

## CIUDAD Y TERRITORIO

## ESTUDIOS TERRITORIALES

ISSN(P): 1133-4762; ISSN(E): 2659-3254

Vol. LIV, Nº 213, otoño 2022

Págs. 563-578

<https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.213.3>

CC BY-NC-ND



# De la ciudad sostenible a la ciudad hub: obsolescencia y renovación de indicadores urbanos

Alfredo CARRATO-GÓMEZ<sup>(1)</sup>Eduardo ROIG-SEGOVIA<sup>(2)</sup><sup>(1)</sup> Universidad Politécnica de Madrid<sup>(2)</sup> Doctor arquitecto. Universidad Politécnica de Madrid

**Resumen:** Dada su mayor inercia y complejidad organizativa, los núcleos urbanos resultan más vulnerables frente a fenómenos adversos de índole físico, social, económico y biológico. La ONU también aspira a que las regiones metropolitanas se erijan inclusivas, seguras y resilientes, además de sostenibles, antes de 2030. El presente artículo, en consecuencia, visibiliza la obsolescencia de indicadores que caracterizaron el desarrollo sostenible de las últimas décadas y ahonda en estrategias que mitigan riesgos e incertidumbre en la ciudad contemporánea. La activación de palancas como la tecnología digital, el conocimiento compartido, la circularidad sistémica y la gobernanza participativa pretende dar respuesta a la creciente agresividad y volatilidad de los agentes externos en las metrópolis del siglo XXI, proponiendo métodos transdisciplinarios de crecimiento mensurable, equitativo e inteligente.

**Palabras clave:** Desarrollo sostenible; Ciudad inteligente; Metabolismo urbano; Ciudad *hub*; Gemelo digital.

Recibido: 31.07.2021; Revisado: 2.11.2021.

Correo electrónico: [alfredo.carrato.gomez@alumnos.upm.es](mailto:alfredo.carrato.gomez@alumnos.upm.es) N° ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5926-106X>

Correo electrónico: [e.roig@upm.es](mailto:e.roig@upm.es) N° ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1984-808X>

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias realizados por los evaluadores anónimos, que han contribuido a mejorar y enriquecer el manuscrito original.

## From the sustainable city to the hub city: obsolescence and renewal of urban indicators

**Abstract:** Given their greater inertia and organizational complexity, cities remain more vulnerable to adverse physical, social, economic and biological phenomena. The UN also aims for metropolitan regions to become inclusive, safe and resilient, as well as sustainable, by 2030. This article, therefore, sheds light on the obsolescence of indicators that characterized sustainable development during the last three decades and delves into strategies that mitigate risks and uncertainty in the contemporary city. The leverage (among others) of digital technology, shared knowledge, systemic circularity and participatory governance aims to respond to the growing aggressiveness and volatility of external agents in 21st century metropolises, proposing transdisciplinary methods of sustainable, equitable and smart growth.

**Keywords:** Sustainable development; Smart city; Urban metabolism; Hub city; Digital twin.

### 1. Introducción, objetivos y metodología

El conjunto de ciudades y regiones metropolitanas ha crecido a un ritmo sin tregua ni precedentes desde el final de la última Guerra Mundial, prácticamente sextuplicando su número de habitantes hasta la fecha y concentrando más del 55% de la población de la Tierra ya en el año 2018. En las próximas tres décadas se prevé el traslado de otros dos mil quinientos millones de personas a núcleos urbanos (UNITED NATIONS, 2019), cuya migración se espera agudice la presión sobre materias primas y energía, intensifique el impacto ambiental alrededor de las mismas y multiplique la desigualdad entre sus ciudadanos. La pregunta más obvia trata de

encontrar una solución al abordaje de dichos desafíos relacionados con la sostenibilidad urbana –presión demográfica, limitación de recursos, desigualdad social y calentamiento global– en un contexto de rápida urbanización (FIG. 1) del que somos tanto testigos como actores protagonistas.

Por su parte, las sociedades contemporáneas que pueblan dichos núcleos se caracterizan (entre otros rasgos) por pertenecer a realidades notablemente más y mejor interconectadas que antaño. A ese respecto, uno de los principales factores que ha estimulado el fenómeno de la globalización durante las últimas décadas ha sido la revolución sobrevenida en los campos de la información y la comunicación, la cual ha dado pie al crecimiento exponencial de conexiones multiplataforma a nivel mundial tras la aplicación convergente de

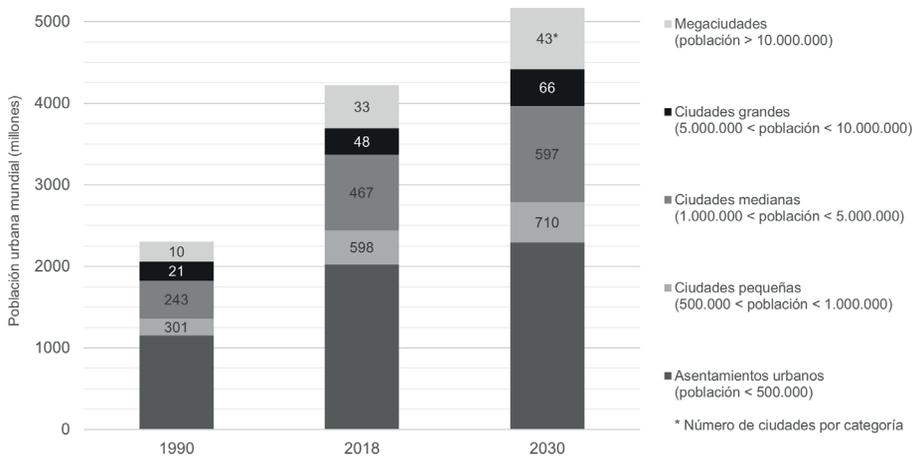


FIG. 1/ Población urbana en el mundo, por tamaño de ciudad.

Fuente: Elaboración propia (adaptado de UNITED NATIONS, 2019).

tecnologías digitales. Este hecho, a su vez, ha facilitado el flujo de una mayor cantidad de datos multimedia por los nuevos canales habilitados, con el consiguiente aumento de información procesada y generación de conocimiento asociado.

Según una estimación de las Naciones Unidas (UNITED NATIONS, 2015) dos tercios de la población mundial vivirá en zonas urbanas antes de 2050, lo cual planteará grandes desafíos en materia de contaminación atmosférica, movilidad, acceso a recursos y salud pública (MARCHAL & al., 2011). Es por ello que las ciudades están llamadas a desempeñar un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático y otras crisis territoriales, mientras el despliegue de nuevas tecnologías se considera una palanca esencial para absorber el desequilibrio demográfico y catalizar la equidad social en las regiones que las engloban.

En la intersección de todos los fenómenos relacionados se presenta la oportunidad (y/o necesidad) de desarrollar soluciones *inteligentes* para superar los retos de la urbanización a nivel mundial. Así, el objetivo principal del presente artículo radica en el planteamiento de acciones e iniciativas que arrojan luz sobre aquellas métricas caducas y proponen en su lugar el impulso de metabolismos circulares, el fomento de la participación ciudadana y la aplicación de tecnología cognitiva. Dichas estrategias quedan enmarcadas en el desarrollo sostenible actualizado de la ciudad contemporánea, en pos de una combinación sincrética de esfuerzos preventivos y medidas reactivas que debe garantizar progreso y bienestar incondicionales al conjunto de la sociedad moderna que la habita.

Para ello, la metodología seguida parte de la comparación evolutiva entre el primer ejercicio (teórico) documentado que cita explícitamente el *desarrollo sostenible* –esto es, el Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocido como Informe Brundtland o “Nuestro futuro común” (BRUNDTLAND & al., 1987)– y los más recientes Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030 promulgados por la Organización de Naciones Unidas (GIL, 2018), para posteriormente extraer conclusiones acerca de la transformación paramétrica idiosincrática y la tendencia de indicadores y estrategias de crecimiento urbano en la disciplina del planeamiento para los próximos lustros.

## 2. Hacia un nuevo orden de indicadores: (neo)sostenibilidad

La forma en que las ciudades crecen y se desarrollan, así como los motivos que las llevan a hacerlo, ha mutado a lo largo de la historia, pasando por periodos de actividad emergente, estructuras militarizadas, episodios de urgencia sanitaria o etapas de (re)densificación. La materia del planeamiento o diseño de la ciudad, a su vez, se caracteriza por su naturaleza transdisciplinar y una histórica división teórica y metodológica entre ciencias sociales y puras, evidenciando el eterno dilema entre cómo pensamos que deberían diseñarse las ciudades y cómo funcionan realmente. Dicha coyuntura entre el por qué y el cómo provoca que la resolución de la problemática sobre el diseño, el análisis científico y la transformación de las ciudades se tome cada vez más ineludiblemente holística –tal vez ahora más que nunca– especialmente cuando según estimaciones (UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS UNCHS, 2001) la población urbana aumentará en los próximos cuarenta años tanto como en los últimos diez mil.

