

Orden, desorden y entropía en la construcción de la ciudad

José Fariña Tojo / Javier Ruiz Sánchez¹

José Fariña, Doctor Arquitecto. Licenciado en Derecho. Catedrático y Director del Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio en la Escuela T. S. de Arquitectura de Madrid. Director y coordinador de *Cuadernos de Investigación Urbanística*. Autor de *La ciudad y el medio natural* (Akal, 1999) y *La protección del Patrimonio urbano: instrumentos normativos* (Akal, 2000).
 Javier Ruiz, Doctor Arquitecto, Profesor Titular del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela T. S. de Arquitectura de Madrid.

Order, disorder, entropy; these are concepts whose recent use in the context of the urban planning discipline is connected to a broad vision of this field, often related to the frame of reference of the urban natural environment and the project of a sustainable city. In this article, the authors attempt to move towards a contextualization of these ideas as a contribution to our knowledge of the contemporary city and the new focuses in urban management, from a perspective that relates, inseparably, the urban order of modern urban regions to the progressive degradation of their surroundings on multiple levels. The construction of the urban order, its maintenance and the functional consequences of choosing and adopting any one of the existing models cannot be understood outside an energy-based conception of the city and its necessary link to the natural environment from which it captures the energy and materials necessary for this construction and functioning and to which it exports residuals, entropy, disorder. The nature and characteristics of the urban order determine the relation of these variables of import and export, which highlights the role and significance of the local order within a necessarily more global context.

Orden, desorden, entropía, son conceptos cuya utilización reciente en el contexto de la disciplina urbanística va ligada a una visión amplia de la misma muchas veces relacionada con el marco del medioambiente urbano y del proyecto de la ciudad sostenible. En este artículo, los autores pretenden aproximarse a una contextualización de estas ideas como contribución al conocimiento de la ciudad actual y los nuevos enfoques en la intervención sobre la misma desde una perspectiva que relaciona, inseparablemente, el orden de las modernas regiones urbanas con la progresiva degradación del entorno en múltiples escalas. La construcción del orden urbano, su mantenimiento y las consecuencias funcionales de la adopción de unos u otros modelos no pueden entenderse separados de una concepción energética de la ciudad y de su vínculo necesario con un entorno del que capta la energía y los materiales necesarios para esta construcción y funcionamiento y al que exporta residuos, entropía, desorden. De la naturaleza del orden urbano depende la relación entre estas variables de entrada y salida, quedando apuntado, por tanto, el papel y significado del orden local en el contexto necesario más global.

La aproximación al conocimiento de la ciudad puede ser llevada a cabo desde diversas perspectivas y a través de diferentes caminos. Generalmente, cada una de estas vías va acompañada de una finalidad específica o se plantea con una intención concreta. Los urbanistas lo hacen para poder intervenir en ella, considerando el término intervención en su sentido amplio. Nuestra pretensión al escribir este trabajo es poco ambiciosa. En principio, no se plantea más allá de un intento de ordenar y discutir algunos conceptos —la mayoría tomados de otras disciplinas— que puedan ayudar a conseguir una cierta comprensión alternativa sobre algunos aspectos del fenómeno de la urbanización. No intentamos, por tanto, el planteamiento de un nuevo modelo. Tratamos exclusivamente de proponer una visión conscientemente parcial que venga a sumarse a otras, algunas de las cuales están ya muy estudiadas y gozan de un alto grado de coherencia.

1. DIFERENCIAR EL TERRITORIO

Es casi un tópico decir que las ciudades no son sus calles, o sus casas, o sus alcantarillas, sino que son, básicamente, las personas que las habitan. Sin embargo, las ciudades que lo fueron en su momento y que ahora son simples ruinas arqueológicas somos capaces de reconocerlas como tales. Por una parte, las ciudades sobreviven a sus gentes, pero también puede darse el caso aparentemente contrario: una ciudad sujeta a una destrucción por causas naturales o artificiales puede ser reconstruida, incluso en un emplazamiento distinto, sin perder su identidad. Nuestra primera tesis es que este reconocimiento se deriva del hecho de que hombres y mujeres han conseguido establecer sobre el territorio un orden diferente al que existía. Este orden se manifiesta, básicamente, en la disposición de sus elementos. Vegetación, minerales, topografía son violentados en su “orden natural” y aparecen organizados de forma distinta. Así, se puede afirmar, siguiendo a Ortega, que el hombre se reconoce “cuando aparece la naturaleza deformada”.² A los efectos que aquí interesan deberíamos preguntarnos ahora sobre la índole de esta deformación. La cuestión de si es o no “natural” esta nueva disposición, lo que sea “naturaleza”, etc., no pretendemos ni tan siquiera abordarla en este trabajo. Ahora simplemente nos contentamos con constatar que en las ciudades existe una disposición distinta a la del entorno y que esta disposición es reconocible como tal por aquellos que la han establecido.

