseño de nuevos desarrollos urbanos. La consecución de sus premisas y objetivos permite obtener los equilibrios sistémicos que garanticen el abordaje de los retos actuales, tanto urbanos como globales.

1º Compacidad vs dispersión:

Reducir el consumo de suelo incrementando la proximidad y la masa crítica de personas y personas jurídicas.

Se propone que la planificación y la ordenación del territorio fomenten morfologías y estructuras urbanas compactas y polifuncionales, estableciendo como prioritarios los procesos que promuevan el reciclaje de tejidos urbanos existentes, la recuperación de suelos en desuso en el

⁵ Evitando la ocupación de suelos inundables o con riesgo de deslizamientos, etc.

⁶ La cultura es, en sí misma, una categoría compleja, conceptualizada por la UNESCO como el conjunto de los rasgos distintivos espirituales y materiales, intelectuales y afectivos que caracterizan

a una sociedad o a un grupo social y que abarca, además de las artes y las letras, los modos de vida, la manera de vivir juntos, los sistemas de valores, las tradiciones y las creencias.

⁷ Para un conocimiento extenso de los principios del urbanismo ecosistémico ver: www.cartaurbanismoecosistemico.com

interior de los ámbitos urbanos o los procesos de redensificación de suelos urbanizables de carácter disperso. La intervención en áreas de expansión urbana de carácter residencial se lleva a cabo cuando se ordenan bordes de tejidos urbanos o áreas de nueva centralidad, favoreciendo criterios de accesibilidad y atracción urbana.

Determinada compacidad permite reunir, en un mismo espacio, suficiente masa crítica de personas y personas jurídicas con el fin de crear espacio público. Su existencia incita los intercambios y nuevas relaciones comunicativas entre personas, entes y actividades. Las tipologías edificatorias son primordialmente de vivienda colectiva que deben proporcionar densidades mínimas de población que permitan el desarrollo eficiente de aquellas funciones urbanas ligadas a la movilidad sostenible y a la dotación de servicios en el ámbito del transporte público, de las infraestructuras ligadas a los flujos de información y metabólicos, y de los equipamientos y servicios básicos.

2º Descompresión vs compresión:

El equilibrio urbano.

La compacidad es una condición necesaria para determinadas variables, tal como se ha indicado anteriormente, no obstante, un exceso de densidad conlleva disfunciones que deben corregirse. Corregir la compacidad es esencial para conseguir el equilibrio entre la compresión y la descompresión que elimine las disfunciones e impactos de los tejidos excesivamente compactos y las disfunciones que vienen de tejidos excesivamente laxos, como los que se generan en el suburbio.

En la ciudad se destinan espacios para mantenerla organizada y en funcionamiento. La organización y la funcionalidad antrópica están relacionadas con la edificación y el viario. Ambos ofrecen los usos y las funciones para generar y reproducir la tensión necesaria para mantener organizado el sistema urbano. El resultado es que para obtener una ciudad competitiva es necesario tener una cierta "compresión". Para mantener la ciudad en tensión se requiere tener una cierta compacidad que, cuando es excesiva, genera una presión de las mismas dimensiones. Para el equilibrio urbano, se ha comprobado que las ciudades con espacios públicos "suficientes", destinados al relax, al contacto con la naturaleza... proporcionan una mayor calidad urbana y de vida.

⁸ El espacio público es el marco privilegiado de la elaboración cultural en constante evolución y constituye el ámbito de la diversidad creativa, donde la perspectiva del encuentro de

3º Accesibilidad vs movilidad privada:

Transportes alternativos al coche, garantizando el acceso a la ciudad de todos los ciudadanos.

Lo importante no es la movilidad sino la accesibilidad a la ciudad y sus servicios. El objetivo principal es el derecho a la ciudad.

Hoy, la mayor parte de las calles de las ciudades en el mundo están destinadas a la movilidad de paso y en concreto a la movilidad motorizada. Si se quiere liberar espacio público para otros usos y controlar las variables de entorno para mejorar la habitabilidad en el espacio público es necesario modificar el modelo de movilidad, es decir, el porcentaje de viajes que realiza cada modo de transporte, traspasando la mayor parte de los viajes actuales, realizados en coche, a otros modos de locomoción.

El porcentaje de viajes en coche debe reducirse a la mínima expresión, aunque fueran realizados por coches eléctricos puesto que el factor limitante en los sistemas urbanos es el suelo. El resto de viajes debería ser cubierto por los transportes alternativos al coche que deberán contar con las unidades de transporte y las infraestructuras adecuadas para que sean una real alternativa competitiva al coche en tiempo, en energía o en accesibilidad.

4º Ciudadano vs peatón:

Los usos y derechos en el espacio público.

Es fundamental la reconversión de la mayor parte del espacio urbano, hoy destinado a la movilidad, para dedicarlo a la multiplicación de usos y derechos ciudadanos, convirtiendo las calles en lugares para la convivencia. El espacio público es la "casa de todos", el lugar de encuentro e intercambio, el lugar para el ejercicio de todos los derechos ciudadanos: intercambio, entretenimiento y estancia, cultura⁸ y conocimiento, expresión y democracia y, también, desplazamiento. No hay ciudad sin espacio público y el espacio público nos hace ciudadanos. Somos ciudadanos cuando tenemos la posibilidad de ocuparlo para el ejercicio de todos los derechos enunciados. Hoy, la imposibilidad de ejercer dichos derechos nos relega a ser peatones, que no deja de ser una palabra que define a un modo de transporte.

5º Habitabilidad en el espacio público:

El control de las variables de entorno.

Los ecosistemas naturales en su sucesión (evolución), tienden a "controlar", a partir de la relación

todo aquello que es diferente y distinto (procedencias, visiones, edades, géneros, etnias y clases sociales) hace posible el desarrollo humano integral. (Agenda 21 de la Cultura, 2004).

de sus miembros, las variables de entorno: humedad, temperatura, el binomio insolación/sombras, caminos, etc. esenciales para incrementar y/o mantener su biodiversidad.

En la ciudad es habitual comprobar la ausencia de control de las variables de entorno tanto en los tejidos existentes como en los proyectos de planificación para nuevos desarrollos urbanos.

Entendiendo que el espacio público es fundamental para la definición de ciudad, asegurar su habitabilidad también lo es. La propuesta urbanística tendría que asegurar:

- A. El confort del espacio público a través del control del ruido, de la calidad del aire y del confort térmico.
- B. La atracción del espacio público a partir de la implantación de los servicios básicos para residentes; la diversidad de las personas jurídicas y la presencia de verde urbano.
- C. La ergonomía en el espacio público, destinando la mayor parte del espacio para usos distintos a la movilidad de paso; asegurando la accesibilidad de "todos" y definiendo una relación: ancho de calle/altura del edificio, adecuada.

6º Complejidad vs simplificación:

Aumentar la complejidad urbana incrementando el número y la diversidad de las personas jurídicas.

Si bien la compacidad es el punto de partida para garantizar la intensidad física y funcional de los sistemas urbanos, los usos y actividades que se desarrollan en el espacio construido es igualmente importante. Los grandes objetivos del urbanismo ecosistémico dependen, en gran medida, del número y la diversidad de personas jurídicas que tenga el sistema urbano, es decir, de la complejidad organizativa o, si se quiere, del nivel de información organizada.

Aumentar intencionadamente la información organizada es la estrategia para competir, en sustitución de la actual basada en el consumo de recursos, ya que la complejidad informativa confiere ventajas sobre otros sistemas con menor complejidad organizada. La información no se suma, sino que se multiplica (el dinero tiene un comportamiento similar). En esta estrategia interesa especialmente poder contar con aquellas actividades que mejor controlan el presente y más anticipan el futuro, es

decir, aquellas que más conocimiento e información controlan: son las actividades @ o actividades densas en conocimiento.

Cuando un sistema urbano cuenta con una gran diversidad de personas jurídicas, su capacidad para responder a los impactos de distinta naturaleza se incrementa y con ello su resiliencia. Desarrollar estrategias que multipliquen el número y la diversidad de sectores económicos, trabajando en red, permite afrontar los avatares del futuro, minimizando el impacto porque se aumenta la probabilidad de seguir caminos alternativos. Con dichas estrategias, la capacidad de adaptación de los sistemas urbanos se acrecienta y se reducen los efectos de las fuerzas que pudieran perturbarlo. La medida de la diversidad (H) nos da una cierta medida de barroquismo necesario para que exista cierta estabilidad en el sistema. La multiplicación de actividades y organizaciones significativas permite influir en el futuro urbano y, de algún modo, guiarlo.