Como ha sido una constante a lo largo de la historia, gran parte de dicho crecimiento se ha producido –y continuará ocurriendo– de manera informal<sup>1</sup>, ya que la arquitectura y el planeamiento urbano muchas veces se han considerado servicios a los cuales la mayoría de las comunidades que reciben los flujos migratorios no pueden acceder. Asimismo, las ciudades occidentales se han caracterizado históricamente por seguir procesos lineales en su flujo de recursos, mediante los cuales estos y sus residuos entran y salen de los límites de la ciudad respectivamente. En consecuencia, uno de los grandes desafíos en la actualidad consiste en tomar conciencia de la necesidad de una transición hacia perspectivas circulares, en las que dichos residuos se transformen en nuevos insumos y hagan reducir la dependencia del exterior. Ello demuestra la relevancia de la evaluación del metabolismo urbano en las disciplinas de planificación, a fin de apoyar una transición hacia la eficiencia en el ciclo de vida de los recursos y el desarrollo sostenible de las urbes y sus áreas metropolitanas (WETERINGS & al., 2013)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> “El urbanismo informal se demoniza con demasiada frecuencia [...]. No hay nada esencialmente bueno o malo en ello; las cuestiones cruciales de la problemática relacionada se encuentran en la miríada de formas en que lo formal y lo informal intersecan” (DOVEY, 2012).

<sup>2</sup> La revisión reciente de la noción de *metabolismo urbano* ha

inspirado nuevas ideas relacionadas con el diseño de entornos sostenibles, que se apoyan en “procesos sociotécnicos y socio-ecológicos complejos mediante los cuales los flujos de materiales, energía, personas e información dan forma a la ciudad, atienden las necesidades de su población e impactan el interior circundante” (MUSANGO & al., 2017).

De acuerdo con la definición original<sup>3</sup> de *desarrollo sostenible* (BRUNDTLAND & al., 1987), una ciudad puede definirse como *sostenible* “si sus condiciones de producción no destruyen con el paso del tiempo las condiciones de su reproducción” (CASTELLS, 2000). Más recientemente, HIREMATH & al. (2013) caracterizaron el *desarrollo urbano sostenible* como “el logro de un equilibrio entre el desarrollo de las zonas urbanas y la protección del medio ambiente, con miras a la equidad en los ingresos, el empleo, la vivienda, los servicios básicos, la infraestructura social y el transporte”. Hoy en día la Organización de Naciones Unidas también promulga la consecución de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) antes de 2030 para con ciudades y comunidades<sup>4</sup> (ELLIOTT, 2018), proponiendo además una actualización en los indicadores que ponen en evidencia la necesidad de revisar y/o renovar parámetros de respuesta a desafíos contemporáneos en el ámbito de los asentamientos *sostenibles*<sup>5</sup>.

Según TANGUAY & al. (2010) los indicadores de desarrollo sostenible son cada vez más utilizados por la administración pública en la elaboración de hojas de ruta en ciudades y regiones metropolitanas, incluyendo además en determinado casoismos tareas de evaluación y seguimiento. Sin

embargo, HUANG & al. (2009) señalan la existencia de limitaciones en el uso de dichas guías ya que mayoritariamente no contemplan interacciones sistémicas ante la presencia de los fenómenos urbanos objetos de estudio, ni tampoco indicaciones normativas o protocolos de actuación ante su evolución. Ello evidencia la necesidad de un mayor control sobre las variables con peso en el devenir de entornos inmediatos, condicionado previamente a la adopción de un enfoque holístico y multidisciplinar de la ciudad que la pueda interpretar como un conjunto de ecosistemas formados por conexiones complejas entre los componentes biológico, económico, físico y social (NILON & al., 2003) y cuya comprensión de los vínculos entre los seres vivos, sus actividades y el medioambiente resulte determinante para ambicionar una sostenibilidad en todas sus verdaderas dimensiones. De esta manera la morfología urbana podría ocuparse con mayor certidumbre de la mejora continua de las estructuras espaciales y el carácter resiliente de regiones metropolitanas contemporáneas, en las cuales la distribución de las actividades económicas y la accesibilidad equitativa a los diferentes servicios constituyan signos inequívocos de ecosistemas sostenibles que utilizan sus recursos de manera eficiente (BOURDIC & al., 2012)<sup>6</sup>.

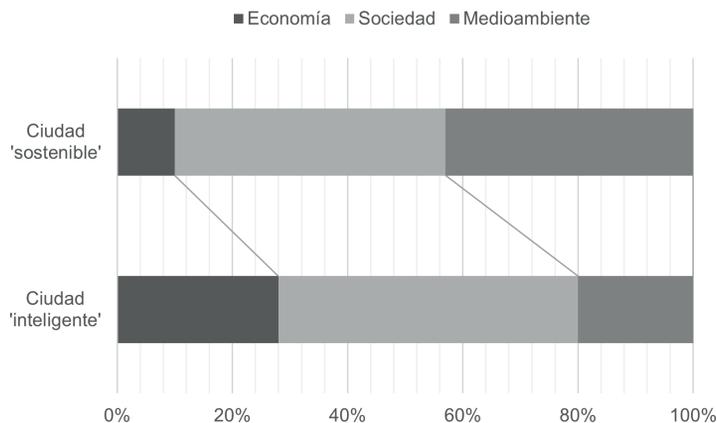


FIG. 2/ Relación porcentual entre indicadores de sostenibilidad, en ciudades *sostenibles* e *inteligentes*.

Fuente: Elaboración propia (adaptado de AHVENNIEMI & al., 2017).

<sup>3</sup> Se considera *original* por ser la primera vez que se acuña el término en una cumbre o reunión internacional (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, BRUNDTLAND & al. 1987). Implicó una evolución sustancial de las connotaciones esencialmente ecológicas del término *sostenibilidad*, incidiendo para ello en el marco económico y social que la condicionaba.

<sup>4</sup> El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 11 aspira a “lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”, a través de la mejora de quince indicadores relacionados con diez subobjetivos específicos (FRITZ & al., 2019).

<sup>5</sup> Aunque la sostenibilidad debe caracterizarse por la consideración simultánea de impactos económicos, medioambientales y sociales, las herramientas de evaluación existentes suelen tener un excesivo enfoque ambiental (ROBINSON & COLE, 2015).

<sup>6</sup> En los últimos años ha sido notorio el cambio en el número de ciudades que se esfuerzan por alcanzar objetivos de ciudad *inteligente* en lugar de *sostenible* (MARSAL-LLACUNA & al., 2015; FIG. 2). No obstante, desde el punto de vista de la Unión Europea (EUROPEAN COMMISSION, 2011) el concepto *inteligente* apoya implícitamente la idea de sostenibilidad medioambiental.

En este contexto, los primeros indicadores generales sobre *desarrollo sostenible* (BRUNDTLAND & al., 1987) versaron sobre la sostenibilidad ecológica a largo plazo, la satisfacción de necesidades humanas básicas y la promoción de equidad intrageneracional e intergeneracional (HOLDEN & al., 2014). Casi tres décadas después, la ONU actualizó en 2016 dichos indicadores en sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (GIL, 2018) e incluyó algunos específicos para ciudades<sup>7</sup> con el objetivo de convertirlas en inclusivas, seguras y resilientes –además de sostenibles– antes del año 2030. A pesar de todo, sin embargo, no parece que dicha propuesta todavía satisfaga la totalidad de aristas que componen la ciudad contemporánea, la cual ha complejizado su actividad de manera exponencial durante los últimos años y requiere por ello de una revisión profunda y transdisciplinar de los parámetros de estudio y las palancas necesarias para optimizar el funcionamiento del metabolismo urbano moderno. Así, variables tales como el grado de penetración de tecnologías digitales en las ciencias aplicadas, el conocimiento compartido, la circularidad sistémica o la gobernanza participativa (expuestas y analizadas a continuación) previsiblemente adquieran mayor relevancia de forma paulatina en el ámbito del planeamiento, así como también en la gestión eficiente y sostenible de ciudades y regiones metropolitanas.

### 3. Evolución de la parametrización en estudios de metabolismo urbano

Las ciudades son sistemas espaciotemporales que integran un alto número de subcomponentes: recursos (naturales), economía, sociedad, tecnología, gobierno, cultura y medioambiente (HUANG & al., 2015). Dichos sistemas intercambian constantemente materiales, energía y otros contenidos con el objetivo de mantenerse en funcionamiento, aunque en realidad la proporción entre flujos físicos y procesos sociales se decanta significativamente hacia los primeros más que hacia los mecanismos que pudieran influir en la calidad de estos. Las complejas interrelaciones resultantes tienen implicaciones en el diseño de la ciudad y su área de influencia a la hora de predecir los efectos de las intervenciones sobre el metabolismo urbano; así, una creciente urbanización como la prevista para las próximas décadas –que conduce de

forma natural a un mayor consumo de recursos y generación de residuos– puede resultar en severos problemas ambientales que limiten el desarrollo socioeconómico a medio y largo plazo si no se tienen en cuenta la totalidad de las variables que intervienen y las consecuencias de su alteración arbitraria.