La ciudad es entendida en casi todas las definiciones tradicionales como algo distinto del campo. La importancia que a lo largo de los años la humanidad ha concedido a esta identificación se concreta en el cuidado que ha tenido a la hora de fijar físicamente esta separación, de tal forma que en todos los ritos fundacionales de la ciudad, el correspondiente a la delimitación del ámbito que abarca es de los más importantes. Así, Rykwert afirma —refiriéndose a la fundación de la ciudad de Roma— que

¹ Los autores quieren dedicar este artículo a Mariano Vázquez Espí, por las acaloradas discusiones sobre algunos de los temas aquí apuntados y la aportación de puntos de vista e ideas que han contribuido a enriquecer el debate.

² José Ortega y Gasset: “Meditación de la técnica” en *Revista de Occidente*, Madrid, 1977, p. 36.

“la parte más importante de todo el rito fundacional, del que ahora me ocupo, era la apertura del *surcus primigenius*, el surco inicial”.³ Esta línea de separación entre lo que sería la ciudad y el resto del territorio era tan importante que los muros construidos siguiéndola eran sagrados, mientras que las puertas (únicos elementos de conexión con el exterior) estaban sometidas a las leyes civiles. La narración de la fundación mítica de Cartago por la reina Dido, en el interior del recinto delimitado por la unión de las finas tiras de su capa, adopta una forma similar. Esta fundación inicial nace con vocación de mantenimiento, de permanencia a lo largo de muchos años. Muros, murallas, cercas o fosos van a establecer la separación entre dos mundos y permitir conocer de forma inequívoca qué partes del territorio estaban ordenadas de forma distinta. El límite se vincula a la identidad. Existe un dentro y un fuera no pocas veces sometidos a regímenes legales y de dominio muy diferentes.

Dentro de estos límites, la sociedad urbana construye un orden diferente del exterior. Manipula el espacio para dar lugar a unas estructuras distintas. Esta manipulación no es, inicialmente, gratuita, sino que responde a motivaciones más o menos conscientes. Para la sociedad urbana se trata, por una parte, de convertir un espacio natural cuyo comportamiento le resulta difícil de predecir en un medio mucho más aprensible, de relaciones conocidas y que genere un espacio de certidumbre para llevar a cabo el conjunto de actividades que la definen como tal sociedad: domesticar, en el más preciso sentido de la palabra, la naturaleza.

“La arquitectura de la ciudad no es un proceso instantáneo, ni estático, ni, por supuesto, inocuo. Implica utilización de materiales y de energía y da lugar al nacimiento de un proceso continuo de aporte de nuevos materiales y energía para el desarrollo urbano, tanto como para su adaptación como para su simple mantenimiento”

Esto sería aplicable tanto a la construcción del medio rural artificial como a las propias ciudades, donde se llega más allá en esta sobreposición de orden estructural. Porque se trata, en cierto modo, de conseguir una progresiva optimización de la propia actividad en su conjunto, generando un espacio de acumulación racional de los excedentes de la explotación de la naturaleza inicialmente más organizada. Estos excedentes se acumulan en forma de estructuras con esa apuntada vocación de estabilidad, básicamente construcciones, que desde el principio son inseparables de la creación simultánea de un sistema de dominio (trazados viarios, parcelación) y de usos. Así se establece, desde el principio, una específica relación entre un espacio de producción y un espacio de acumulación en términos materiales y energéticos, inicialmente delimitados de la manera descrita.

Todas las narrativas fundacionales de la arquitectura y de la ciudad, desde Vitruvio o Alberti, coinciden en esta serie de ideas⁴ o principios de economía y duración, con dos objetivos comunes: protección contra las fuerzas naturales y satisfacción de necesidades humanas básicas. La arquitectura de la ciudad, en cualquier caso, no es un proceso instantáneo, ni estático, ni, por supuesto, inocuo. Implica utilización de materiales y de energía y da lugar al nacimiento de un proceso continuo de aporte de nuevos materiales y energía para el desarrollo urbano, tanto como para su adaptación como para su simple mantenimiento. E, igualmente, implica la generación de residuos materiales y energía degradada. La ciudad ya ha sido descrita en multitud de lugares como una máquina térmica al servicio de la producción y de su propio mantenimiento.

Esta máquina térmica se caracterizaría, además, porque no puede llevar a cabo ninguna operación y permanecer siendo idéntica a sí misma. En este tipo de sistemas parece existir una relación entre la energía entrante, la energía disipada y el desarrollo físico de las estructuras en que el resto se acumula bajo la forma de información. Forma, información, organización, orden son conceptos progresivamente intercambiables en la reciente literatura sobre sistemas complejos en evolución, y la ciudad se nos aparece como uno de ellos.

