

Complejidad, Caos y Entropía. O cómo entender el orden evolutivo de las ciudades

Complexity, Chaos and Entropy. Or how understanding the
evolutionary order of cities

Francisco Javier Parada Pino

Recibido: 2020.04.30

Aceptado: 2020.06.17

Francisco Javier Parada Pino

Univ. Politécnica de Madrid - ETSAM
franciscojavier.parada.pino@gmail.com
Arquitecto e Investigador Académico,
Santiago de Chile (2009). Doctorando
en Estudios Transversales de Arqui-
tectura y Urbanismo, en la ETSAM,
Universidad Politécnica de Madrid. Su
trabajo de investigación se concentra
principalmente en el estudio de la com-
plejidad y entropía urbana. De manera
paralela ejerce la profesión como socio
en P+S Estudio de Arquitectura, con
sede en Madrid.

Resumen

La ciudad es un sistema complejo de organización y comunicación. La correcta lectura de su mecánica evolutiva, requiere entender necesariamente sus particulares estructuras de orden, las que naturalmente subvierten las ideas tradicionales que tenemos al respecto, o al menos, escapan de las nociones estrictas de orden que observamos en las herramientas de planificación y diseño urbano tradicionales.

En este sentido, el objetivo principal de este documento se concentra en establecer una aproximación a los conceptos de caos, complejidad, y entropía urbana, como principios fundamentales para dilucidar la naturaleza del orden evolutivo en nuestras ciudades. La ciudad es un sistema dinámico que, como tal, no configura un orden estático, por lo que se hace necesario situar la discusión bajo principios que han sido materia de reflexión y estudio de otras disciplinas como, la física, la biología, y la química, pero que de manera natural, orbitan el quehacer organizacional de la ciudad como sistema dinámico de orden.

Palabras clave: Complejidad Urbana; Caos; Entropía; Autopoiesis; Orden

Abstract

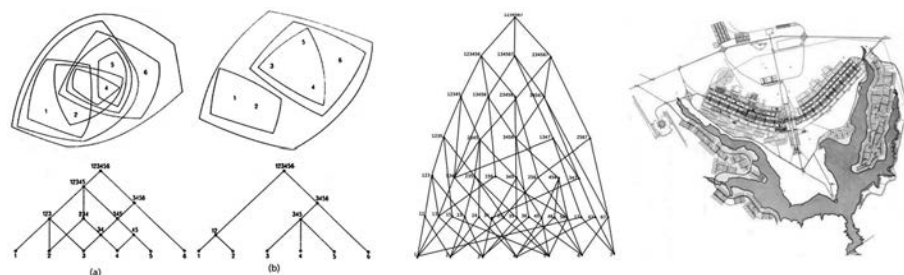
The city is a complex system of organization and communication. The correct reading of its evolutionary mechanics necessarily requires understanding its particular order structures, which naturally subvert the traditional ideas that we have in this regard, or at least, escape the strict notions of order that we observe in urban planning and design tools traditional.

In this sense, the main objective of this document is focused on establishing an approach to the concepts of chaos, complexity, and urban entropy, as fundamental principles to elucidate the nature of the evolutionary order in our cities. The city is a dynamic system, which as such does not configure a static order, so it is necessary to place the discussion under principles that have been the subject of reflection and study in other disciplines such as physics, biology, and chemistry, but which naturally orbit the organizational principles of the city as a dynamic system of order.

Key words: Urban Complexity; Chaos; Entropy; Autopoiesis; Order.

Complejidad y Evolución

Cuando en 1965, Christopher Alexander establecía la diferencia entre aquellas ciudades que han conseguido progresar —evolucionar— de manera espontánea a través de los años, catalogándolas como “ciudades naturales”, en comparación con aquellas que habían sido creadas por la acción, total o parcial de planificadores urbanos, a las que hacía mención como “ciudades artificiales”¹; indirectamente, no hacía otra cosa que hablar de complejidad en el proceso evolutivo de las urbes; abriendo así la discusión respecto a la naturaleza dinámica de nuestras ciudades, e incorporando su observación al fenómeno de los sistemas complejos. (Fig. 1)



- 1 Christopher Alexander, “A City is not a tree”, *Architectural Forum* 122, nº 1 (1965): 58-62.

Figura 1. (Izquierda) Conjuntos de relaciones con estructura de árbol; (Centro) semi-trama; (Derecha) el caso de Brasilia como ciudad con estructura de árbol. Fuente: Christopher Alexander, “A City is not a tree”, *Architectural Forum* 122, nº 1 (1965): 58-62.