Curiosamente, no hay consenso en la literatura sobre los fundamentos del concepto de *metabolismo urbano*. KENNEDY & al. (2011) señalan a Abel WOLMAN (1965) como padre del mismo, cuando este examinó el suministro de materiales, energía y alimentos a una ciudad hipotética así como sus productos de salida respectivos. LIN & al. (2012), por otra parte, sostienen que PARK & BURGESS (2019) utilizaron por primera vez el término en 1925 sin una definición formal para asimilar el crecimiento urbano a los procesos anabólicos y catabólicos. BARLES (2010) sugiere que el concepto no se formuló en el contexto urbano, sino que fue utilizado por científicos del siglo XIX que estaban preocupados por el uso de aguas residuales y fertilizantes en la producción agrícola. Otros hacen referencia a cuando Karl Marx describió en 1883 el intercambio de materiales y energía entre la sociedad y el medio ambiente (PINCETL & al., 2012), mientras que más recientemente LEDERER & KRAL (2015) han aludido al químico y médico alemán Theodor Weyl como fundador de los estudios actuales sobre metabolismo urbano. Su publicación “*Ensayo sobre el metabolismo de Berlín*” (WEYL, 1894) investigó los flujos de nutrientes vertidos por la ciudad de Berlín, comparándolos con el consumo de estos a través de la ingesta de alimentos por sus habitantes.

La definición de *metabolismo urbano* ha promovido desde su origen enfoques cuantitativos para la evaluación de flujos de insumos (AGUDELO-VERA & al., 2012; ZHANG, 2013), que a su vez permiten la identificación de puntos de apalancamiento en procesos de eficiencia. También se ha aplicado a diversas áreas de estudio para teorizar y evaluar la sostenibilidad de las ciudades en relación con el consumo de recursos y la gestión de residuos, enfatizando la idea de que los entornos urbanos funcionan como sistemas metabólicos y repensando cómo los factores ambientales, sociales y económicos interactúan para dar forma a los fenómenos urbanos. A partir de los años 50 del siglo pasado, el cambio disciplinario en el planeamiento provocó un

<sup>7</sup> El undécimo Objetivo de Desarrollo Sostenible ambiciona “ciudades y comunidades sostenibles” (MESSERLI & al., 2019) a través del seguimiento de quince indicadores relacionados con la capacidad de respuesta ante desastres

naturales, el acceso a la vivienda, el transporte, la seguridad, el tratamiento de residuos, la calidad del aire o la transparencia en el proceso de regeneración urbana.

intento de adoptar metodologías científicas en su análisis y transformó por completo las metodologías de diseño, hasta convertir la planificación espacial en un esquema de desarrollo esencialmente empresarial impulsado por la necesidad de predecir la capacidad y posibilidades de explotación de la Tierra<sup>8</sup>.

A pesar de las numerosas hipótesis en cuanto a su funcionamiento teórico, las primeras demostraciones urbanas de inspiración biológica no se sucedieron antes de la década de 1960 cuando las ciudades comenzaron a concebirse como entes más complejos que un simple organismo vivo. Durante aquellos años comenzó a surgir un análisis *científico-urbano* alternativo, basado en la combinación de ciencias naturales no lineales y una nueva teoría interpretativa que incorporaba conceptos como la capacidad del canal, los diagramas de flujo, la teoría de juegos o las simulaciones de métodos contemporáneos de planeamiento. El resultado fue que un único sistema ecológico acabó siendo reemplazado por la noción de subsistemas, con circuitos de retroalimentación que brindaban mecanismos homeostáticos y contenían interacciones iteradas entre lo físico, lo económico y lo social (LIGHT, 2009).

De manera paralela, la simulación a través de modelos informáticos a partir de la segunda mitad del siglo XX intentó aislar las características dinámicas de los sistemas metabólicos y alterar su comportamiento de manera determinista con el objetivo de segregar y granular la compleja dinámica multicapa que comenzaba a descubrirse en ciudades y regiones metropolitanas. A pesar de que los modelos iniciales dependían en gran medida de las capacidades de la computación de la época, el origen de las herramientas de diseño urbano digital estuvo marcado por el intento de legitimar empíricamente un planeamiento urbano influenciado (y subvencionado) en gran medida por tecnologías y modelos de defensa imperantes en aquellos años<sup>9</sup>.

Hoy en día, el concepto de *metabolismo urbano* ha resurgido después de haber sido pasado por alto durante muchos años (BARLES, 2010). Los estudios existentes muestran una superposición

de intereses relacionados con diferentes materias, entre las cuales se encuentran la ecología urbana, la geografía política, la ecología industrial, la economía ecológica o la ecología política. Una preocupación común a todas ellas es la relación entre los sistemas naturales y sociales, las ciudades y sus núcleos, y la sostenibilidad en el consumo de recursos y la justicia social (NEWMAN, 1999). Resulta por lo tanto evidente que el análisis del metabolismo urbano de una ciudad tiene ambiciones interdisciplinarias y transdisciplinarias (GOLUBIEWSKI, 2012), cuyos límites se siguen intentando ampliar en la literatura científica (BELOIN-SAINT-PIERRE & al., 2017) a pesar de que su implementación práctica sigue siendo a día de hoy muy limitada.

#### 4. La urgencia de ciudades (verdaderamente) inteligentes

Las ciudades *inteligentes* son necesarias, porque antes que ello las *ciudades* lo son para el conjunto de la humanidad. Los centros urbanos han sido durante mucho tiempo motores de crecimiento económico y de oportunidades, y se espera que para 2025 las seiscientas principales urbes del mundo aglutinen el sesenta por ciento del PIB<sup>10</sup> mundial (COLFORD, 2013). Hoy Londres aporta casi una quinta parte del producto bruto del Reino Unido, mientras que en Estados Unidos el Corredor Nordeste – *BosWash*<sup>11</sup>– y el área metropolitana de Los Ángeles suman casi un tercio del PIB nacional (EGGERS & SKOWRON, 2018).

En este contexto, la rápida urbanización ejerce una fuerte y súbita presión sobre los centros de población al mismo tiempo que presenta un desafío a la hora de garantizar el bienestar de sus residentes y la sostenibilidad económica, social y ambiental de su entorno (FIG. 3). Es en dicha coyuntura donde la tecnología presenta a la ciudad *inteligente* como (parte de) la solución del problema, habilitando el flujo *desde, hacia y dentro* de las redes en las que procesos físicos y extrafísicos intersecan y revelan el verdadero orden dinámico e incognoscible que subyace (DESOUZA & FLANERY, 2013).

<sup>8</sup> Para el planeamiento científico de dicha época, las estadísticas relacionadas con el suelo tenían una importancia mayor que la situación económica y social, en aras de un beneficio común que se consideraba primordial (SANDOVAL OLASCOAGA, 2016).

<sup>9</sup> En la *Computer Aided City* de Arata Isozaki (1972), un gran ordenador central controlaba el funcionamiento de la ciudad como si de un cerebro humano se tratara. A través de

un conjunto limitado de alternativas computarizadas, la red urbana se articulaba mediante ferrocarriles rápidos conectados con un gran centro equipado (ROUILLARD, 2004).

<sup>10</sup> Producto Interior Bruto.

<sup>11</sup> Grupo de regiones metropolitanas al noreste de Estados Unidos, cuyo término es resultado de la unión de las sílabas iniciales de las ciudades que lo limitan –Boston y Washington.

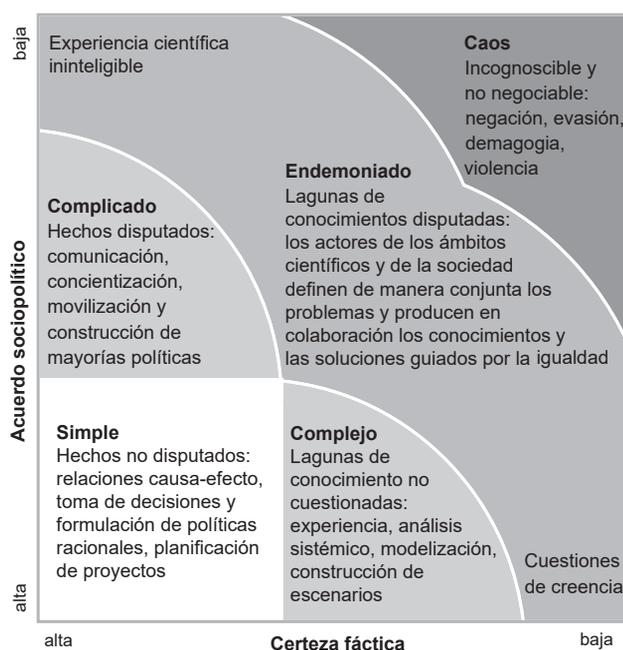


FIG. 3/ **Desafíos para el desarrollo sostenible.**

Fuente: MESSERLI, P., MURNINGTYAS, E. & al. (2019).