En la ciudad, cada vez que ocurre una transferencia de energía vinculada a la construcción o mantenimiento del soporte edificado, se puede entender que se está intentando sostener o

3 Joseph Rykwert: *La idea de ciudad, antropología de la forma urbana en el Mundo Antiguo*, Blume, Madrid, 1985, pág. 60

4 Sobre este tema, Françoise Choay: *La règle et le modèle. Sur la théorie de l'architecture et de l'urbanisme*, Éditions du Seuil, París, 1980.

incrementar el orden, la información, de manera que, en cierto modo, tal cambio de energía es el precio que se paga para mantener el subsistema urbano. Pero, como veremos, todo cambio energético supone un aumento de entropía, lo que, en principio, debería ser contradictorio con esta progresiva consecución del orden.

2. EL DESORDEN Y LA ENTROPÍA ESTADÍSTICA

El concepto de entropía puede abordarse desde visiones diferentes aunque relacionadas. Dado que la base de nuestra primera tesis se apoya en el concepto de orden, recurriremos a la entropía estadística para precisarlo algo más. Se supone que cada distribución de probabilidad presenta una entropía asociada. Si tenemos ordenados todos nuestros libros en una estantería, la probabilidad de encontrar el que buscamos es muy alta. Se dice entonces que la entropía estadística correspondiente es baja. Si unos ladrones asaltan nuestra casa, tiran todos los libros de la estantería y los esparcen por las distintas habitaciones, la probabilidad de encontrar un libro desciende y la entropía estadística aumenta. El supuesto de que todos los libros estén distribuidos de forma uniforme por la casa corresponderá a la entropía estadística máxima. La explosión del Krakatoa, el 26 de agosto de 1883, fue para Rudolf Clausius el equivalente natural de estos ladrones desordenantes, una catástrofe de enormes consecuencias térmicas, pero igualmente capaz de desorganizar instantáneamente siglos de organización, de construcción artificial del territorio. Varios años antes, Clausius había enunciado su segunda ley de la termodinámica por la que cualquier cambio natural de energía comportaba un necesario aumento de entropía y que el balance de cambios positivos y negativos siempre era favorable a los primeros. Dicho de otra manera, la entropía del universo o de cualquier sistema cerrado aumentaría, de manera que cualquier disminución local se haría a costa de exportar entropía al entorno.

Ludwig Boltzmann sentó en 1909 las bases de la relación entre la entropía estadística y la entropía térmica, a partir de los trabajos de Maxwell sobre la vinculación entre la distribución estadística de las partículas de un gas y las características del conjunto. Para Boltzmann, los estados más desordenados son estadísticamente más probables y, por tanto, aquellos a los que el sistema tiende naturalmente. La concepción de la entropía como medida estadística del desorden o de la desorganización tiene, además, la consecuencia de su extrapolación a otros ámbitos de conocimiento.

Siguiendo a Peter Landsberg, podemos definir el desorden como “la entropía existente dividida por la entropía máxima alcanzable”.⁵ De forma que la suma del desorden así definido y del orden será igual a uno. Esta forma de entender la relación entre entropía estadística y orden nos permite integrar el tópico bien conocido de que la entropía y el desorden aumentan o disminuyen conjuntamente. Hace más de veinticinco años que uno de los autores de este artículo calculó la entropía estadística que se producía en diversos sectores urbanos de la ciudad de Madrid⁶ y llegó a la conclusión de que, en términos generales, esta entropía aumentaba desde las zonas más periféricas y actuales a las más centrales y antiguas. Parece, pues, que existe en la disposición de los elementos urbanos una cierta tendencia a un incremento del desorden con el transcurso del tiempo.

Las ciudades más jóvenes, las áreas urbanas recién creadas, parece como si trataran de diferenciarse del territorio que las rodeara estableciendo un orden muy estricto, lo que significa una baja entropía. Es necesario precisar que este orden no ha de ser necesariamente “geométrico”. En realidad, tiene que ver tanto con áreas jóvenes como con áreas planificadas con un diseño más cerrado y construcción en un intervalo menor de tiempo. Los espacios centrales, sujetos a continuas transformaciones de tipos por sustituciones sucesivas de la edificación, que no pocas veces se asocian a progresiva segregación de la parcelación, son habitualmente leídos como más irregulares, como lo son, en menor medida, los ensanches decimonónicos. Su férreo trazado, muchas veces en retícula estricta, no ha impedido su colmatación con gran variedad de tipos, debido, por ejemplo, a la progresiva modificación de las ordenanzas a lo largo de las muchas décadas que ha durado la construcción de esta ciudad, planificada para ser ejecutada a más o menos largo plazo.

5 Peter T. Landsberg: “La búsqueda de la certeza en un universo probabilístico” en Jorge Wagensberg (Ed.): *Proceso al azar*, Tusquets, Barcelona, 1986, p. 30.

6 Puede verse José Fariña: “Cálculo de la entropía producida en diversas zonas de Madrid” en *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 10, Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, ETSAM, Madrid, 1995.