Son varias las iniciativas dirigidas a crear nuevas áreas de centralidad en la ciudad existente, ubicando de manera planificada grandes atractores de transporte, deportivos, culturales⁹, sociales y económicos. La finalidad última es incrementar el nivel de complejidad urbana, en especial en áreas simplificadas. La extensión de la complejidad a la mayor parte de la ciudad consolidada, también al suburbio (es un desierto urbano), es fundamental para la nueva estrategia competitiva.

7º Hiperconectividad:

Los flujos de información en la era digital.

En las ciudades, el conocimiento, definido como información útil, reside en su mayor parte en las organizaciones urbanas, es decir en las personas jurídicas. Ellas atesoran y dan salida al conocimiento actual. Ellas son las que, en su quehacer diario, la distribuyen y amplían en un proceso dinámico que permite el mantenimiento de la organización urbana y su crecimiento en complejidad. La incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación al conjunto del cuerpo social y al productivo ha permitido multiplicar el número de contactos y el traspaso de información útil, dando paso, también, a una nueva economía de servicios más desmaterializada, base de la nueva estrategia para competir fundamentada en la información y el conocimiento. Ello ha sido posible gracias a la profunda transformación que ha traído consigo la era digital, de la mano de la cual ha irrumpido una nueva economía colaborativa y de innovación

⁹ Se ha de precisar que la cultura, por importante que sea como instrumento del desarrollo, no puede ser relegada a una función subsidiaria de simple promotora del crecimiento económico. El papel de la cultura no se reduce a

ser un medio para alcanzar fines, sino que constituye la base social de los fines mismos. Se ha de entender que el desarrollo y la economía forman parte de la cultura de los pueblos.

social, que ha generado una nueva generación de plataformas digitales de recursos compartidos, nuevos mecanismos de financiación colectiva y modelos emergentes de emprendeduría en red. Se trata de un nuevo contexto socioeconómico, caracterizado por la desintermediación de las cadenas de valor, la servificación de gran parte de la oferta y la hiperconexión. Las ciudades vienen obligadas a posicionarse en esta compleja red global como actores geopolíticos innovadores y sostenibles, con capacidad de atraer y retener talento (ya sea proveniente de personas jurídicas, o de organizaciones ciudadanas o de otra índole).

La esencia de las Ciudades Inteligentes (Smart Cities) radica en el número y la diversidad de personas jurídicas densas en conocimiento y no de sus sensores. Los sensores son, en cualquier caso, un medio de captación y transmisión de información y nada más. En una ciudad el número y la diversidad de personas jurídicas densas en conocimiento son el mejor indicador del nivel de "inteligencia" alcanzado.

8º Verde vs asfalto:

Incrementar la superficie verde y la biodiversidad urbana.

La biodiversidad es la riqueza de formas de vida de un territorio que se genera a través de un proceso histórico de evolución genética, interacción coevolutiva, cambio ambiental y perturbaciones externas. El mantenimiento de la biodiversidad depende del mantenimiento de hábitats adecuados, de procesos productivos y constructores de complejidad, y de un régimen de perturbación moderado, no tan intenso que impida los procesos regenerativos de los ecosistemas pero que, sin embargo, genere una presión selectiva. (TERRADAS, J. & RUEDA S., 2012).

La demanda de naturaleza de los habitantes del medio urbano resulta de una necesidad profunda que el biólogo E.O. Wilson ha denominado biofilia. Es preciso reconocer esta necesidad básica y hallar los medios para que su satisfacción en grandes masas de población no se traduzca en la degradación de los espacios naturales, sobre todo los más próximos a las grandes ciudades o los de valor excepcional a escala global. Ello requiere una aproximación técnica adecuada, basada en los principios de la biología de la conservación, que deben ser recogidos también desde otros ámbitos, en las estrategias que conciernen al urbanismo, la movilidad, etc.

Se debe establecer una dotación mínima de espacio verde por habitante y se articula a través de la red de espacios verdes accesibles de forma cotidiana. El acercamiento de los ciudadanos a una red interconectada de espacios verdes de proximidad supone que se da cobertura a las

necesidades de recreo y que garantiza la accesibilidad para aquellos ciudadanos con movilidad reducida. La reserva de espacios responde a una lógica escalar que varía en función de la superficie de masa verde y del tiempo de acceso.

La planificación de la biodiversidad deberá incluir espacio para la agricultura urbana. Es este un objetivo que confluye con otros objetivos relacionados con el metabolismo y la economía circular. Al cierre parcial de los ciclos relacionados con la materia orgánica se le suma una menor mochila de consumo de recursos e impactos y una oportunidad para compartir la vida urbana, además de ser unos de los ejes para incrementar la biodiversidad en los sistemas urbanos.

9º Autosuficiencia vs dependencia:

Hacia la autosuficiencia energética con energías renovables.

El sistema energético en la nueva era de la información y el conocimiento debe atender no sólo a los componentes del sistema energético actual: generación, distribución y consumo, sino que se interesa por el uso de la energía y el impacto que ésta genera sobre los sistemas de soporte. Su interés por la entropía generada fundamenta el necesario cuarto régimen metabólico. El único régimen que puede reducir las incertidumbres actuales y ampliar nuestra capacidad de anticipación.

Se busca una mayor autosuficiencia energética a partir de la generación de energías renovables y la adopción de medidas de ahorro y eficiencia de los principales sectores consumidores: doméstico, servicios y equipamientos, movilidad, y la energía relacionada con los flujos másicos (gestión del agua y de los residuos).

10º Autosuficiencia hídrica con recursos próximos y renovables:

Preservación del ciclo hídrico.

Dado que la gestión del agua está vinculada a la gestión de las cuencas hidrográficas, y que una gestión que garantice el abastecimiento de un agua de calidad y preserve (o restaure en su caso) los bosques de ribera y los ecosistemas acuáticos sólo puede venir con el uso de criterios ecológicos, las ciudades, en el marco del urbanismo ecosistémico, deben cobrar protagonismo en la gestión integral de las cuencas hidrográficas aplicando una nueva cultura del agua que tenga en cuenta la ordenación del territorio, los ciclos climáticos, el suministro (captación, transporte, almacenamiento, potabilización, distribución y consumo), el saneamiento (depuración, reutilización y vertido) y las medidas para evitar los efectos de las sequías y las lluvias torrenciales e inundaciones.

11º Reducción, reutilización y reciclaje vs despilfarro:

Hacia la autosuficiencia de los materiales.

De un tiempo a esta parte se ha puesto de manifiesto la necesidad de contemplar el ciclo integral de los materiales: procedencia, características intrínsecas, ciclo de vida, etc. yendo mucho más allá de la mera gestión de los residuos urbanos. La toma de decisiones para el uso o el consumo de recursos y/o bienes debería estar fundamentado en el conocimiento profundo de estos, también de la “mochila” entrópica que acarrean y la que proyectarán con su uso y abandono.

Con el fin de incorporar la gestión de los residuos como elemento fundamental de la economía circular en la producción y regeneración de las ciudades, es necesario reducir la producción de residuos, en peso, volumen, diversidad y peligrosidad, desacoplando la generación de residuos del crecimiento económico.

12º Mitigación y adaptación al cambio climático.

La lucha por la mitigación del cambio climático se ganará o se perderá en las ciudades. La llave para ralentizar y, en su caso, reducir el calentamiento global se centra en la manera que tengamos de producir ciudad, en los estilos de vida empleados, en la gestión de los flujos metabólicos... en definitiva, en una organización de nuestras ciudades que nos permita encarar el futuro, con una mayor capacidad de anticipación y una reducción de las incertidumbres. En cualquier caso, aun conteniendo la emisión de gases de efecto invernadero las ciudades deberán adaptarse a los impactos anunciados.

Si se analizan con detalle todos y cada uno de los principios del urbanismo ecosistémico se puede comprobar que todos inciden de un modo o de otro en la mitigación o en la adaptación al cambio climático.

13º Cohesión social vs exclusión y segregación social:

Hacia la convivencia social mezclando rentas, culturas y edades.

El cumplimiento de las exigencias establecidas en los principios anteriores son la base para conseguir los fundamentos básicos de la cohesión social.

En los nuevos desarrollos y en las actuaciones de reciclaje urbano se procurará garantizar las mezclas adecuadas de población por razón de edad, renta y procedencia/etnia. Si es necesario, la administración adquirirá parte del parque inmobiliario con el fin de alquilarlo y obtener las mezclas sociales “adecuadas”.

14º Acceso universal a la vivienda en edificios más sostenibles.

La vivienda –que supone más del 80% de la edificación- constituye no sólo un derecho fundamental por suponer la satisfacción de una necesidad primaria, sino también un factor determinante en la organización social por ser el elemento básico del medio urbano y, por tanto, de la estructuración espacial de la sociedad. (CUCHÍ, A. & RUEDA, S. 2012).