El concepto *ciudad inteligente* se introdujo por primera vez en el año 1994 (DAMERI & COCCHIA, 2013), aunque hoy en día todavía no existe unanimidad acerca de su significado y alcance (ANGELIDOU, 2015; WALL & al., 2016) a pesar del uso extendido de la expresión en la bibliografía<sup>12</sup>. Así, MARSAL-LLACUNA & al. (2015) sostienen que la evaluación de las ciudades *inteligentes* se basa en “las experiencias previas de medición de ciudades habitables y respetuosas con el medio ambiente, abarcando los conceptos de sostenibilidad y calidad de vida pero con la importante y significativa adición de componentes tecnológicos e informáticos”. También según LOMBARDI & al. (2011) varias definiciones de ciudad *inteligente* hacen hincapié en el uso de la tecnología en la vida urbana cotidiana para dar lugar a sistemas innovadores de transporte, infraestructura y logística, así como a dotaciones energéticas más ecológicas. MARSAL-LLACUNA & al. (2015) sugieren nuevamente que las iniciativas de ciudades *inteligentes* tienen como objetivo, mediante el uso de datos y tecnologías de la

información, “proporcionar servicios más completos a los ciudadanos, supervisar y optimizar las infraestructuras existentes, aumentar la colaboración entre los diferentes actores económicos y fomentar modelos de negocio disruptivos tanto en el sector público como en el privado”. La definición de ANGELIDOU (2014), además, destaca el rol de las TIC<sup>13</sup> para lograr “prosperidad, eficacia y competitividad”.

Otros planteamientos destacan, por encima de las nuevas tecnologías, el papel de “factores blandos” como la participación ciudadana, la seguridad y el patrimonio cultural en el desarrollo de ciudades *inteligentes* con una mayor sostenibilidad económica, social y medioambiental (LOMBARDI & al., 2011). Dichas corrientes más holísticas sugieren que las ciudades *inteligentes* reúnen “las inversiones en capital humano y social –además de aquellas en infraestructuras de comunicación tradicionales (transporte) y modernas (TIC)– necesarias para impulsar un crecimiento económico sostenible y una alta

<sup>12</sup> A diferencia de la *inteligencia emocional* de GOLEMAN (2001) o las *inteligencias múltiples* de GARDNER (2011) –las cuales se distinguieron en oposición a un concepto genérico– la ciudad *inteligente* todavía contempla en la actualidad múltiples ángulos y matices por ser definidos con precisión.

<sup>13</sup> Tecnologías de la Información y la Comunicación, definidas

colectivamente como “soluciones en microelectrónica, computación (*hardware* y *software*), telecomunicaciones y optoelectrónica –microprocesadores, semiconductores, fibra óptica– que permiten el procesamiento y acumulación de enormes cantidades de información además de una rápida distribución de esta a través de redes” (FERNÁNDEZ MUÑOZ, 2005).

calidad de vida, a través de una gestión eficiente de los recursos naturales y una gobernanza colectiva” (CARAGLIU & al., 2011). Los servicios también son considerados importantes por BELANCHE & al. (2016) para aumentar la eficiencia y la competitividad de las ciudades verdaderamente *inteligentes*, mientras LEE & al. (2014) hacen hincapié en el diseño participativo de los mismos y el acceso abierto a la información que mana de la infraestructura pública para el crecimiento sostenible de los territorios.

A pesar de múltiples teorías y enfoques, la bibliografía al respecto podría segregarse en una corriente sustentada en las tecnologías digitales y otra que hace mayor hincapié en el rol social de las personas para el desarrollo de ciudades *inteligentes*. En la misma línea, ANGELIDOU (2014) distingue las estrategias que apuntan a la eficiencia y el avance tecnológico de las infraestructuras “duras” de la ciudad (transporte, agua, residuos, energía...) de las que se centran en las infraestructuras “blandas” y colectivos de personas (capital social y humano, educación, inclusión, participación, innovación social y equidad), evidenciando todavía una desconexión entre las múltiples dimensiones que conforman la ciudad contemporánea<sup>14</sup>. Resulta por lo tanto deseable, si no inevitable, abordar la *inteligencia* desde un planteamiento cuanto menos dual, donde la dimensión social sirva de contrapeso al determinismo tecnológico que cada vez resulta más imperante en las disciplinas responsables del planeamiento urbano.

## 5. Potencial del *big data* en la hiperciudad

Las herramientas contemporáneas de análisis y diseño urbano se apoyan en gran medida en el modelado funcional o matemático y la cartografía digital, donde cada simulacro resultante enmarca el intento de hacer inteligible la ciudad a través de una visión sinóptica y simplificada de la realidad que codifica una interpretación espacial particular (SCOTT, 1998). Sin embargo, ni siquiera la exponencial capacidad de recopilación y gestión de *big data*<sup>15</sup> ha logrado impedir la elaboración connaturalmente defectuosa de

dichos modelos de predicción, dada la combinatoria cuasi infinita de parámetros, variables emergentes y relaciones que componen los sistemas urbanos (JACOBS, 1961). Así puede deducirse que los intentos más recientes de legibilidad urbana a través de mapeos digitales siguen cristalizando mayoritariamente en forma de representaciones estáticas de la realidad, esto es, enfoques o perspectivas que proporcionan descripciones unidimensionales mientras omiten imágenes contextualizadas desde prismas complementarios –“aunque existe una imprevisibilidad inherente en los sistemas urbanos de complejidad organizada, las máquinas (formalizadas en computadoras digitales) evitan por norma general la aparición de nuevos estadios más allá de sus condiciones inherentes de entrada y salida” (TURING, 2009).

De manera diferente, la ciudad como sistema abierto requiere del desarrollo de herramientas receptivas al cambio mediante las cuales urbanistas y arquitectos tengan la posibilidad de descubrir y responder a la compleja y multiforme diversidad contextual en lugar de permitir su reemplazo por simulaciones computacionales banales y predefinidas. Con esa premisa, la ‘cientificación’ de las teorías sobre el planeamiento urbano a partir de la segunda mitad del siglo XX inició (entre otras) una revolución en el campo de las soluciones digitales cuya repercusión en la actualidad se estima que provocará inversiones superiores a los ciento cincuenta mil millones de dólares americanos antes de 2022 (TORCHIA & al., 2017). En este sentido, la ubicuidad de sensores y dispositivos informáticos ya coexiste (y coexistirá) con una red cada vez más poderosa y extendida de gobiernos, corporaciones, promotores y proveedores de tecnología, comunidades epistémicas, coaliciones de defensa y otros colectivos, que busca sacar rédito de distinta forma y con distintas herramientas de la ciudad *inteligente* (KITCHIN & al., 2017).

Resulta por tanto relevante apuntar que las alianzas entre administraciones municipales y regionales, tejido productivo, empresas tecnológicas, activistas académicos y/o ciudadanos permitirán dilucidar los diferentes poderes y prácticas de las *ciudades basadas en datos*<sup>16</sup>, poniendo de manifiesto (por si quedaba alguna duda) la parcialidad en el proceso desde su

<sup>14</sup> Otras metáforas utilizadas para categorizar los enfoques de las ciudades *inteligentes* incluyen las iniciativas *top-down* y *bottom-up* (CALZADA & COBO, 2015) y las basadas en la oferta frente a la demanda (ANGELIDOU, 2015).

<sup>15</sup> Término evolutivo que describe cualquier cantidad voluminosa de datos estructurados, semiestructurados y no estructurados que tienen el potencial de ser extraídos para obtener información.

<sup>16</sup> *Data-driven cities*, o ciudades definidas por grandes plataformas hiperconectadas por medio de sensores, dispositivos de captura y *software* que recopilan y procesan enormes cantidades de datos para facilitar servicios cada vez más avanzados, respondiendo a las exigencias de los ciudadanos y administrando de forma racional su funcionamiento y desarrollo sostenible.

génesis. Ello ya comienza a provocar la aparición de síntomas relacionados con una visión ahistórica y (a)espacial de la ciudad en numerosas sociedades contemporáneas, provocada por territorios que tienen problemas para definir su identidad en un contexto de multiplicidad y verdad digital. También algunas prácticas sociotécnicas emergentes –dentro y alrededor de dichas grandes redes– pueden llegar a desafiar barreras éticas fuertemente arraigadas si no se aplican sobre ellas herramientas de vigilancia y/o control con el suficiente rigor clínico.