En este sentido, la intención es profundizar en el amplio campo definido por el estudio de la complejidad, sin querer pretender de manera alguna llegar a establecer una definición absoluta, para un concepto que aún continua sin consenso en su definición; pero que como señalaba el físico Jorge Wagensberg, pese a su indeterminación, establece una ruta posible para descifrar la estructura y evolución de los denominados sistemas complejos.

*Un concepto que la ciencia moderna intenta aprehender sin haber conseguido todavía definir satisfactoriamente. Es la complejidad. Las preocupaciones fundamentales son dos: el cambio y la relación entre los todos y sus partes. La primera se refiere a la estabilidad y la evolución, la segunda a la estructura y la función.*²

Para las pretensiones de este documento, nos ampararemos en los consensos ya alcanzados por diversos estudiosos de la complejidad³, quienes han intentado ir despejando la nebulosa respecto a qué hacemos referencia cuando hablamos de complejidad.

*¿Qué es complejidad? A primera vista la complejidad es un tejido (Complexus: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo único y lo múltiple. Al mirar con más atención la complejidad es, efectivamente, el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico.*⁴

La complejidad solo es posible mediante la acumulación de información que adquiere un sistema en el transcurso del tiempo, siendo esta variable, un componente fundamental para que los denominados sistemas complejos —en este caso, la ciudad— puedan evolucionar. Complejidad y evolución son conceptos que ineludiblemente caminan juntos, e intentaremos ir dilucidando porqué.

- 2 Jorge Wagensberg, *Ideas sobre la complejidad del mundo* (Barcelona: Tusquets, 1985), 9.

- 3 Es importante mencionar los aportes al respecto de: Ilya Prigogine, Benoît Mandelbrot, Yaneer Bar-Yam, Jorge Wagensberg, Edgar Morin; entre otros varios autores.

- 4 Edgar Morin, *Introducción al pensamiento complejo* (Barcelona: Gedisa, 20

5 El espacio social se entenderá, de acuerdo a lo señalado por Constant: “El espacio social es, en realidad, el espacio concreto de los encuentros, de los contactos entre los seres”. Configura la expresión de lo público, lo comunitario, lo compartido. Aquello que solo puede construirse en la relación con los demás. Constant Nieuwenhuys, *La nueva Babilonia* (Barcelona: Gustavo Gili, 2009), 12.

6 Michel Baranger, “Chaos, Complexity, and Entropy: A physics talk for non-physicists”, *New England Complex Systems Institute* (April, 2000): 9-11.

7 *Ibidem*, 10.

8 Los sistemas dinámicos son aquellos capaces de establecer procesos de transformación (evolución) en el tiempo de manera no lineal. Ver: Jay Forrester, *Principles of Systems* (Cambridge: Wright-Allen Press, 1968). Para el desarrollo de este artículo entenderemos el sujeto de investigación, la ciudad, como parte de ellos.

9 Javier Ruíz, “Sistemas urbanos complejos. Acción y comunicación”, *Cuadernos de investigación urbanística*, 32 (2001): 5-63.

10 Norbert Wiener, *Cybernetics, Or control and communication in the animal and the machine* (New York: John Wiley & Sons, 1948).

Más allá de la diversidad de autores y posiciones frente al tema, y en línea con lo señalado por el físico Michel Baranger, es posible distinguir una serie de características comunes que definen el comportamiento de los sistemas complejos. Muchas de estas características son equivalentes a las que presentan diversos sistemas biológicos, y nos pueden permitir establecer una relación directa respecto al funcionamiento del sistema urbano, como un sistema complejo, y a la producción misma del espacio social⁵, como escenario complejo de relaciones.

Algunas características de los sistemas complejos son:

1. Los sistemas complejos contienen muchos constituyentes interactuando no linealmente.
2. Los constituyentes de un sistema complejo son interdependientes.
3. Un sistema complejo posee una estructura que atraviesa varias escalas.
4. Un sistema complejo es capaz de comportamiento emergente.
5. Complejidad involucra una interacción entre caos y no caos.
6. Complejidad involucra la interacción entre cooperación y competencia⁶.

De todas las características enunciadas, cobra vital importancia para la estructura de esta investigación, la manera en cómo un sistema complejo es capaz de comportamiento emergente. Esto hace relación a que, si cambia la escala de observación de un componente del sistema, este no puede entenderse individualmente, ya que está comprometido con la estructura global del sistema.

*La combinación de estructura y emergencia conduce a auto-organización, que es lo que ocurre cuando un comportamiento emergente tiene el efecto de cambiar la estructura o de crear una nueva estructura.*⁷

Ahora bien, antes que nada debemos marcar algunas premisas y establecer una serie de precisiones, para intentar así adentrarnos en una materia —la complejidad— que a nuestro juicio, intenta poner en evidencia una mecánica de orden evolutivo inherente a los sistemas dinámicos⁸ —como es el caso de las ciudades— y que operan desde el manejo de conceptos que pudiesen parecer en principio contradictorios a la definición tradicional de orden, como son: el *caos* y la *entropía*; temas que profundizaremos más adelante. Ahora volvamos a la complejidad.