La utilidad de la edificación, su función social y, por tanto, lo que justifica el uso de los recursos que utiliza, es la consecución de la habitabilidad. No tiene sentido plantearse una “edificación sostenible” si no se garantiza ese derecho, si no puede extenderse a todos, y en unas condiciones dignas, la obtención de un alojamiento socialmente aceptable. Paralelamente y con el fin de cumplir con el 13º PRINCIPIO, es conveniente diversificar los programas de vivienda y proveer una cantidad significativa de vivienda protegida que fomente el equilibrio del parque inmobiliario mezclando la vivienda según tipología (libre, protegida) y régimen de tenencia. Es necesario, también, localizar la vivienda protegida en lugares con buena accesibilidad a los equipamientos, espacios verdes y redes de transporte.

El principal capital para una edificación sostenible es la construcción ya existente, tanto por el ahorro de recursos que supone su utilización y renovación frente a su sustitución por edificación nueva, como por la integración que supone la construcción tradicional en estrategias de uso del suelo más compatibles con la matriz biofísica existente y su potencial sostenibilista.

15º Dotación y distribución equilibrada de equipamientos.

Se entiende por equipamiento el conjunto de dotaciones que la comunidad estima imprescindibles para la habitabilidad y el funcionamiento de la estructura social, coincidiendo con aquellas que requieren de un carácter público. El objetivo es conseguir que toda la población, independientemente de sus características sociodemográficas, tenga a su disposición una dotación óptima de equipamientos.

La distribución de los equipamientos básicos en el territorio debe hacerse de forma que cualquier persona, yendo a pie, los tenga en un radio de 5 a 10 min. Condición necesaria para garantizar la accesibilidad de cualquier grupo social. Una distribución equilibrada en el territorio fomenta que en un espacio de proximidad se sitúen diferentes equipamientos, lo que multiplica su intensidad de uso.

Los equipamientos básicos han de estar próximos. Los otros equipamientos, dependiendo de las características intrínsecas de cada uno de

ellos, se planificarán a distintas escalas territoriales y teniendo en cuenta, en cada caso, el tamaño de la población.

5.3. Interrelación e interdependencia de los principios del Urbanismo Ecosistémico

El enfoque sistémico y ecointegrador de la propuesta hace que los principios del urbanismo ecosistémico trabajen al unísono y de manera sinérgica. Los principios aquí expuestos están interrelacionados de manera íntima creando un sistema de equilibrios dinámicos entre ellos. Sólo se alcanza la maximización de los principios y objetivos intencionales aquí expuestos cuando se alcanza el equilibrio. Como en cualquier sistema complejo la interrelación genera procesos de retroalimentación que denotan la interdependencia de los principios entre sí. Cuando un principio manifiesta flaqueza, su debilidad arrastra al desequilibrio a los principios con los que tiene mayor relación. La interdependencia entre los principios es el fundamento de la aproximación sistémica del Urbanismo Ecosistémico.

5.4. Indicadores para determinar el grado de equilibrio ecosistémico¹⁰

El modelo urbano y los principios y objetivos propuestos fijan la base intencional. Saber el grado de cumplimiento de cada uno de los principios se consigue creando un sistema de indicadores que cuantifiquen y objetiven las intenciones expresadas. Para su evaluación, los resultados obtenidos se comparan con unos valores máximos, mínimos o ahorquillados¹¹ de referencia que determinan si el sistema está equilibrado o no, si nos acercamos o nos alejamos del sistema de proporciones adecuado. Los valores de referencia que se proponen constituyen el sistema de restricciones¹² de la planificación ecosistémica.

Los valores obtenidos para las variables del sistema de indicadores (restrictores), ya sea para las propuestas de actuación en nuevos desarrollos urbanos, como en tejidos consolidados, indican el grado de equilibrio ecosistémico del área analizada y, también, el grado de acomodación a los principios y al modelo urbano intencional.

El número de variables del sistema de restrictores será ligeramente distinta si el análisis se

realiza para tejidos existentes o nuevos desarrollos. La información en los tejidos existentes es mayor para algunos aspectos de la realidad urbana. Por otra parte, el análisis puede hacerse a escalas distintas que abarquen la ciudad entera o áreas con pocas hectáreas. De hecho, los valores de referencia establecidos para los indicadores tienen en una superficie de 16/20 ha el área de referencia ya que es el ecosistema urbano mínimo capaz de integrar el conjunto de principios propuestos.

La planificación urbanística suele contar con un documento normativo que fija los parámetros y condicionantes que guían la transformación del territorio a urbanizar. Los estándares y condicionantes proceden de marcos normativos de escala y naturaleza distintos con variables que son de carácter eminentemente social y económico. Para abordar los nuevos retos es necesario cambiar el enfoque y los parámetros de referencia que, sin olvidar algunas de las variables del urbanismo ortodoxo, den cobertura a los criterios de la sostenibilidad en la era de la información.

Del mismo modo que el planificador diseña un masterplan donde se garantice una determinada superficie de verde por habitante y otros condicionantes, el urbanismo ecosistémico establece cuarenta y cuatro parámetros que condicionan la planificación para conseguir que el sistema de proporciones sea el “adecuado”.

5.5. El Urbanismo Ecosistémico define tres niveles (planos)

En la actualidad la planificación urbanística dibuja un solo plano donde se establecen, fundamentalmente, los usos urbanos que quedan reservados por ley. El plano urbanístico actual no acoge, porque no puede, el conjunto de variables que deben regularse para abordar los retos de hoy y del futuro. Al plano en superficie deben añadirse, con la misma figura jurídica, un plano en cubierta y un plano en el subsuelo con las reservas adecuadas en cada plano. Las variables relacionadas con la sostenibilidad en la era de la información se incluyen sin dificultad.

El diseño de tres planos urbanísticos permite incorporar, formalmente, el conjunto de variables implicadas para el abordaje de los retos señalados.

¹⁰ Indicadores para cuantificar los principios del urbanismo ecosistémico. La metodología de cálculo de los indicadores aquí incluidos se encuentra en: Certificado del Urbanismo Ecosistémico. Rueda, S., Cormenzana, B., Vidal, M. et al (2012) Ed. BCNecología: <http://bcnecologia.net/es/publicaciones/certificacion-del-urbanismo-ecosistemico>

¹¹ El sistema de evaluación se asemeja a un análisis de sangre donde la comparación de los resultados obtenidos con los valores máximos, mínimos o ahorquillados de referencia determina si el individuo está en equilibrio (enfermo), o no.

¹² El sistema de restricciones tiene aquí un sentido similar al que contiene la definición de ecosistema.

E/E	Compacidad y funcionalidad					Complejidad				Eficiencia				Cohesión social		
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
PRINCIPIO	COMPACIDAD VS DISPERSIÓN	DESCOMPRESIÓN VS COMPRESIÓN	ACCESIBILIDAD VS MOVILIDAD PRIVADA	CIUDADANO VS PEATÓN	HABITABILIDAD EN EL ESPACIO PÚBLICO	COMPLEJIDAD VS SIMPLIFICACIÓN	HIPERCONECTIVIDAD	VERDE VS ASFALTO	AUTOSUFICIENCIA VS DEPENDENCIA ENERGÉTICA	AUTOSUFICIENCIA HÍDRICA	RRR VS DESPILFARRO MATERIALES	ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN CAMBIO CLIMÁTICO	COHESIÓN SOCIAL VS SEGREGACIÓN	ACCESO UNIV. A LA VIVIENDA EN SOSIBLES	DOTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EQUIPAMIENTOS	
01	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
02	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
03	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
04	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
05	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
06	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
07	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
08	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
09	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Fig. 2/ Interrelación sistémica entre los principios del Urbanismo ecosistémico.

Fuente: © BCNecología.