### 5.1 Sostenibilidad, inteligencia y participación ciudadana

Es un hecho que hoy en día los ecosistemas urbanos muestran una creciente preocupación por cuestiones relacionadas con la sostenibilidad y tratan cada vez más de encontrar medios para preservar los recursos naturales, sociales y económicos que los rodean. Anteriormente el debate siempre había considerado la relación entre el medio natural y las ciudades, pero en los últimos años el interés en alcanzar dichos objetivos con la ayuda de la *inteligencia* ha provocado el avance de sistemas de medición que permiten la evaluación del progreso y la conversión de la tecnología en catalizadora del desarrollo sostenible de regiones metropolitanas (BIFULCO & al., 2016) gracias a la huida de la instrumentalización como fin en sí

mismo (MARSAL-LLACUNA & SEGAL, 2016). En última instancia –y llevando las últimas aseveraciones al límite– una ciudad que no es *sostenible* no puede ser verdaderamente *inteligente*.

Asimismo, aunque el objetivo de las ciudades apenas ha fluctuado en los últimos siglos (idealmente crear entornos cada vez más habitables donde ciudadanos y empresas puedan prosperar) la metodología para lograrlo ha evolucionado hacia el actual aprovechamiento de la *inteligencia* colectiva de sus constituyentes y la creación de soluciones en torno a los retos y problemas que genera el territorio urbano. Este cambio de enfoque democratiza cada vez más el desarrollo de las ciudades, e invierte paulatinamente como contrapartida los roles tradicionales de gobiernos, empresas y residentes (FIG. 4). Con los primeros evolucionando hacia habilitadores de soluciones, los sectores secundario y terciario se vuelven cada vez más participativos al tiempo que un creciente grupo de ciudadanos (co)creadores ve sus atribuciones aumentar exponencialmente en cuanto al devenir de su entorno más o menos inmediato se refiere.

A pesar de que la inteligencia colectiva no es un fenómeno novedoso en la historia de la humanidad, MALONE & BERNSTEIN (2015) señalan que “la tecnología de Internet permite nuevas formas de inteligencia colectiva que eran imposibles hace solo unas décadas”. El mundo automatizado del *Internet de las Cosas* (*Internet of Things* o *IoT*) y la pronta implementación de la tecnología 5G a

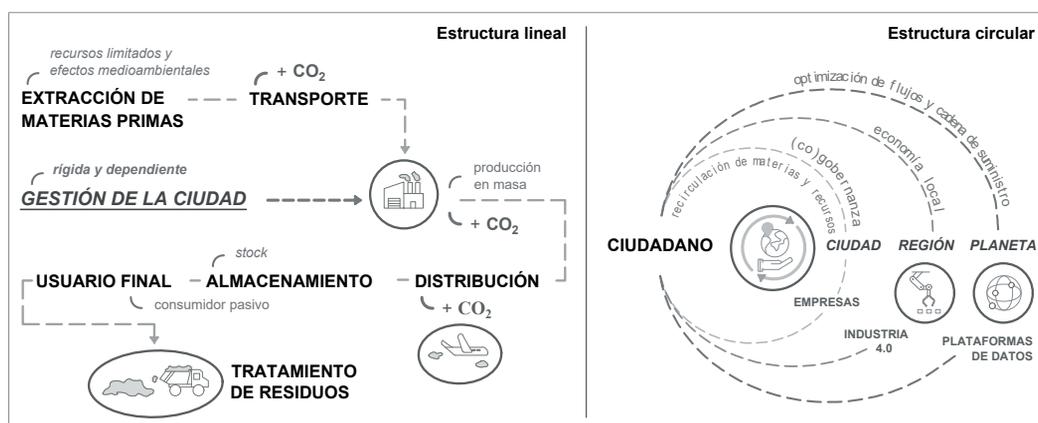


Fig. 4/ Flujo de recursos en metabolismos urbanos lineales y circulares.

Fuente: Elaboración propia (adaptado de Díez & al., 2019).

escala global permite llevar el punto de Malone y Bernstein todavía más lejos, siendo cada vez más probable capturar, transmitir y recibir información en tiempo real y de forma deslocalizada para contribuir al conocimiento colectivo y la toma de decisiones más *inteligentes*. Dicha nueva asociación de intercambio de información entre hábitat urbano, residentes y empresas se denomina ya *ciudad como plataforma*, y en ella el rol del ejecutivo pivota hacia la coparticipación activa de la parte gobernada en la innovación cívica. Fomentando la creación de entornos en los que el tejido productivo (empresas, emprendedores sociales y ciudadanía) pueda prosperar, los gobiernos de las capitales del mañana deben promover el desarrollo de ecosistemas competitivos para atraer nuevas inversiones y facilitar la apertura de mecanismos de inclusión social, además de ofrecer un metabolismo sólido y resiliente sobre el que cimentar el crecimiento de los parámetros que lo definen.

## 5.2. Gemelos digitales en la ciudad multidimensional

Tanto la industria de la construcción como la disciplina del planeamiento urbano atraviesan en la actualidad una de las transformaciones más profundas y trascendentales de su historia reciente, pasando de ser sectores basados en documentación a sistemas guiados por herramientas de información, procesos simultáneos y actividades interconectadas. Este nuevo enfoque, basado en la aplicación de *inteligencia* al diseño de edificios y el urbanismo que los circunscribe, provoca la necesidad de adoptar innovaciones en productos, espacios, modelos de negocio y operaciones, que persigan la regeneración y el crecimiento de urbes contemporáneas a través de la profunda refundación de su parametrización obsoleta. Las simulaciones virtuales de sistemas constructivos y sus rendimientos, la generación de algoritmia a partir de *metadata*, la reutilización adaptativa o el intercambio de códigos son ejemplo del claro desafío a un gran volumen de indicadores, valores y supuestos ampliamente establecidos hasta la fecha, ofreciendo en su lugar soluciones más ágiles y axiomáticas para el futuro de sociedades contemporáneas. En este sentido, términos como nube, portal, *big data*, *blockchain*, *machine learning* o inteligencia artificial han sido acuñados en los últimos años para describir el rumbo adquirido por el impulso creciente hacia la automatización de procesos en el panorama mundial. Uno de los más novedosos —directamente relacionado con los campos de la arquitectura, la construcción y el urbanismo— es el de

*gemelo digital*, adaptado tras la integración de sistemas digitales en infraestructuras, industrias y otras edificaciones a principios del presente siglo (GRIEVES, 2014).

En términos estrictos, un *gemelo digital* (*digital twin*) es una imagen especular de un proceso físico que se articula a su alrededor, siendo generalmente idéntica en cuanto al funcionamiento de dicho fenómeno en un tiempo sincrónico. A pesar de que su definición ha sido ampliada sustancialmente durante el transcurso de los años —acoplando modelos pertenecientes a sistemas sociales y económicos a los modelos físicos originales— en la práctica rara vez se han llegado a incluir dichas virtualizaciones en las simulaciones de ciudades. Así, los modelos resultantes (incluso aquellos que incorporan información fidedigna acerca del movimiento de personas, el tráfico de vehículos o el flujo de energía) siguen restringidos a secciones transversales de una única dimensión temporal, dando lugar en consecuencia a soluciones limitadas a la abstracción de una realidad incompleta.

WILDFIRE (2018) hace una distinción pragmática entre *gemelos digitales*, que pueden pertenecer a “ciudades de alta frecuencia” o “de baja frecuencia”. Las primeras operan en tiempo (casi) real con relación a los horizontes temporales de corta duración —segundo a segundo, minuto a minuto o hasta en ciclos de días o semanas— mientras que las segundas lo hacen a lo largo de meses, años o incluso décadas. Así, a partir de la información de partida que se contemple se pueden elaborar modelos digitales que exploren marcos “reactivos” en los que “la retroalimentación y las visualizaciones facilitan intervenciones en tiempo (casi) real y optimizan el funcionamiento diario de la ciudad o activo”, o modelos “predictivos” que “utilizan datos precisos de entrada para mejorar la planificación de escenarios a largo plazo y orientar así decisiones estratégicas”.

En ambos contextos, el modelo de un *gemelo digital* necesita hoy en día ser desacoplado del sistema original si quiere operarse de alguna manera sobre este. Dicho de otro modo, es imperante correr el modelo fuera de línea para que pueda explotarse y emplearse para simular formas de optimizar el sistema real, siendo muy poco probable que ello ocurra alguna vez de forma paralela. El *gemelo digital* debe recibir siempre la entrada del sistema real aunque solo sea para proporcionar algún tipo de diagnóstico sobre el modelo original, con lo cual es lógico advertir que siempre habrá una latencia implícita. La pregunta que debe hacerse, no obstante, es si puede existir algún día un *gemelo digital*

que funcione en tiempo real junto con la realidad física, social, ambiental o económica, utilizando la información generada y gestionada en la virtualidad para operar automática y simultáneamente sobre el medio.