“El orden urbano de las periferias modernas implica un alto grado de certidumbre en el conocimiento del espacio y en la anticipación de sus posibles desarrollos, mucho más limitados que en la ciudad tradicional. No sorprende que las realizaciones más ordenadas, las mayores subversiones del orden natural, coincidan con momentos de exacerbado humanismo o de optimismo tecnológico como, por ejemplo, el presente”

El tiempo contribuye a este aumento de desorden, de entropía, factor que no es tenido en cuenta en los modernos proyectos de periferia con vocación finalista y que apenas consideran la posibilidad de transformación que, por otra parte, les es inherente, además de la preferencia por una distribución de muy pocos elementos, tanto longitudes de tramos, formas y tamaños parcelarios y tipos edificados. Directamente relacionada con este tema aparece la progresiva preferencia por unidades de promoción cada vez más grandes, que da lugar igualmente a objetos de gran tamaño, sean megaestructuras comerciales, manzanas residenciales formadas por un único edificio o modernas promociones de vivienda unifamiliar en hilera, en las que, incluso en el caso de posteriores subdivisiones en parcela menuda, sus ligaduras formales, constructivas y legales impiden contemplarlas como una segregación efectiva. En este caso, el orden urbano de las periferias modernas implica no sólo un alto grado de certidumbre en el conocimiento del espacio, sino igualmente en la anticipación de sus posibles desarrollos, mucho más limitados que en la ciudad tradicional. No sorprende que las realizaciones más ordenadas, las mayores subversiones del orden natural, coincidan con momentos de exacerbado humanismo o de optimismo tecnológico como, por ejemplo, el presente.⁷

3. ENTROPÍA Y NEGUENTROPÍA

Porque la ciudad no es un sistema estático. Se están produciendo cambios de manera casi permanente, más o menos continua, a veces incluso catastrófica.⁸ Algunos de estos cambios suponen, de manera específica, transformaciones de la propia organización, orden o estructura urbana. Como hemos visto, desde el origen de la ciudad se ha producido una diferenciación elemental vinculada de manera muy significativa a la unidad de propiedad, es decir, a la parcelación. Esto tiene un interés añadido específico puesto que es en este plano donde se produce el conflicto entre el interés privado y la progresiva construcción de interés público que es, de hecho, el campo de acción (tanto de regulación como de acción directa) del urbanismo, conflicto que va a dar lugar, además, al propio desarrollo urbano, cuya transformación se lleva a cabo, necesariamente, en el interior de cada parcela.

La concepción elemental necesaria para el entendimiento de un orden puede vincularse a las parcelas urbanas y al contenido de las mismas. Este contenido se debe interpretar de manera simultánea (de manera no exhaustiva) como contenido edificado, funcional, económico o jurídico. La diferenciación elemental a que nos referimos (diferenciación de contenidos) conlleva el establecimiento de una serie de relaciones de complementariedad ligadas a la mayor o menor especialización de los propios contenidos. Además, como hemos apuntado, se ha establecido una peculiar relación entre la ciudad y un entorno de campo que lo abastece, diferenciación que supone, igualmente, una complementariedad, dando lugar a la situación de un orden urbano y un orden no urbano separados por una muralla, cerca o cualquier otro modo de límite físico o legal, que requiere ciertas condiciones para su mantenimiento.

Si partimos de un sistema cerrado, el segundo principio de la termodinámica nos dice que, de forma inexorable, llegará un momento en el que se produzca la “muerte térmica”, lo que significa, en definitiva, la equiprobabilidad, la entropía máxima en términos estadísticos. Para evitarlo, el sistema sólo tiene una solución: recibir un aporte energético externo. Veamos la situación de la Tierra. En principio, salvo catástrofes tales como el choque con un enorme meteorito o las escasas “fugas” de la aventura espacial, el intercambio de materia con el exterior podría considerarse despreciable. No así el de energía. La Tierra recibe un aporte continuado de energía solar, aporte que le ha permitido establecer un “orden” que es lo que llamamos naturaleza. Este orden se ha mantenido en un complicado equilibrio hasta el momento actual. Se podría entender la naturaleza, desde este punto de vista, como el orden más estricto posible compatible con la energía que recibe la Tierra.⁹

Las ciudades, como hemos visto, se pueden entender como el establecimiento de un orden distinto, creándose un subsistema dentro del peculiar sistema Tierra. Un subsistema de entropía más baja que el sistema naturaleza.¹⁰ Es decir, es un subsistema en el cual el orden estadístico es mayor. Para mantenerlo sólo hay dos soluciones: o bien conseguimos aportes adicionales de energía, o bien

7 Sin pretender entrar en este modesto artículo en disquisiciones de tipo matemático, existe una regla que vincula el número y la multiplicidad de elementos con el tamaño relativo de los mismos, que explica, entre otros temas, la profusión de lo pequeño en la naturaleza e igualmente en las ciudades maduras, donde las grandes fieras allí y las megaestructuras aquí son necesariamente escasas en número absoluto tanto como en el conjunto de la biomasa / edificabilidad, regla inseparable de esta visión entrópica de cada sistema.