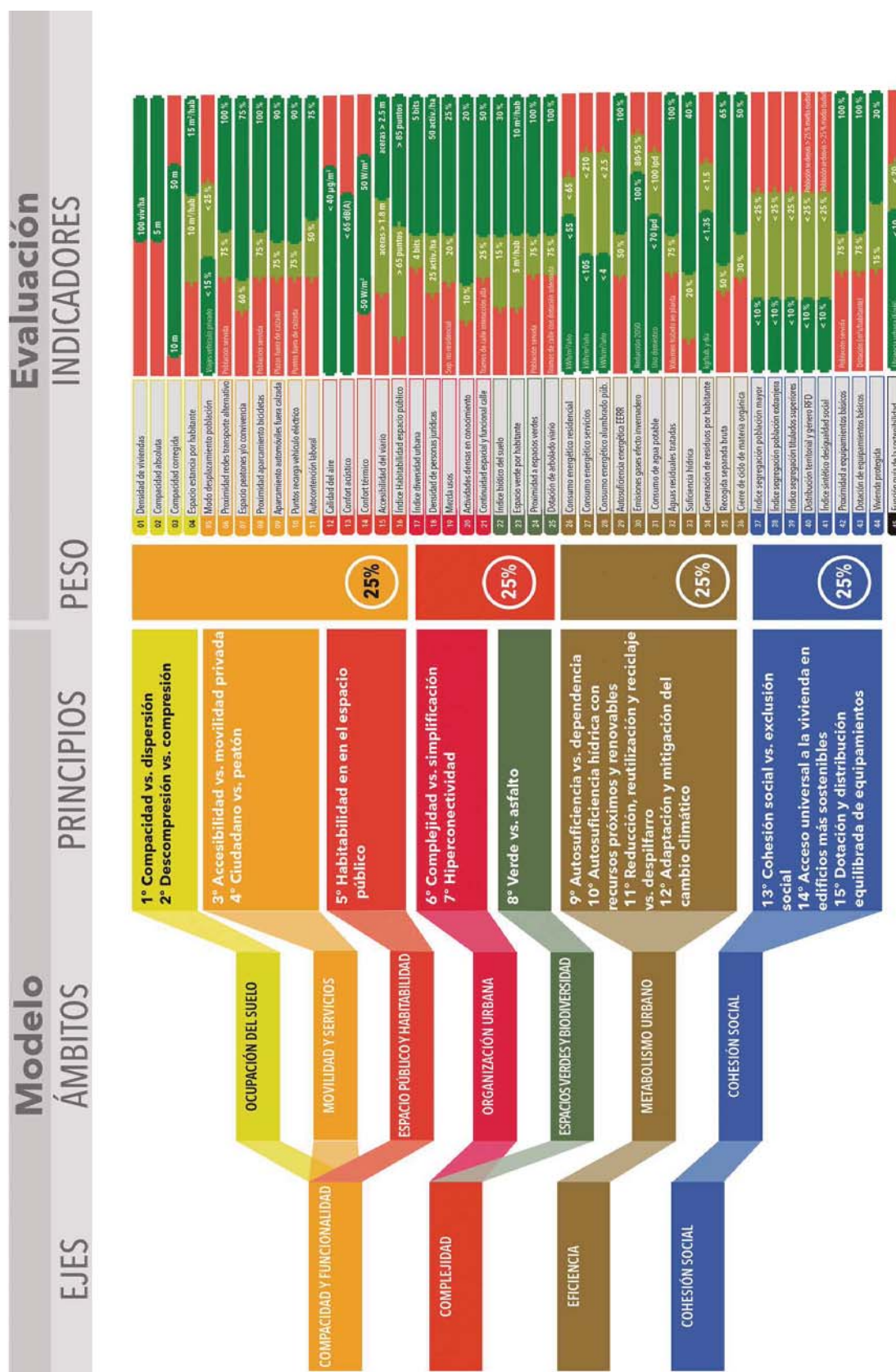


Fig. 3/ Síntesis de los elementos constitutivos del Urbanismo Ecosistémico.

Fuente: © BCNecología.

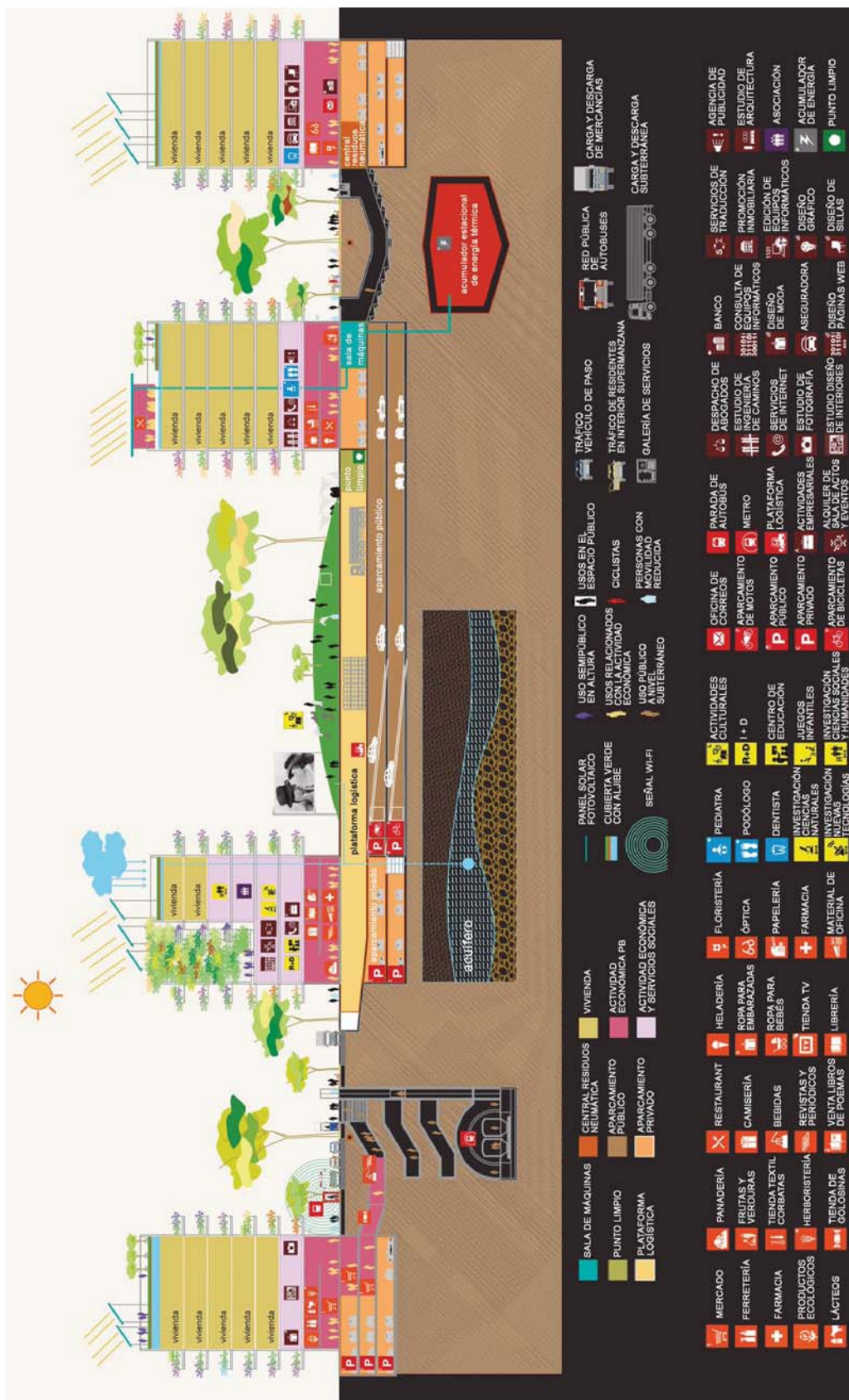


Fig. 4/ Sección conteniendo usos potenciales en altura, suelo y subsuelo.

Fuente: BCNecología.

	Propuesta	Referencias/autor	Escenario Barcelona 1859
Superficie por habitante	40 m ²	Michel Levy	13,5 m ²
Anchura de las calles	20 m	Michel Levy y Cerdà	4,19 m
Arbolado / espacio libre	50 % intervía	Cerdà	
Separación de los árboles	8 m	Cerdà	

FIG. 5/ Solución urbanística. Parámetros.

Fuente: BCNecología

6. El uso de células urbanas propuestas en Barcelona con el fin de abordar los retos urbanos de cada momento histórico

En este apartado se hace un pequeño análisis de las propuestas hechas para Barcelona de algunos de los planificadores más conocidos: Cerdà y Le Corbusier, que incluyen células urbanas o, si se quiere, las intervías usando la nomenclatura de Cerdà, que integran las variables y principios que han de resolver los retos de cada momento histórico. En todos los casos, la implantación de dichas células por repetición aseguran la resolución de los problemas a abordar.

6.1. La intervía, base del modelo funcional y urbanístico del Plan Cerdà y del Plan Macià (Le Corbusier)

Los fundamentos de la propuesta del Plan Cerdà son, principalmente, higienistas. En su afán de resolver los graves problemas de salud pública de la época, considera que los trabajos de los higienistas, especialmente los del francés Michel Levy, son la verdad científica a seguir¹³. La solución urbanística utiliza, básicamente, los parámetros incluidos en la tabla de la FIG. 5.