## 6. Influencia de la tecnología cognitiva en la ciudad del siglo XXI

A menudo se ha descrito la infraestructura urbana como una red funcional compuesta por elementos que pudieran asemejarse a los órganos del cuerpo humano. Así, el metabolismo de la ciudad contemporánea se ha presentado anteriormente como un espacio interconectado de flujos, que depende del aporte (interno o externo) de energía y otras materias primas para crecer y seguir desarrollándose. Tal visión metabólica plantea una serie de dilemas analíticos acerca de la intersección entre las dimensiones económicas, sociales y biofísicas en el ecosistema urbano, cuya virtud ha residido históricamente en las complejas interacciones entre redes que permiten a la postre el correcto desempeño de la ciudad posmoderna a pesar del fallo sistemático del ímpetu funcionalista en la experimentación del espacio resultante.

Dentro del complejo sistema de relaciones que da forma a la ciudad contemporánea, la generación y el procesamiento de *datos* crudos –así como el largo viaje que los convierte en *sabiduría*– ocupa y preocupa de manera ascendente a la sociedad tecnológica y de consumo. Ello ha permitido la evolución de sociedades modernas hacia modelos que dependen cada vez menos de sus riquezas naturales y más de su capacidad para crear conocimiento y compartirlo comunitariamente (MATSUURA, 2007), y ha coincidido en el tiempo con la apuesta por la computarización y los contenidos digitales en el desarrollo de los territorios. Las actualizaciones en materias como el planeamiento urbano, la economía o la sociología –entre otras– pretenden dar así respuesta al metabolismo cambiante de los asentamientos en los que se desarrollan las sociedades más avanzadas, donde el *big data* ya figura como catalizador exponencial en la toma de resoluciones de alta calidad basadas

en el tratamiento masivo y el manejo de información previa extraída de nuestro entorno.

Resulta lógico, pues, que probablemente no haya ningún segmento de actividad cuya evolución atraiga tanta atención en la actualidad como la gestión del conocimiento. La investigación y el desarrollo en *tecnología cognitiva*<sup>17</sup> se ha multiplicado en los últimos lustros, y fruto de dicho estímulo han sido presentadas en sociedad numerosas soluciones que –en mayor o menor medida– son capaces de asimilar conceptos y aprender de situaciones desconocidas como parte de un proceso interno e iterativo de mejora continua. El objetivo último de dichas herramientas reside en replicar la clasificación piramidal de la mente humana, dividida inicialmente en cinco categorías consecutivas –datos, información, conocimiento, entendimiento y sabiduría– y dependientes en orden descendente:

“Una onza de información vale una libra de datos.  
Una onza de conocimiento vale una libra de información.

Una onza de sabiduría vale una libra de conocimiento.”<sup>18</sup> (ACKOFF, 1989)

Por otro lado, el uso creciente de analogías biológicas y exploraciones *neo-organicistas* en el planeamiento y la ordenación urbana subyacen en la importancia de aclarar el papel de las metáforas científicas en el discurso urbano contemporáneo. Tradicionalmente la comprensión de las redes tecnológicas y la infraestructura intangible siempre había ocupado a ingenieros y otros perfiles técnicos, mientras que los aspectos más perceptibles se asociaban a la arquitectura y el urbanismo. Dicho fenómeno es (en parte) fruto del legado histórico de la urbanización capitalista, sin embargo, las estrategias más recientes sugieren una gradual repercusión de la consideración *extrafísica* del espacio y de plataformas digitales que han terminado por extinguir la dimensión exclusivamente corpórea de la ciudad para adoptar en su lugar un concepto híbrido y multicanal que responde a las necesidades competitivas de la idiosincrasia actual. Así, las dinámicas (co)evolutivas entre sistemas sociales y tecnológicos –que se extienden desde los rincones privados del hogar hasta la infraestructura pública que la envuelve– tienden progresivamente hacia la constitución

<sup>17</sup> Conjunto de productos en el campo de la inteligencia artificial, orientados a la teoría y el desarrollo de sistemas informáticos capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Ejemplos de ello son el aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural, el reconocimiento de voz o la robótica.

<sup>18</sup> “Los *datos* son símbolos que representan las propiedades de los objetos y eventos. La *información* se compone de datos procesados, orientados a aumentar su utilidad [...] El *conocimiento* se transmite mediante instrucciones [...] El *entendimiento* se transmite mediante explicaciones [...] La *inteligencia* es la capacidad de aumentar la eficiencia; la *sabiduría* es la capacidad de aumentar eficacia” (ACKOFF, 1989).

simbiótica del marco dentro del cual la metrópolis contemporánea opera a pesar de anomalías y contradicciones en la configuración entre espacio y sociedad, resolviendo con herramientas y enfoques disruptivos muchos de los supuestos asociados a los relatos convencionales del desarrollo sostenible.

Los discursos positivistas del siglo XX acerca del urbanismo científico y la modernidad tecnológica auguraron que las concepciones de la ciudad moderna se ampliarían y consolidarían para producir un modelo altamente sofisticado del espacio urbano como si de una máquina eficiente se tratara (TODD & TODD, 1994). A pesar de ello, la anteriormente mencionada dinámica evolutiva del espacio urbano y la conjunción de coyunturas políticas, económicas y sociales han acumulado un impulso acelerado durante los últimos 50 años que ha contribuido a la aparición de nuevas y divergentes relaciones entre red urbana, sociedad y tecnología, configuraciones que –todavía hoy en día– siguen coexistiendo con excesiva fricción y escasa cohesión.

Las iniciativas de apertura, transparencia y participación ciudadana en los proyectos relacionados con la escala urbana, por su parte, han favorecido últimamente políticas de datos abiertos producidos por nuevas herramientas y tecnologías que han ‘comoditizado’<sup>19</sup> el tráfico de información hasta convertirlo en accesible a grandes mayorías de la población. Como consecuencia de ello, «las tecnologías disponibles en las ciudades *inteligentes* producen nuevos paisajes temporales» (KITCHIN, 2014) así como una noción intrínseca que “transforma la gestión y la gobernanza de los sistemas de la ciudad, y pauta el ritmo y la programación de la vida cotidiana”. Los retos emprendidos en este contexto por las administraciones, no obstante, se encuentran todavía demasiado localizados y desconectados de las políticas de planeamiento, además de carecer de la suficiente ambición en términos de desigualdad social, empleo, movilidad, género, calidad medioambiental o vivienda.

Y es que, aunque la retórica de la experimentación incita de manera natural a la cocreación y a la apertura hacia la participación ciudadana en programas de innovación y desarrollo, los procesos involucrados a menudo resultan promovidos por objetivos instrumentales que circunscriben el interés público y limitan la solución de la problemática común. Así (y a pesar de que las soluciones adoptadas por los organismos

competentes dicen orientarse a la resolución de *grandes problemas*) la definición de lo que se considera *problema* a menudo queda al albedrío del mercado en lugar de la sociedad, difuminando los intereses entre entes públicos y privados. Es comprensible por tanto un cierto escepticismo relacionado con las políticas actuales de participación, que podría tener (un) remedio en esfuerzos de comercialización de la infraestructura urbana que ayudaran a conformar ciudadanías sustentadas por formas productivas de colaboración con autoridades locales y una visión estratégica alrededor del tejido *inteligente* de la ciudad.

## 7. Conclusiones

La mayor parte de la población mundial se concentra en áreas urbanas, y la tecnología siempre ha jugado un papel relevante y diferenciador en la configuración y el crecimiento de las mismas a lo largo de la historia. Así, las ciudades más vanguardistas de los siglos XIX y XX fueron pioneras en la introducción paulatina de avances revolucionarios como la electricidad, el ascensor, el automóvil o nuevos materiales como el acero, del mismo modo que las tecnologías digitales tienen hoy en día (y seguirán teniendo durante las próximas décadas) la mayor repercusión sobre el desarrollo urbano del territorio a través de canales ajenos a los límites físicos de la percepción humana. Es importante remarcar, empero, que la presente falta de actualización de las administraciones afectadas corre el riesgo de provocar un alejamiento con el marco normativo y regulatorio de la disciplina del planeamiento, suponiendo ello un cuello de botella para el alcance global que se pretende con las soluciones propuestas.

En este sentido, los resultados de la investigación evidencian la obsolescencia de preceptos planteados hace hoy más de 30 años, que sin embargo siguen siendo esgrimidos con excesiva frecuencia para promover y justificar acciones en una realidad extrínseca a la idiosincrasia de aquellos años. Tal es el caso de indicadores genéricos descritos con anterioridad como la sostenibilidad ecológica o la equidad, cuya vigencia ya no se corresponde con la realidad contemporánea por no abordar con la suficiente profundidad aspectos de relevancia y actualidad propios del reto demográfico y geopolítico en el que se enmarcan. A ese respecto, ejercicios

<sup>19</sup> Mercantilizado

más recientes han sido desarrollados y analizados en el presente artículo en su afán por actualizar dichas directrices y adaptarlas a un contexto cada vez más líquido, agresivo y volátil, a pesar de que su traslación empírica a casos de estudio ha sido cuanto menos limitada durante los últimos lustros.