8 Jugando con el doble significado, no equivalente, de transformaciones vinculadas a catástrofes de algún tipo o modelos de transformación no lineales de acuerdo con la taxonomía de René Thom: *Stabilité structurelle et morphogénèse*, 1977.

9 Bien entendido que no se trata de un orden estático, sino que va evolucionando de forma claramente apreciable. Pueden encontrarse algunas magníficas ideas al respecto en Ramón Margalef: “Variaciones sobre el tema de la selección natural. Exploración, selección y decisión en sistemas complejos de baja energía” en *Proceso al azar*, pp. 121-141.

10 Éste es un punto espinoso cuya discusión no cabe en un artículo como el presente. Valga como aproximación que si esto no fuera así, el mundo no tendría ningún motivo de preocupación: el coste exergético y la producción de desechos mejorarían respecto a los “naturales”. Un magnífico análisis del tema puede encontrarse en Naredo y Valero (Dir.): *Desarrollo ecológico y deterioro ecológico*, Visor, Madrid, 1999.

utilizamos parte de la energía que se consume en conseguir el “orden de la naturaleza”. Ya se discutirá más adelante esta posibilidad. Centrémonos ahora en la segunda, que es lo que en la literatura ecológica se conoce como “ceder entropía positiva al medio”. Por ejemplo, Bettini afirma: “un sistema abierto (una ciudad) puede, por lo tanto, mantenerse en un estado ordenado cediendo entropía positiva al medioambiente circundante (es decir, desordenándolo) en forma de calor y de sustancias químicas degradadas, al tiempo que captura entropía negativa”¹¹. Independientemente de la mezcla de conceptos que se producen en párrafos como el anterior, lo que sí parece claro es que:

- a) Para mantener un orden más estricto que el “natural” con un aporte constante de energía exterior resulta imprescindible acumular cuotas mayores de esta energía en aquellas áreas en las cuales se ha determinado que exista este orden. Por eso resulta tan importante diferenciar qué áreas del territorio van a resultar privilegiadas. De ahí que el primer acto en la fundación de una ciudad sea el de fijar los límites. A partir de un determinado momento histórico, la humanidad va a fijar su orden, va a tomar posesión del mismo y va a dejar, en el mejor de los casos, “todo lo exterior” abandonado a su suerte.
- b) Esta acumulación de cuotas mayores de energía al principio se hace de forma tímida, acudiendo a subvertir el orden natural (por ejemplo, realizando deforestaciones que lo que aumenta la entropía de la naturaleza). Y, luego, acudiendo a las reservas de energía creadas a lo largo de los siglos (minerales, petróleo, gas), consumiéndolas a un ritmo que hace imposible su renovación. Este tema es importante. La ciudad es un espacio que, inicialmente, no está diseñado para captar energía solar aunque ciertas técnicas climáticas clásicas o modernas permitirían un mejor aprovechamiento de la radiación incidente.
- c) La energía que traspasa los límites urbanos y entra en la ciudad tiene, por una parte, el objetivo de alimentar procesos metabólicos internos, que son función del número de habitantes y sus necesidades de consumo y que contemplamos como una construcción cultural. Pero otra fracción está directamente vinculada a nuestra visión urbanística. Es la que tiene que ver con el triple proceso relacionado con esta estructura estable: construcción de la misma, en procesos de implantación o extensión (lo que, en términos de Cerdá, no es sino urbanización), desarrollo, adaptación y sustitución y, en tercer lugar, mantenimiento y rehabilitación. También ligada a la visión urbanística estaría la fracción destinada a alimentar la movilidad, función inseparable de la distribución de usos y funciones en el espacio urbano.

“Para mantener un orden más estricto que el ‘natural’, con un aporte constante de energía exterior, resulta imprescindible acumular cuotas mayores de esta energía en aquellas áreas en las cuales se ha determinado que exista este orden. Por eso resulta tan importante diferenciar qué áreas del territorio van a resultar privilegiadas”

Sin embargo, la naturaleza en sí misma ofrece muestras de comportamientos a los que éstos de la ciudad no son ajenos. La segunda ley establece de manera inexorable el aumento de entropía en cualquier proceso de intercambio de materia y energía. Sin embargo, los seres vivos son igualmente sistemas de baja energía y alta organización (y los procesos de selección natural y evolución apuntan hacia una progresiva magnificación de estas características), lo que vendría a contradecir el segundo principio si no fuera porque se trata de sistemas abiertos. Un sistema local gana en orden a costa de desordenar el entorno. Así se llegó a acuñar para los sistemas vivos la idea de entropía negativa o *neguentropía*. Los seres vivos son estructuras, utilizando la terminología de Prigogine, disipativas, que mantienen su identidad pese a los cambios en su interior (crecimiento, sustitución de elementos, actividad metabólica) importando energía en formas útiles y exportando formas degradadas: calor y residuos.¹² Recientes estudios apuntan cómo la tendencia de las formas de vida en perpetuarse a sí mismas está relacionada de manera directa con la maximización de la producción de entropía en el universo.¹³

Los trabajos sobre sistemas vivos han sido extrapolados a los ecosistemas¹⁴, donde el progresivo incremento de organización de los seres vivos va acompañado de un incremento de la organización en la distribución de los mismos y sus relaciones y, más recientemente y de manera a veces no separada, a sistemas sociales, entre los que estaría la ciudad; trabajos en los que se insertan

11 Virginio Bettini: *Elementi di ecologia urbana*, Einaudi, Turín, 1996.

12 Una de las primeras visiones de este tema se remonta a la obra de Erwin Schrödinger: *What is Life? The physical Aspect of the living Cell*, Cambridge University Press, 1944.