Michel Levy propuso que cada persona debía contar con 40 m² de ciudad. En aquellos momentos cada ciudadano de Barcelona contaba en promedio, sólo, 13,5 m² de ciudad. Otra de las premisas higienistas era que la anchura de la calle debía ser mayor que la altura de los edificios. Cerdà calcula la altura media de los edificios de Barcelona y constata que es un poco más de 19 m. La media de las anchuras de las calles era de 4,19 m². Las proporciones que escoge para el Eixample fueron de 20 m de anchura de calle y 16 m de altura, es decir que, como buen inge-

niero, se da un margen de seguridad del 20 % entre anchura y altura.

La solución morfológica que escogiera debía proporcionar, siempre, los 40 m² de ciudad por persona y los 20 m de anchura de la calle. Para ello propuso varios escenarios formales y escoge uno que tiene la forma de un cuadrado con dos edificios con chaflanes (en rojo) y un rectángulo de espacio libre entre los edificios que acaba dando la figura de un octógono, que llamó "intervía". Las dimensiones del cuadrado las justifica con la siguiente fórmula:



$$\text{Abiertas (Con chaflanes)} \quad x = \frac{pv - 2bdd}{\square} \pm \sqrt{\frac{pv(pv - 4bdf - 4b^2d)}{4zf}} = 113,3 \text{ m}$$

Siendo:

x = Lado del "intervías"

2b = Anchura de la calle = 20 m

f = Fondo del solar de construcción = 20 m

d = Fachada del solar de la construcción = 20 m

v = Número de habitantes por casa = 4,3 y 43 por edificio

p = Número de metros de superficie de ciudad que han de tocar por individuo = 40 m²

La ecuación incluye la superficie de ciudad por individuo, la anchura de la calle y hace una suposición: elige un solar de 20 m x 20 m donde vivirían 43 personas. El total de habitantes por intervía es de 444 (250 hab/ha) en una superficie construida de 4.131 m² y una superficie destinada al jardín de 8.301 m². La superficie de la intervía más la superficie del viario es de 17.763 m², que dividida por 444 habitantes, da una superficie de 40 m² de ciudad por habitante.

¹³ Hoy sabemos que los valores propuestos no soportan el análisis científico. Los supuestos sobre los que asentaban la propuesta de valores, la ciencia, posteriormente, se encargó

de desmentirlos. Podríamos afirmar que el Plan Cerdà y la base de su sistema principal de proporciones (lo que justifica la propuesta formal) está basado en equívocos.

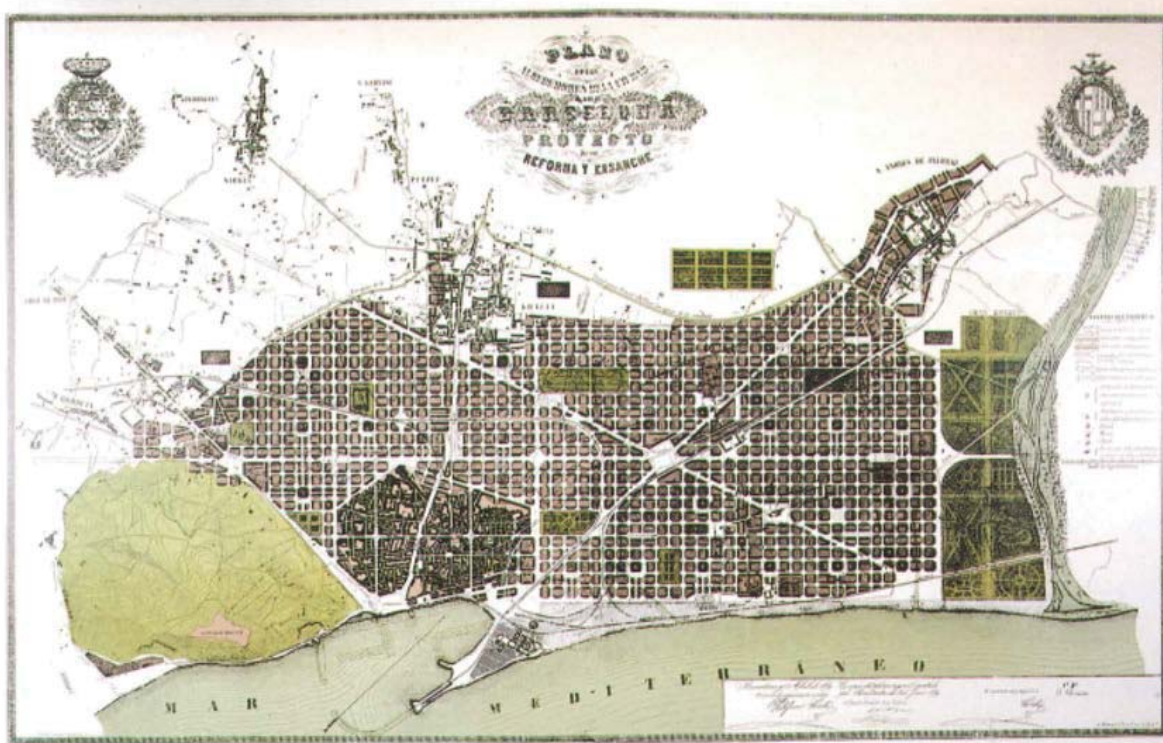


FIG. 6/ Plan Cerdà 1859.

Fuente: I. CERDÀ, 1867. Teoría de la Construcción de las Ciudades aplicada al proyecto de Reforma y Ensanche de Barcelona.

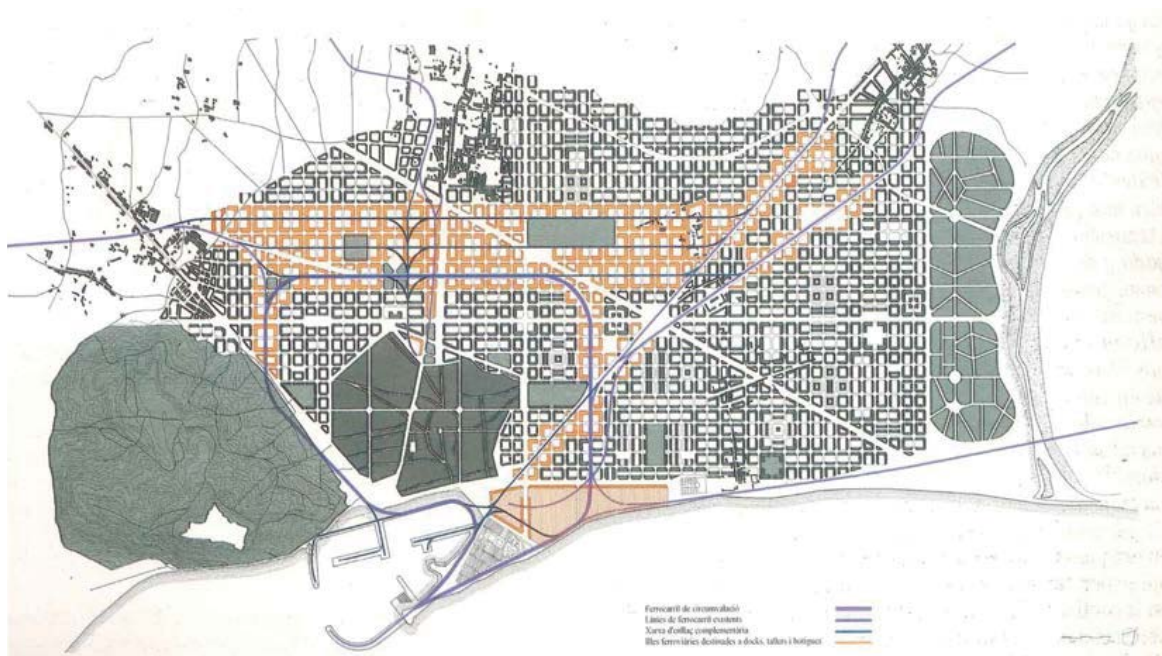


FIG. 7/ Agrupaciones interviarias del Proyecto de 1863.

Fuente: CERDÀ, URBS I TERRITORI.

En la reelaboración del Plan, en 1863 Cerdà propone una red ferroviaria paralela cada dos calles. Estas alineaciones paralelas al mar que atraviesan $\frac{3}{4}$ partes del Ensanche, enfilan por medio de un rosario de supermanzanas cuadradas compues-

tas de 4 manzanas con bloques en forma de L. Estas agrupaciones continúan acompañando la vía del tren cuando ésta conforma enlaces en Y a gran escala o se dispone en forma diagonal por la Meridiana. (TARRAGÓ, S. 1994)

La incorporación del ferrocarril supuso para Cerdà, un cambio en la relación entre el transporte y el urbanismo que dejó plasmada con la frase:

“Cada modo de locomoción genera una forma de Urbanización”. (CERDÀ, I. 1867)

Le Corbusier, con sus propuestas de urbanizar el automóvil, desarrolló un esfuerzo tan revolucionario como el que hizo Cerdà para resolver la urbanización de la locomotora.