Como se ha planteado anteriormente, el comportamiento metabólico de la ciudad contemporánea no depende solo de su dotación en *hardware* (capital físico) sino también –y cada vez más– de la disponibilidad y la calidad de la comunicación del conocimiento y la infraestructura social que lo facilita. Esta última forma de capital humano es decisiva para la competitividad urbana, por lo que el concepto de ciudad *inteligente* se convierte en este contexto en un factor estratégico y decisivo en la apuesta por iniciativas disruptivas de producción e implantación integral de tecnologías que ayudan a mejorar el perfil competitivo de una metrópoli (MARCH & al., 2016). Los problemas asociados a las aglomeraciones urbanas generalmente han encontrado su solución en la confluencia entre creatividad, cooperación (muchas veces negociada) y ciencia, por lo que la etiqueta *inteligente* debería apuntar a regiones que incentivan la prosperidad a través de mejoras cuantitativas y cualitativas para el conjunto de su población al tiempo que promueven infraestructuras en red para mejorar la eficiencia económica y política, un impulso social y cultural, y apoyo subyacente al desarrollo sostenible desde el prisma del crecimiento del tejido empresarial. También debe contemplarse la inclusión de residentes en los servicios públicos bajo el paraguas de una evolución equitativa, así como una atención especial al capital relacional en comunidades que aspiran a “aprender, adaptarse e innovar” (COE & al., 2001). Ello favorecerá en última instancia una cultura intrínseca de promoción de la circularidad en todos sus ámbitos, retroalimentando el potencial de desarrollo de las regiones metropolitanas y mitigando su dependencia del exterior para convertir las en más resilientes.

Como complemento, futuras investigaciones deberían confirmar la reducción efectiva de la brecha entre desarrollo urbano y sostenibilidad

multidisciplinar a través de la evaluación de la tendencia en cuanto a los indicadores propuestos con anterioridad se refiere, lo cual a fecha de la redacción del presente artículo no había arrojado todavía información lo suficientemente representativa.

Las ciudades, y en especial aquellas de más de diez millones de habitantes, son los sistemas más grandes y complejos que la humanidad haya creado jamás. En este contexto, la concepción digital del binomio espacio-tiempo, la actualización de indicadores de sostenibilidad e *inteligencia* en los sistemas metabólicos y el *antropocentrismo urbano* sintetizan probablemente las palancas con mayor repercusión en la constitución y consolidación de sociedades resilientes, aunando para ello esfuerzos derivados de las ciencias naturales<sup>20</sup>, ingenierías y políticas sociales para mitigar junto a la digitalización los riesgos en entornos cada vez más competitivos y cambiantes. El urbanismo resultante que se propone en el presente artículo es el intento de *conocer* y relacionarse con estos nuevos espacios híbridos, definiendo nuevas pautas de experimentación, explotación de recursos, movilidad o comportamiento dentro de nuestras ciudades<sup>21</sup>. A medida que su implantación emerge y se consolida en el conjunto de geografías afectadas, la intersección de disciplinas sin duda proporcionará a la sociedad civil una lente con la que poder dilucidar retos y oportunidades en ecosistemas urbanos de complejidad elevada, ayudando a su vez a desarrollar prácticas y métodos que consoliden, de una manera sostenible en el tiempo, las grandes *hub cities*<sup>22</sup> del siglo XXI.

## 7. Bibliografía

- ACKOFF, R.L. (1989): From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3-9.
- AGUDELO-VERA, C.M. & LEDUC, W.R. & MELS, A.R. & RIJNAARTS, H.H. (2012): Harvesting urban resources towards more resilient cities. *Resources, conservation and recycling*, 64, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.01.014>
- AHVENNIEMI, H. & HUOVILA, A. & PINTO-SEPPÄ, I. & AIRAKSINEN, M. (2017): What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60,

<sup>20</sup> El paradigma sostenible incorpora hoy (entre otros) el concepto de *renaturación* de la ciudad, o incorporación de estrategias urbanas basadas en la naturaleza (*Nature-Based Solutions*).

<sup>21</sup> Ejemplos actuales de ello incluyen el acceso abierto a bicicletas, patinetes eléctricos o automóviles –que han alterado de manera súbita la configuración y experiencia de la ciudad– o la nueva economía ‘compartida’ mediante la cual

una habitación, apartamento o incluso batería de teléfono móvil pueden estar disponibles para otros ciudadanos de manera temporal.

<sup>22</sup> Concepción territorial estratégica que prima la posición de puntos intermedios hacia los que confluyen redes de transporte, abastecimiento o información respondiendo eficazmente a la exigencia económica de la inversión mínima de tiempo y esfuerzo (VAN SUSTEREN, 2005).

- Part A, 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>
- ANGELIDOU, M. (2014): Smart city policies: A spatial approach. *Cities*, 41(1), S3-S11. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.06.007>
- \_\_\_\_\_. (2015): Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, 47, 95-106. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.004>
- BARLES, S. (2010): Society, energy and materials: the contribution of urban metabolism studies to sustainable urban development issues. *Journal of Environmental Planning and Management*, 53(4), 439-455. <https://doi.org/10.1080/09640561003703772>
- BELANCHE, D. & CASALÓ, L.V. & ORÚS, C. (2016): City attachment and use of urban services: Benefits for smart cities. *Cities*, 50, 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.08.016>
- BELOIN-SAINT-PIERRE, D. & RUGANI, B. & LASVAUX, S. & MAILHAC, A. & POPOVICI, E. & SIBIUDE, G. & SCHI-OPU, N. (2017): A review of urban metabolism studies to identify key methodological choices for future harmonization and implementation. *Journal of cleaner production*, 163, S223-S240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.014>
- BIFULCO, F. & TREGUA, M. & AMITRANO, C.C. & D'AURIA, A. (2016): ICT and sustainability in smart cities management. *International Journal of Public Sector Management*, 29(2), <https://doi.org/10.1108/IJPSM-07-2015-0132>
- BOURDIC, L. & SALAT, S. & NOWACKI, C. (2012): Assessing cities: a new system of cross-scale spatial indicators. *Building Research & Information*, 40(5), 592-605. <https://doi.org/10.1080/09613218.2012.703488>
- BRUNDTLAND, G.H. & KHALID, M. & AGNELLI, S. & AL-ATHEL, S. & CHIDZERO, B.J.N.Y. (1987): *Our common future*. New York, 8.
- CALZADA, I. & COBO, C. (2015): Unplugging: Deconstructing the smart city. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 23-43. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.971535>
- CARAGLIU, A. & DEL BO, C. & NIJKAMP, P. (2011): Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- CASTELLS, M. (2000): Urban sustainability in the information age. *City*, 4(1), 118-122. <https://doi.org/10.1080/713656995>
- COE, A. & PAQUET, G. & ROY, J. (2001): E-governance and smart communities: a social learning challenge. *Social science computer review*, 19(1), 80-93. <https://doi.org/10.1177/089443930101900107>
- COLFORD, C. (2013): Competitive cities: Driving productivity and prosperity. *World Bank Blogs*, 25 de julio. <https://blogs.worldbank.org/psd/competitive-cities-driving-productivity-and-prosperity>
- DAMERI, R.P. & COCCHIA, A. (2013): Smart city and digital city: twenty years of terminology evolution. In *X Conference of the Italian Chapter of AIS, ITAIS* (pp. 1-8).
- DESOUZA, K.C. & FLANERY, T.H. (2013): Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 35, 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.003>
- DÍEZ, T. & MILLARD, J. & MENICHELLI, M. & SORIVELLE, M.N. (2019): The Fabrication City. In S. ALBERT (Ed.), *Innovative Solutions for Creating Sustainable Cities*, (pp. 329-356). Cambridge Scholars Publishing. <https://www.cambridgescholars.com/resources/pdfs/978-1-5275-3593-0-sample.pdf>
- DOVEY, K. (2012): Informal Settlement and Complex Adaptive Assemblage. *International Development Planning Review*, 34 (3), 371-90.
- EGGERS, W. & SKOWRON, J. (2018): *Forces of change: Smart Cities*. deloitte.com.
- ELLIOTT, T. (2018): Agenda 2030 de la ONU por un mundo mejor. *Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM*, 1(130), 17-23. <http://gacetain.ingen.unam.mx/GacetaII/index.php/gii/article/view/2465/2376>
- EUROPEAN COMMISSION, Directorate-General for Regional Policy (2011): *Cities of tomorrow: Challenges, visions, ways forward*. Publications Office of the European Union.
- FERNÁNDEZ MUÑOZ, R. (2005): Marco conceptual de las nuevas tecnologías aplicadas a la educación. *Universidad Castilla-La Mancha, España*.
- FRITZ, S. & SEE, L. & CARLSON, T. & HAKLAY, M.M. & OLIVER, J.L. & FRAISL, D. & WEST, S. (2019): Citizen science and the United Nations sustainable development goals. *Nature Sustainability*, 2(10), 922-930. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0390-3>
- GARDNER, H. (2011): *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Hachette UK.
- GIL, C.G. (2018): Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 140, 107-118.
- GOLEMAN, D. (2001): Emotional intelligence: Issues in paradigm building. In C. CHERNISS & D. GOLEMAN (Eds.), *The emotionally intelligent workplace*, 13-26, New York, Jossey-Bass.
- GOLUBIEWSKI, N. (2012): Is there a metabolism of an urban ecosystem? An ecological critique. *AMBIO*, 41(7), 751-764. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0232-7>
- GRIEVES, M. (2014): Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. *White paper*, 1, 1-7.
- HIREMATH, R.B. & BALACHANDRA, P. & KUMAR, B. & BANSODE, S.S. & MURALI, J. (2013): Indicator-based urban sustainability—a review. *Energy for sustainable development*, 17(6), 555-563. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.08.004>
- HOLDEN, E. & LINNERTUD, K. & BANISTER, D. (2014): Sustainable development: Our common future revisited. *Global environmental change*, 26, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.006>
- HUANG, Q. & ZHENG, X. & HU, Y. (2015): Analysis of land-use emergency indicators based on urban metabolism: A case study for Beijing. *Sustainability*, 7(6), 7473-7491. <https://doi.org/10.3390/su7067473>
- HUANG, S.L. & YEH, C.T. & BUDD, W.W. & CHEN, L.L. (2009): A Sensitivity Model (SM) approach to analyze urban development in Taiwan based on sustainability indicators. *Environmental impact assessment review*, 29(2), 116-125. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.03.003>
- JACOBS, J. (1961): *The death and life of great American cities*. New York, Vintage.
- KENNEDY, C. & PINCETL, S. & BUNJE, P. (2011): The study of urban metabolism and its applications to urban