La primera premisa será entonces, que entenderemos la ciudad como un sistema complejo de comunicación e intercambio de información⁹, entendiendo la idea de comunicación e información en su sentido más amplio, y en directa relación con la teoría de la información desarrollada por Shannon (1949) y Wiener (1948); considerando principalmente los preceptos de Wiener, en la idea de

“separar un símbolo de un fondo que contiene muchas señales”.¹⁰

Esto nos obliga a marcar una primera precisión, y es que, para hablar de sistema, debemos considerar necesariamente un entorno con el cual poder establecer ese intercambio comunicativo.

Definiendo así una sinergia sistema-entorno, que será constante en el tiempo, tanto para el funcionamiento, como para la evolución del propio sistema. Trazada a partir de una distinción particular, que se expresa en el binomio diferenciado, pero interdependiente entre sí, de sistema-entorno. El sociólogo alemán Niklas Luhmann, profundizó en esta relación, aplicada a los sistemas sociales, proponiendo una interesante definición de sistema, que refuerza la indisoluble interdependencia para el binomio mencionado.

*La combinación de estructura y emergencia conduce a auto-organización, que es lo que ocurre cuando un comportamiento emergente tiene el efecto de cambiar la estructura o de crear una nueva estructura.*¹¹

Si observamos el comportamiento sistémico de la ciudad, podemos distinguir que aquel proceso de diferenciación, *sistema-entorno*, que menciona Luhmann, puede observarse desde el origen mismo de esta, quedando tempranamente de manifiesto en los ritos urbanos fundacionales, donde se establecía una clara diferencia entre lo que quedaba dentro de la ciudad —el sistema—, de lo que no, el entorno.

Rykwert, respecto a la fundación de Roma señala:

“la parte más importante de todo el rito fundacional, del que ahora me ocupo, era la apertura del *sulcus primigenius*, el surco inicial”.¹²

Evidenciando así la voluntad romana de establecer límites y diferenciar; en definitiva, de establecer una primera estructura de orden, por sobre el orden natural del territorio. Un ejercicio de orden fundacional, que lo que hace no es otra cosa que demarcar espacialmente la primera diferencia entre sistema y entorno (Fig. 2).



11 Niklas Luhmann, *Complejidad y modernidad: De la unidad a la diferencia* (Madrid: Trotta, 1998), 54.

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

Figura 2. Relieve con ceremonia del “*Sulcus Primigenius*” en Aquilea. Fotografía: Elio Ciol. <https://archeologiavocidalpascato.com/> (consulta: 7 de abril de 2020)

Este primer principio de orden proviene del estudio de la geometría corporal del ser humano, e influyó directamente en el quehacer arquitectónico y urbano de Roma, principalmente a través de los principios de simetría y equilibrio. Incluso el mismo Vitruvio, en el tercero de los diez *Libros de la Arquitectura*, hace mención a la manera en que las proporciones del cuerpo humano debían

“gobernar la arquitectura de un templo”¹³.

El ejemplo más relevante al respecto, hace alusión a la pieza del Panteón romano, que responde efectivamente a estos principios de orden vitruvianos (Fig. 3).

13 Richard Sennett, *Carne y piedra. El cuerpo y la ciudad en la civilización occidental* (Madrid: Alianza, 2019), 159.

Vitruvio imaginaba que los brazos se relacionaban con las piernas a través del ombligo, y por lo tanto con el cordón umbilical, la fuente de la vida. Los miembros pueden extenderse así de tal manera que los brazos y las piernas formen líneas: las dos líneas de los miembros se cruzarán en el ombligo. Las puntas de los dedos establecen entonces las líneas del cuadrado. Ese es el cuerpo de Vitrubio, tal y como Leonardo y Serlio lo dibujaron, con el cuadrado inscrito en el interior de un círculo, y este principio vitruviano configura el interior del Panteón.¹⁴

14 *Ibidem*, 160-161.