Le Corbusier desarrolló una tarea paralela e interactiva en los ámbitos urbanístico y arquitectónico,

entre otros, en la búsqueda de la nueva ciudad del siglo XX y de la definición del nuevo tipo de vivienda que le correspondía.

La propuesta que hace Le Corbusier en 1932 para Barcelona, el llamado Plan Macià, dejó plasmada la función de circular proponiendo una cuadrícula de 400 m x 400 m por donde debían transcurrir los automóviles.

La red perimetral de la nueva célula permite conectar una parte de la ciudad con otra (función de circular) liberando su interior a una propuesta

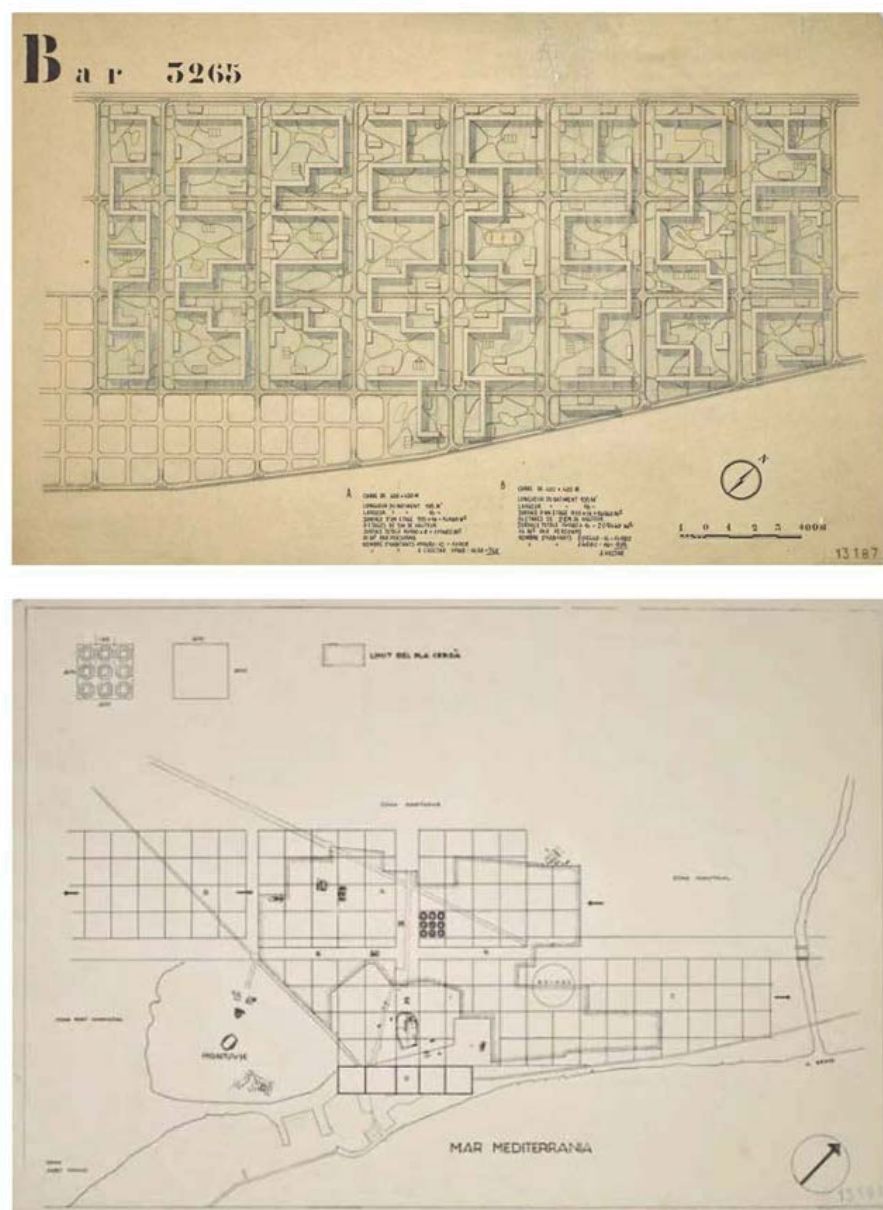


FIG. 8/ Plan Macià, 1932-1935.

Fuente: LE CORBUSIER y GATCPAC.

urbanística que, siguiendo los principios del CIAM, busca desarrollar las funciones clave: habitar, trabajar y distraerse.

El Plan Macià prescindía de todo lo construido hasta entonces y creaba una nueva ciudad que se acomodaba a los parámetros distintivos de la sociedad industrial.

Pero el Plan Macià no se hizo y los coches invadieron la ciudad. Hoy, el 85 % del espacio público viario está dedicado a la movilidad de paso con presencia del automóvil. Previamente, se ocupó la totalidad del verde planificado y aprobado en el Plan Cerdà, quedando desequilibrada la dicotomía compresión-descompresión. La presión sobre el Eixample central es hoy insoportable. El gran error fue no haber entendido la máxima de Cerdà, antes enunciada:

“Cada modo de locomoción genera una forma de urbanización” (CERDÀ, I. 1867).

El coche es un modo de locomoción con unas características muy diferentes a la locomoción de sangre o ferroviaria. En Barcelona el automóvil, ocupó la totalidad de la trama del Eixample que Cerdà propuso en el Plan de 1859, como si la velocidad de los nuevos artefactos fuera similar a la utilizada por los carros de tracción animal.

El resultado es una ciudad que no está preparada para abordar los grandes retos de este principio de

siglo: la sostenibilidad en la era de la información. Si el Plan Cerdà se fundamentaba en principios higienistas con el fin de reducir el impacto que sobre los habitantes de la ciudad tenían las plagas y el Plan Macià en la compatibilidad de usos y funciones de la ciudad industrial, los nuevos planes deberían fundamentarse en principios ecológicos para abordar los retos relacionados con la sostenibilidad en la era de la información.

Por otra parte, tanto el Plan Cerdà como el Plan Macià se proyectaron como nuevos desarrollos. Hoy lo que se impone no es tanto producir nueva ciudad como transformar la existente. Como se ha anunciado varias veces, la batalla de la sostenibilidad se ganará o se perderá en cómo se reorganicen las ciudades existentes. En nuestras latitudes estamos en tiempo de reciclaje y menos de nuevos desarrollos.

6.2. El ecosistema urbano mínimo donde se integran los principios del Urbanismo Ecosistémico: la célula urbana del Urbanismo Ecosistémico

Atendiendo a la escalabilidad de los ecosistemas, se trata de saber cuál es el ecosistema urbano mínimo que es capaz de alcanzar los valores deseables para el conjunto de indicadores (res-

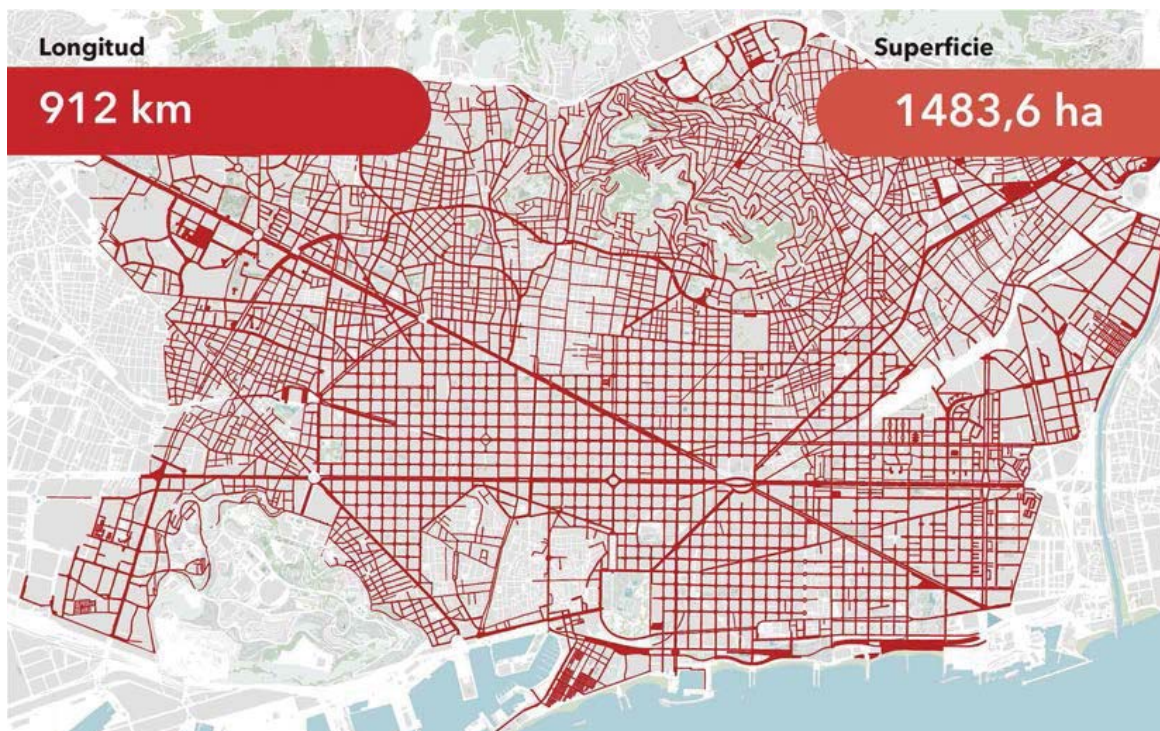


Fig. 9/ Espacio público de Barcelona dedicado a la movilidad de paso.