13 Lynn Margulis y Dorion Sagan: *What is Life?*, Nevraumont, Nueva York 1995: “Nuestro propio frenético afán de sobrevivir y prosperar (y el del resto de la vida) podría ser una forma especial de organización que el universo ha adoptado desde hace 4.000 millones de años para obedecer la segunda ley de la termodinámica”.

14 Por ejemplo, los trabajos de Ramón Margalef, entre los que se puede destacar *La biosfera entre la termodinámica y el juego*, Omega, Barcelona, 1980.

algunos realizados por quienes firman este artículo.¹⁵ Tanto en los ecosistemas como en las propias ciudades, el desarrollo de los mismos tiende a incrementar la cantidad de energía captada y utilizada pero, mientras en el caso de los primeros dicha utilización tiende a minimizar la exergía de la energía saliente, en el caso de los sistemas urbanos ello depende del patrón de organización en distintas escalas, esto es, de la complejidad, lo que debe ser motivo de otro estudio.

4. SOBRE LA FORMA DE MANTENER EL ORDEN EN LA CIUDAD

La definición de orden (o desorden) de Landsberg tiene una ventaja sobre las tradicionales. Y es que permite igualmente explicar este caso, aparentemente anómalo, pero que se está produciendo en el momento actual en las ciudades. Como se explicó en el segundo apartado, entropía y desorden aumentan simultáneamente. Sin embargo, puede existir una forma de mantener, o incluso de aumentar el orden (o disminuir el desorden), aunque aumente la entropía: haciendo que la entropía máxima posible aumente a mayor ritmo que la existente. Para conseguirlo, basta con aumentar el ámbito en que se produce. En el ejemplo de la librería, aumentando la superficie de la casa: en una casa de mayor superficie la entropía estadística máxima posible aumenta, con lo que aumentamos el denominador de la definición de desorden. En estas condiciones, aunque la entropía actual aumente (por ejemplo colocando dos estanterías en dos sitios distintos), si la superficie aumenta lo necesario, es posible que el desorden global disminuya.

Traducido en términos de ciudad, podemos mantener el orden, aunque aumente la entropía, incrementando la extensión del ámbito urbano. Históricamente, llega un momento en que las cercas y las murallas desaparecen. Es un momento muy importante en la historia del urbanismo. Después de las dificultades por las que pasaron las ciudades en la época más dura de la Revolución Industrial, cuando incluso se pensó en la imposibilidad de mantener el orden urbano, se plantearon varias soluciones. Una de ellas, por supuesto, fue la de extender las ciudades. Era una forma económica de disminuir el desorden con poco coste energético (incluso podía pensarse que, a la vez, aumentara la entropía). Habría que estudiar detenidamente esta cuestión bajo esta nueva perspectiva que ahora sólo nos sirve de apoyo para dar un paso más en la caracterización del fenómeno urbano a la luz del concepto de orden.

Si hasta la aparición del automóvil, y aún sin cercas ni murallas, la extensión de la ciudad estaba razonablemente controlada, este control desaparece cuando la práctica totalidad del territorio es accesible para el sistema urbano, al generalizarse el uso del vehículo mecanizado privado en la práctica totalidad del mundo desarrollado. Se produce entonces un aumento importante en la entropía máxima posible, con lo que el mantenimiento del orden parece asegurado. Empiezan así a encajar algunas piezas aparentemente incomprensibles para casi todos los planificadores urbanos. Por ejemplo, en buena parte de las legislaciones (como la española), se pasa de una visión del suelo no urbanizable como la “vocación” natural del territorio, a pensar que esta vocación es la de ser urbanizado. Estamos consiguiendo mantener el orden global del sistema urbano en una huida hacia delante que nadie sabe cuándo ni dónde terminará.

Mientras que para los antiguos griegos superar un límite establecido de población implicaba la necesidad de una nueva fundación urbana, con su correspondiente área de influencia y soporte de abastecimiento de energía y materiales a ritmos más o menos renovables, las ciudades modernas, sobre todo a partir del gran incremento poblacional y las nuevas formas de acumulación económica surgidas con la revolución industrial, están experimentando crecimientos que no sólo se corresponden con dicho aumento de población, lo que está obligando a extender igualmente la superficie de abastecimiento y, nos atreveríamos a decir, exportación de entropía. En principio, las estructuras coloniales –hoy día las modernas estructuras de liberalización económica a escala global– son fenómenos que no pueden desligarse de esta visión urbanística.