- planning and design. *Environmental pollution*, 159(8-9), 1965-1973. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.022>
- KITCHIN, R. (2014): *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*. Sage.
- \_\_\_\_\_ & COLETTA, C. & EVANS, L. & HEAPHY, L. & MACDONNCHA, D. (2017): Smart cities, epistemic communities, advocacy coalitions and the last mile problem. *IT - Information Technology*, 59(6), 275-284. <https://doi.org/10.1515/itit-2017-0004>
- LEDERER, J., & KRAL, U. (2015): Theodor Weyl: A pioneer of urban metabolism studies. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 695-702. <https://doi.org/10.1111/jiec.12320>
- LEE, J.H. & HANCOCK, M.G. & HU, M.C. (2014): Towards an effective framework for building smart cities: *Lessons from Seoul and San Francisco*. *Technological Forecasting and Social Change*, 89, 80-99. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.033>
- LIGHT, J. S. (2009): *The nature of cities: ecological visions and the American urban professions, 1920-1960*. Johns Hopkins University Press.
- LIN, L. & LIU, M. & LUO, F. & WANG, K. & ZHANG, Q. & XIANG, W.N. (2012): Comment on "The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design" by KENNEDY & al. (2011). *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 167, 184-185. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.011>
- LOMBARDI, P. & GIORDANO, S. & FAROUH, H. & WAEL, Y. (2011): An analytic network model for Smart cities. In *Proceedings of the 11th International Symposium on the AHP* (pp. 15-18).
- MALONE, T. W. & BERNSTEIN, M. S. (Eds.). (2015): *Handbook of collective intelligence*. MIT Press.
- MARCH, H., RIBERA-FUMAZ, R., & VIVAS I ELIAS, P. (2016). Crisis, ciudad y tecnología ¿una solución inteligente?. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, 48(187), 239-248. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76477>
- MARCHAL, V. & DELLINK, R. & VAN VUUREN, D. & CLAPP, C. & CHATEAU, J. & MAGNÉ, B. & VAN VLIET, J. (2011): OECD environmental outlook to 2050. *Organization for Economic Co-operation and Development*, 8, 397-413.
- MARSAL-LLACUNA, M.L. & COLOMER-LLINÀS, J. & MELÉNDEZ-FRIGOLA, J. (2015): Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 611-622. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.01.012>
- \_\_\_\_\_ & SEGAL, M.E. (2016): The Intelligent Method (I) for making "smarter" city projects and plans. *Cities*, 55, 127-138. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.02.006>
- MATSUURA, K. (2007): Knowledge Sharing—a powerful tool in the fight against poverty. *The Straits Times*, 6, 27.
- MESSERLI, P. & MURNINGTYAS, E. & VAN YPERSELE, J.P. (2019): *El futuro es ahora — la ciencia al servicio del desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
- MUSANGO, J.K. & CURRIE, M.P. & ROBINSON, M.B. (2017): Urban metabolism for resource efficient cities: from theory to implementation. *Book of Abstracts* (p. 12).
- NEWMAN, P. (1999): Sustainability and cities: extending the metabolism model. *Landscape and urban planning*, 44(4), 219-226. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(99\)00009-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(99)00009-2)
- NILON, C.H. & BERKOWITZ, A.R. & HOLLWEG, K.S. (2003): Introduction: ecosystem understanding is a key to understanding cities. *Understanding Urban Ecosystems* (pp. 1-13). Springer, New York.
- PARK, R.E. & BURGESS, E.W. (2019): *The city*. University of Chicago Press.
- PINCETL, S. & BUNJE, P. & HOLMES, T. (2012): An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes. *Landscape and urban planning*, 107(3), 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.006>
- ROBINSON, J. & COLE, R. J. (2015): Theoretical underpinnings of regenerative sustainability. *Building Research & Information*, 43(2), 133-143. <https://doi.org/10.1080/09613218.2014.979082>
- ROUILLARD, D. (2004): *Superarchitecture: le futur de l'architecture, 1950-1970*. Editions de la Villette.
- SANDOVAL OLASCOAGA, C.E. (2016): *Painting with data: from a computational history of urban models to an alternative urban computing* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- SCOTT, J.C. (1998): *Seeing like a state: How certain schemes to improve the human condition have failed*. Yale University Press.
- TANGUAY, G.A. & RAJAONSON, J. & LEFEBVRE, J.F. & LANOIE, P. (2010): Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators*, 10(2), 407-418. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.07.013>
- TODD, N.J. & TODD, J. (1994): *From eco-cities to living machines: principles of ecological design*. North Atlantic Books.
- TORCHIA, M. & KUMAR, M. & TURNER, V. (2017): *Worldwide semiannual internet of things spending guide*. International Data Corporation (IDC).
- TURING, A.M. (2009): Computing machinery and intelligence. In EPSTEIN, R. & ROBERTS, G. & BEBER, G. (Eds), *Parsing the Turing Test* (pp. 23-65). Dordrecht, Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6710-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6710-5_3)
- UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS (UNCHS). (2001): *The state of the world's cities 2001*. Nairobi: United Nations for Human Settlements.
- UNITED NATIONS. (2015): *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision* (ST/ESA/SER.A/366), New York, United Nations.
- \_\_\_\_\_ (2019): *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision* (ST/ESA/SER.A/420), New York, United Nations.
- VAN SUSTEREN, A. (2005): *Metropolitan World Atlas*. 010 Publishers.
- WALL, R.S. & STAVROPOULOS, S. (2016): Smart cities within world city networks. *Applied Economics Letters*, 23(12), 875-879. <https://doi.org/10.1080/13504851.2015.1117038>
- WETERINGS, R. & BASTEIN, T. & TUKKER, A. & RADEMAKER, M. & DE RIDDER, M. (2013): *Resources for our future: key issues and best practices in resource efficiency*. The Hague Centre for Strategic Studies.

- WEYL, T. (1894): Versuch uber den Stoffwechsel Berlins (Ensayo sobre el metabolismo de Berlín). In *8th International Congress of Hygiene and Demography*. Budapest.
- WILDFIRE, C. (2018): *How can we spearhead city-scale digital twins?* Infrastructure Intelligence.
- WOLMAN, A. (1965): The metabolism of cities. *Scientific American*, 213(3), 178-193.
- ZHANG, Y. (2013): Urban metabolism: a review of research methodologies. *Environmental pollution*, 178, 463-473. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.052>

## 8. Listado de Acrónimos / Siglas

ONU	Organización de las Naciones Unidas
UN	<i>United Nations</i>
ODS	Objetivo/s de Desarrollo Sostenible
PIB	Producto Interior Bruto
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
IoT	<i>Internet of Things</i>
UNCHS	<i>United Nations Centre for Human Settlements</i>