Fuente: BCNecología.

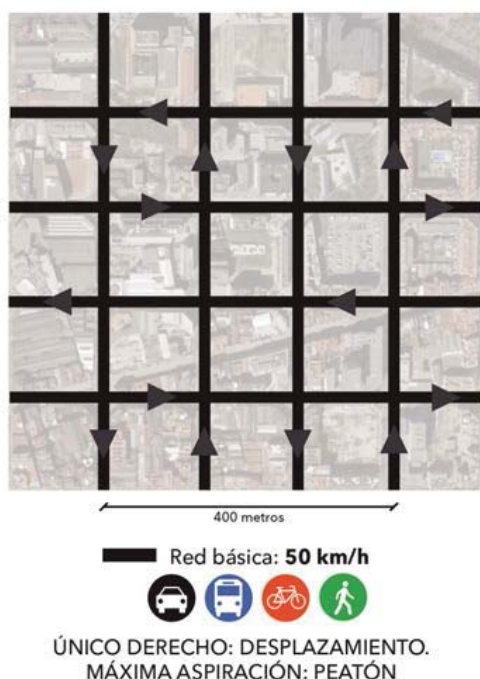
trictores) que aseguran los equilibrios urbanos y los principios establecidos en el urbanismo ecosistémico. Este ecosistema mínimo se convierte en la unidad básica de la planificación urbanística y lo denominaremos Supermanzana.

La Supermanzana, de unas 16/20 ha¹⁴, es el ecosistema urbano mínimo y viene definido por un perímetro que integra el conjunto de redes de transporte de paso en superficie. La extensión de las redes de transporte conforma un mosaico de supermanzanas que alcanza la totalidad del sistema urbano, ya sea en un nuevo desarrollo urbano o en una ciudad existente. En el interior de las supermanzanas un sistema de bucles permite el acceso en coche a todas las fachadas, pero no permite atravesarla y los que entran son expulsados, en la mayoría de los casos, a la misma vía por la que han entrado. La velocidad máxima admitida de los vehículos es de 10 km/h¹⁵, una velocidad que permite pacificar y compartir el espacio con el conjunto de usos y derechos ciudadanos, incluidos los de las personas más vulnerables. Los peatones

y las bicicletas pueden atravesar la supermanzana y circular en los dos sentidos, pero las bicicletas deben acomodar su velocidad a los usos ciudadanos que se desarrollen en cada momento. Las calles en el interior de las supermanzanas se convierten en plazas para el desarrollo de todos los usos y derechos ciudadanos: entretenimiento, intercambio, cultura y expresión democrática.

El despliegue de las supermanzanas se articula adaptando las áreas de todas ellas a la red de vías principales. Dicha red de vías acoge e integra las redes de los vehículos mecánicos de paso: coche y transporte público en superficie y, cuando la sección lo permite, la bicicleta. Aparece una red de supermanzanas que se extiende por toda la ciudad con tendencia a la ortogonalidad (la más eficiente en los sistemas urbanos), liberando la mayor parte del espacio público, hoy dedicado a la movilidad, con el menor número de vehículos a reducir¹⁶. Con ellos se asegura la funcionalidad y la organización urbana. La liberación de espacio permite, también, establecer una red

SITUACIÓN ACTUAL



SUPERMANZANA

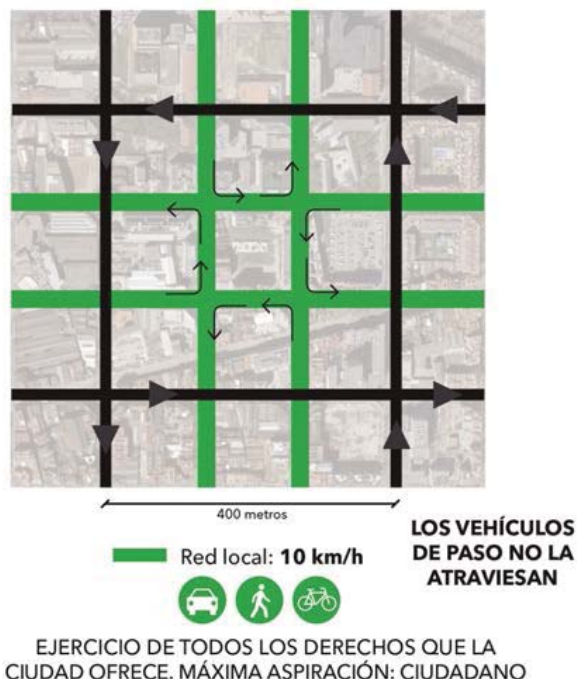


Fig. 10/ Jerarquía viaria en el modelo de Supermanzana.

Fuente: BCNecologia

¹⁴ Con estas dimensiones, el tiempo de circunvalar la supermanzana es similar a circunvalar a pie una manzana de 100 m de lado.

¹⁵ Para espacios compartidos la legislación limita la velocidad a 20 km/h. A esa velocidad la respuesta de frenado de una bicicleta es incompatible con el uso seguro del espacio público de los más vulnerables, por ejemplo, el juego de los niños.

A 30 km/h que es la velocidad a alcanzar como desiderátum para la mayoría de los planes de movilidad urbana actuales, de 100 accidentes entre un coche y una persona que vaya a pie, 5 de ellas morirán. Esa velocidad es incompatible con los usos y derechos ciudadanos que el Urbanismo Ecosistémico quiere desplegar en el espacio público.

verde urbana, que se articula por concatenación de supermanzanas estableciendo una red completa urbana con conexión con el periurbano y las áreas rurales.

Cuando las supermanzanas se aplican en tejidos existentes el proyecto es, propiamente, de reciclaje urbano y el tamaño de las supermanzanas es flexible y se acomoda a la red de vías principales para garantizar la funcionalidad del sistema. Cuando se aplican en nuevos desarrollos urbanos, el tamaño de 16/20 ha (entre 400 y 500 m de lado) es el adecuado porque integra todos los modos de transporte. Además, se convierte en la mínima intervía urbana donde cristalizan y se integran los principios del nuevo urbanismo.

Pero si la supermanzana es la base del modelo funcional y de espacio público, también es la base del modelo urbanístico, pues incluye el contenido de los principios relacionados con la morfología, la organización ur-

bana, el metabolismo y la cohesión social. En todos los casos, a excepción de determinados equipamientos que tienen sentido a mayor escala, la supermanzana incluye, maximiza y hace más eficientes las variables que se desean modificar intencionadamente para dar respuesta a las disfunciones e incertidumbres actuales.

En los nuevos desarrollos urbanos, la repetición del ecosistema urbano mínimo garantiza la consecución de los principios y objetivos y se convierte en la base del modelo funcional y urbanístico del Urbanismo Ecosistémico. En el caso de la regeneración urbana, las supermanzanas que parten de unos valores para los indicadores distintos a los valores deseables se modificarán intencionadamente para que se acerquen a los valores deseables a través de la planificación urbanística y/o la planificación sectorial: movilidad, biodiversidad, económica, vivienda, medioambiental, etc.

Los valores incluidos en la FIG. 12 son de referencia, no son la realidad y deben ser tomados con la flexi-



Fig. 11/ Vías básicas para la movilidad de paso, definidoras de la red de supermanzanas.