5. EL ORDEN URBANO EN EL MOMENTO ACTUAL

Así planteado el tema, nos encontramos ante algunos hechos sobre los que sería necesario reflexionar:

¹⁵ Javier Ruiz Sánchez: *Complejidad urbana y determinación. Estructuras comunicativas y planeamiento urbano en el desarrollo del Área Metropolitana de Madrid*, BOE-Universidad Carlos III, Madrid, 2002.

“La disminución de la entropía sólo es posible exportándola al medio exterior que, en el momento histórico que nos ha tocado vivir, es el llamado “medio natural” (se trata de la conocida *huella ecológica*)”

- a) Las ciudades se caracterizan por exhibir un orden estadístico más estricto que el aparentemente equilibrado con los *inputs* de energía que muestra el llamado “medio natural” (medio no urbano, ambiente externo, etc., o como quiera que se llame). Este orden ha aumentado con el tiempo, aunque de forma desigual en los países desarrollados y del tercer mundo.
- b) Para mantener este orden la humanidad ha recurrido a todos los procedimientos posibles que, en realidad, pueden sintetizarse en sólo dos: disminuir la entropía actual o aumentar la entropía máxima posible.
- c) La disminución de la entropía sólo es posible exportándola al medio exterior que, en el momento histórico que nos ha tocado vivir, es el llamado “medio natural” (se trata de la conocida *huella ecológica*). Esta exportación está llegando al punto del colapso debido a que el medio no urbano es cada vez más pequeño y cuenta con un margen de maniobra más reducido. Esta segunda causa se deriva del hecho de que están a punto de agotarse las reservas que el medio había creado mediante una utilización eficiente de la energía recibida. Es decir, la relación entre orden y energía fue durante muchos años favorable a esta última, lo que permitió acumular un plus de orden que prácticamente ha desaparecido.
- d) El aumento de la entropía máxima posible ha llegado también a una situación límite: lo único que no es urbano (o es susceptible de serlo) es lo que estrictamente se delimita como protegido, que, en los países desarrollados, comienza a ser una cuestión meramente testimonial.

Ante esta situación, sólo aparecen como posibles dos soluciones: disminuir el orden urbano o conseguir un mayor aporte energético. Descartada de momento la segunda opción, aunque más adelante discutiremos someramente esta posibilidad, queda la primera. Disminuir el orden urbano significa, básicamente, disminuir lo que se entiende por “calidad de vida”. Esto es lo que, en el ámbito mundial, se está intentado hacer de muy diversas maneras: reciclaje de residuos, sistemas de menor consumo energético, utilización de elementos menos contaminantes, etc. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, se trata de simples eufemismos que lo único que intentan es mantener los grados de orden conseguidos en determinadas áreas del planeta a costa de que otras jamás podrán acceder a estos niveles. Desde el clásico *The Entropy Law and the Economic Process*, de Nicholas Georgescu-Roegen, existe abundante literatura al respecto, incluyendo los estudios sobre límites del crecimiento o el bien conocido *Informe Brundtland*, que acuña institucionalmente el concepto de sostenibilidad.

6. LA ENTROPÍA COMO INFORMACIÓN

Hasta ahora hemos hablado de dos formas de entender la entropía que, como hemos visto, están íntimamente relacionadas con el concepto de orden: la entropía estadística y la termodinámica. Pero existe una tercera ya apuntada que es la entropía desde el punto de vista de la Teoría de la Información. Sin embargo, el concepto de orden que subyace en la misma es mucho menos aprensible al estar directamente relacionado con la capacidad de comprensión (es decir, de utilización de la información) por parte del receptor del mensaje. Los “anti-catastrofistas” han encontrado en esta opción una salida a la posibilidad de mantener los ojos cerrados a las evidencias apuntadas en párrafos anteriores.

El vínculo entre entropía e información se debe, como es bien conocido, a los trabajos de Claude Shannon¹⁶ en el entorno de los Laboratorios Bell.¹⁷ Para Shannon, el supuesto de aleatoriedad máxima, entropía estadística máxima, se produciría cuando la información para describir el estado de la situación es igualmente máxima. Aquí Shannon contradice a autores anteriores, identificando directamente entropía con información, frente a la clásica contraposición. En su ecuación, formalmente equivalente a la entropía estadística de Boltzmann salvo en la interpretación del signo de la misma, la información depende tanto de la probabilidad como de la improbabilidad de la existencia de un elemento concreto. En una distribución de elementos, las probabilidades de elección de un elemento 0 y 1 corresponden a la mínima información, siendo ésta máxima para una probabilidad de 0,5 equilibrio entre certidumbre e incertidumbre.

El fondo del tema es el siguiente: una degradación local de la energía normalmente lleva aparejada un aumento (o mantenimiento) del orden que se puede expresar también en términos de

¹⁶ Claude E. Shannon y Warren Weaver: *A Mathematical Theory of Information*, Urbana, Illinois 1949.