Fuente: BCNecología

¹⁶ En una ciudad como Barcelona, la liberación del 70% del espacio público se obtiene con una reducción del 13% de vehículos circulando. Con ese porcentaje de reducción de vehículos se obtiene un nivel de servicio de tráfico similar al

actual, es decir, la velocidad de los vehículos en las vías periféricas de las supermanzanas sería similar a la velocidad de los vehículos en la red de vías actual y permitiría implantar 500 supermanzanas extendiéndose en red por toda la ciudad.

Parámetros	Valores	Unidad
Densidad de viviendas	> 100	viviendas/ha
Densidad de población	> 250	habitantes/ha
Compacidad absoluta	> 5	metros
Edificabilidad bruta	> 1.5	m ² c/m ² s
Espacio construido	50-60	m ² c/habitante
Compacidad corregida	10 - 20	metros
Espacio público de uso ciudadano	10 - 20	m ² /habitante
Reparto modal (viajes en vehículo privado)	< 10	%
Espacio viario peatonal/usos compartidos	> 75	%
Espacio viario motorizado	< 25	%
Proximidad a transporte alternativo	< 300	metros (parada de bus y carril bici)
Calidad del aire (exposición contaminantes)	100	% población (valor límite OMS -µg/m ³ -)
Calidad acústica (exposición ruido)	> 75	% población (< 65 dB(A) diurno)
Radiación solar (horas de sol calle)	1.7 - 2.4	horas/día (promedio meses desfavorables)
Accesibilidad del viario	100	% calles accesibles
Índice de habitabilidad en el espacio público	> 75	% (puntos IHEP)
Índice de diversidad urbana	6	bits de información
Equilibrio de usos (% sup. terciaria)	25-40	%
Densidad de actividades	> 25	actividades/ha
nH	2.880	-
nH @	700	-
Espacio verde	9	m ² /habitante
Índice biótico del suelo	30	%
Consumo energético total	20,6	GWh/año
Autosuficiencia energética	100	% en régimen basal
Consumo hídrico total	<104	lpd (consumo optimizado)
Autosuficiencia hídrica	100	% fuentes locales
Generación de residuos	1,05	kg/hab. y día
Cambio climático (emisiones CO ₂ anuales)	6.230	t CO ₂ /año (régimen basal)
Equipamientos básicos	1.8	m ² /habitante
Vivienda protegida	30 - 50	% (gradación); 15-25 % alquiler público
Mezcla de personas (rentas, edades, procedencia)	< 10	% índice segregación
Función guía de la sostenibilidad (E/nH)	< 10	-

Fig. 12/ Parámetros de referencia del Urbanismo Ecosistémico.

Fuente: BCNecología

EJE	Compacidad y funcionalidad					Complejidad			Eficiencia			Cohesión social			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PRINCIPIO	COMPACIDAD VS DISPERSIÓN	DESCOM. PRESIÓN VS COMPRESIÓN	ACCESIBILIDAD VS MOVILIDAD PRIVADA	CUADRAMO VS PEATÓN	HABITABILIDAD EN EL ESPACIO PÚBLICO	COMPLEJIDAD VS SIMPLIFICACIÓN	HIPERCONECTIVIDAD	VERDES VS ASFALTO	AUTOSUFICIENCIA VS DEPENDENCIA ENERGÉTICA	AUTOSUFICIENCIA HÍDRICA	RRR VS DESPLAZAMIENTO MATERIALES	ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN CLIMÁTICA	COHESIÓN SOCIAL VS SEGREGACIÓN	ACCESO UNIV. A LA VIVIENDA	DOTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EQUIPAMIENTOS
01	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
03	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
04	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
05	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
06	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
08	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+
09	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
10	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
11	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
12	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+

$$\frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH}$$

Reducción de los valores de la ecuación de la sostenibilidad urbana como resultado de la aplicación de los principios del Urbanismo Ecosistémico.

Fuente: BCNecologia

bilidad necesaria. Dichos valores garantizan, en nuestras latitudes, un sistema de proporciones y de equilibrios urbanos adecuados para abordar los retos expuestos al principio de este artículo y, a su vez, garantizar una elevada calidad urbana y de vida para los ciudadanos que habiten en sistemas urbanos con estos valores. Los parámetros propuestos empiezan a tener sentido en tejidos mínimos de 16/20 ha y, de hecho, en una supermanzana tipo, se maximizan los objetivos del Urbanismo Ecosistémico y su interdependencia.

Una supermanzana puede erigirse en el ecosistema que inicie y catalice la transformación de tejidos que requieren regenerarse. Actúa como si fuera una pequeña ciudad que incorpora el conjunto (la mayoría) de principios y restrictores urbanos, es decir, implanta el modelo urbano a pequeña escala. Puede ser el marco para regenerar tejidos con profusión de torres aisladas conformando un tejido urbano denso, pero sin alma¹⁷. Puede ser el inicio de la regeneración de tejidos de baja densidad, modificando las reglas del juego que las habían creado, aumentando la densidad y generando pequeñas áreas de nueva centralidad. La misma célula da una respuesta similar cuando el área de intervención es el de un proyecto urbano de varias decenas de hectáreas o, también, cuando se amplía a la escala de barrio, de distrito, de ciudad o, incluso de metrópoli.

7. Conclusiones: el abordaje de los retos actuales y futuros con el urbanismo ecosistémico

Con el cumplimiento de los parámetros de referencia del Urbanismo Ecosistémico aseguramos que la ecuación de la sostenibilidad urbana en la era de la información y el conocimiento: E/nH, reduzca sus valores de manera significativa. La ecuación como expresión sintética del abordaje de los problemas expuestos al inicio del artículo queda plasmada en la FIG. 13. En ella se visualiza la probable reducción de la energía (en rojo) y el incremento de la complejidad urbana (en negro) cuando se interrelacionan los principios del Urbanismo Ecosistémico.

Además de reducir los valores de E/nH la implementación de los principios del Urbanismo Ecosistémico permite desarrollar una estrategia

competitiva basada en la información y el conocimiento y, también, establecer un sistema de proporciones que reduce las actuales disfunciones urbanas, mejora la calidad urbana y la calidad de vida e impide, con su defensa, la dilución de la ciudad que traen las plataformas digitales globales. El Urbanismo Ecosistémico reduce el nivel de impacto y simplificación de los sistemas a todas las escalas llenando de contenido el cuarto régimen metabólico.

El Urbanismo ecosistémico integra el conjunto de variables e incide sobre ellas para reducir las incertidumbres actuales, convirtiéndose en una herramienta operativa para incrementar nuestra maltrecha capacidad de anticipación.

Bibliografía

- CERDÀ, I. 1867 (1968): *Teoría General de la Urbanización. Y aplicación de sus principios y doctrinas a la Reforma y Ensanche de Barcelona*. Imprenta Española, Madrid 1867. Edición facsímil a cargo del Instituto de Estudios Fiscales, Madrid 1968.
- Conrad, M. (1983): *Adaptability (The Significant of Variability from Molecule to Ecosystem)*. Plenum press. New York.
- CRUTZEN, P.J., (2002). Geology of Mankind, Nature 415.
- UCHI, A. & RUEDA, S. (2012): *Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*. Ed. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid
- ROCKSTRÖM, J. & al: Planetary Boundaries: A safe operating space for humanity, (Nature. Vol. 461, 24 September 2009).
- RUEDA, S. (1995): *Ecología Urbana: Barcelona i la seva Regió Metropolitana com a referents*. Ed. Beta Editorial. Barcelona.
- (2002): *Barcelona, ciudad mediterránea, compacta y compleja. Una visión de futuro más sostenible*. Ed. Ayto. Barcelona.
<http://bcnecologia.net/es/publicaciones/barcelona-ciudad-mediterranea-compacta-ycompleja-una-vision-de-futuro-mas-sostenible>
- & al. (2012): *Urbanismo ecosistémico. Su aplicación en el diseño de un ecobarrio en Figueres*. Ed. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. Barcelona.
- TARRAGÓ, S. & MAGRINYÀ, F. (1994): *Catàleg de l'exposició: Cerdà, Urbs i Territori. Una visió de futur*. Ed. Departament de Política Territorial. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- TERRADAS, J. & RUEDA S. (2012): *Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*. Ed. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

¹⁷ Los déficits de dichos tejidos: diversidad de personas jurídicas, biodiversidad, etc. pueden ser reducidos, sustituyendo usos en altura e incrementando la superficie

verde por capas, etc., es decir, aprovechando la coordenada z para acercarnos a los valores de referencia.

VELÁZQUEZ, I. & VERDAGUER, C. & RUEDA, S. (2012): *El libro verde de sostenibilidad urbana y local en el ámbito del Urbanismo. Capítulo del Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la*

Información. Ed. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
WAGENSBERG, J. (1994): *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Tusquets Editores. Barcelona.