¹⁷ Sobre aspectos relacionados con cómo se produjo esta identificación puede consultarse N. Katherine Hayles: *Chaos Bound. Orderly disorder in Contemporary Literature and Science*, Cornell University Press, 1990.

“Los procesos de urbanización y las transformaciones internas de las parcelas urbanizadas y las relaciones entre las mismas pueden y deben ser entendidas en términos entrópicos. Entropía, que o bien supone un aumento de desorden estadístico en la ciudad o un aumento de entropía en el entorno (considerando el subsistema urbano como abierto)”

información. Si la información se entendiera de forma abstracta, simplemente midiendo los *bits* producidos, no habría problemas ya que la equivalencia con el orden estadístico es una equivalencia directa. Pero si se entiende la información en términos de “información significativa” entramos en un campo, hasta el momento, puramente especulativo.

Todas las líneas de investigación abiertas durante los años sesenta relativas a este tema están hoy prácticamente cerradas y no parece muy sencillo reabrir las, aunque algunas tendencias, apoyadas en el conjunto de las ciencias de la complejidad, apuntan temas de interés. En este momento, entendemos que no es fácil abordar el problema con un mínimo de racionalidad. Se puede “creer” que este aumento de información pueda, en su momento, ofrecer otra salida que no sea la de reducir el orden para conseguir hacer sostenible el sistema urbano pero, en las circunstancias actuales, no deja de ser una esperanza.

En conclusión, tanto los procesos de urbanización en sentido amplio, como las transformaciones internas de las parcelas urbanizadas y las relaciones entre las mismas (relaciones que no suponen sino movimiento, de personas, de materiales, de información) pueden y deben ser entendidas en términos entrópicos. Entropía que, o bien supone un aumento de desorden estadístico en la ciudad o un aumento de entropía en el entorno (considerando el subsistema urbano como abierto).

La ciudad es un sistema que degrada energía porque de dicha degradación depende el orden, es decir, el funcionamiento y la estructura de la misma. La posición relativa de las funciones complementarias, el grado de transformación (no es, a efectos energéticos, comparable una operación de extensión con una rehabilitación o con el mero mantenimiento), los modos de desplazamiento o movilidad (canales y vehículos)¹⁸ pueden dar lugar a que dicha degradación se produzca en uno u otro grado, a mayor o menor velocidad.

La ciudad que entendemos como tradicional presenta, aparentemente, un mejor comportamiento que las modernas áreas metropolitanas.¹⁹ La complejidad urbana²⁰ de la ciudad tradicional se manifiesta en todas las escalas, adoptando modelos de proximidad, de movilidad eficiente y resultando ejemplar en su preferencia por la reutilización frente a la renovación urbana. Las propias limitaciones técnicas obligaron en su día a la sociedad urbana a convivir con su entorno (de hecho, la ciudad es en cierto modo el instrumento de integración de dicha sociedad en el ecosistema a que pertenece) lo que se manifestó, por ejemplo, en el abastecimiento de materia y energía y en la eliminación de residuos, en ambos casos llevados a cabo en el entorno rural inmediato y mediante unos mecanismos tales que la degradación entrópica pudiera ser contrarrestada por el aporte solar y siendo ésta la única condición de apertura que garantizaba una hipotética sostenibilidad del sistema.

No queremos decir con esto que la solución sea la de volver a la ciudad medieval, sino que, probablemente, sea necesario cambiar (¿disminuir?) el orden urbano tal y como hoy se entiende. Un orden cuyo mantenimiento requiera menos recursos y genere menos residuos. Es decir, un orden más eficiente. Ya hace muchos años que C. Alexander nos advirtió que la ciudad no era un árbol sino un semi-retículo. La planificación se ha empeñado durante muchos años en construir relaciones jerárquicas arborescentes. Como no lo ha podido hacer en el semi-reticulado interior de la ciudad histórica, se ha lanzado a ocupar “el entorno”. El resultado puede verse en el plano de las áreas metropolitanas de cualquier país del llamado “primer mundo” (clase preferente).

18 En el número dos de esta misma revista puede encontrarse una discusión sobre las diferencias producidas en las pautas de movilidad en el artículo de José Fariña y Julio Pozueta titulado “La movilidad en los tejidos residenciales del suburbio disperso”.

19 Esta defensa de la ciudad compacta desde el punto de vista sostenible puede leerse en muchos lugares. Por ejemplo, Salvador Rueda: “Modelos de ciudad más sostenible. Estrategias para competir” en VVAA: *Ciudad para la sociedad del siglo XXI*, Ícaro, Valencia, 2001.

20 Hemos tratado, conscientemente, de evitar mencionar la palabra ‘complejidad’ en este artículo con una intención puramente didáctica, para no complicar demasiado las cosas en un acercamiento introductorio al tema. Dejaremos la exploración de la ciudad como fenómeno complejo para otra ocasión.