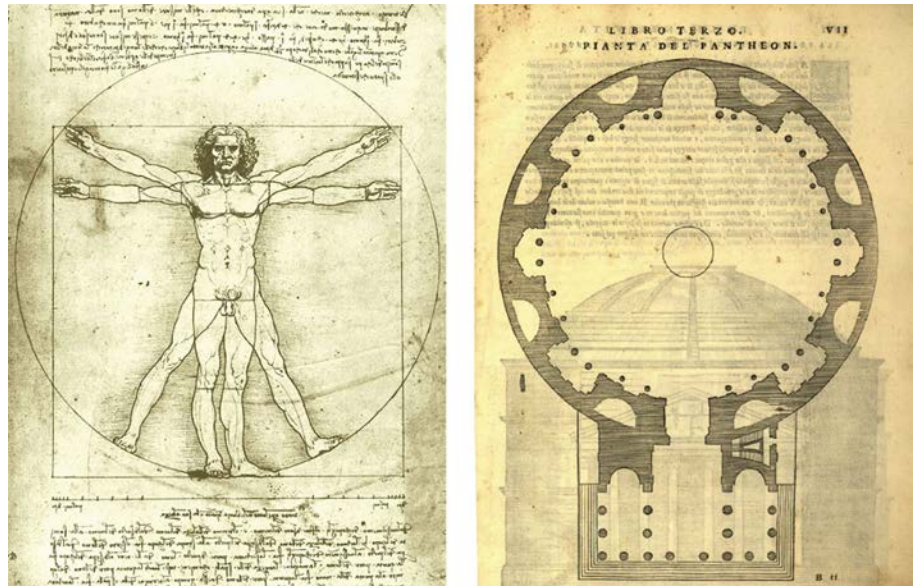
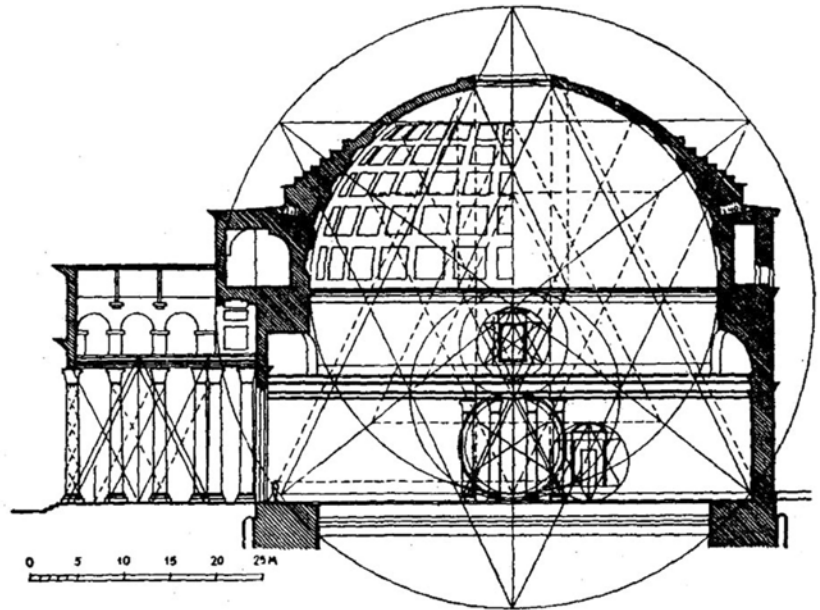


Figura 3. (Superior Izquierda) “El hombre de Vitruvio”, Leonardo Da Vinci 1490. https://brunelleschi.imss.fi.it/stampa_leonardo/pages/uomo_vitruviano_accademia_venezia.html; (consulta: 30 abril de 2020) (Superior Derecha) “Planta del Panteón de Roma” (S.II a. C.) en el tercer libro de Arquitectura de Sebastiano Serlio 1540. Fuente: Arquine.com/Bramante; (Inferior) “Sección del Panteón con análisis de proporciones geométricas; cuadrado y circunferencia”. Fuente: Wladyslaw Tatarkiewicz, *Historia de la estética I. La estética antigua* (Madrid: Akal, 1991), 62.



15 Richard Sennett, *Carne y piedra. El cuerpo y la ciudad en la civilización occidental* (Madrid: Alianza, 2019), 159.

16 Manuel Ruiz, “La ruptura funeraria del pomerium desde su nacimiento y hasta su desaparición. Enterramientos In Urbe”, *Onoba*, no.1 (2013): 187-204.

El orden corporal se conectaba entonces, tanto con la arquitectura como con el urbanismo romano. Sennett mencionaba al respecto cómo los planificadores romanos en el rito fundacional de una ciudad, establecían como primera acción la ubicación del *umbilicus*, como centro de la ciudad, en directa analogía al ombligo del cuerpo¹⁵. Desde allí se ordenaba el trazado del *pomerium* y el *sulcus primigenius*, mencionado anteriormente. Estos dos límites sagrados, a veces confundidos precisamente por su cercanía¹⁶, pero con funciones y materializaciones diferentes. El primero (*pomerium*) demarcaba una primera zona sagrada (*urbs*), funcionando como un límite cerrado y virtual, que diferenciaba la superficie del inaugurato (*urbs*) —primer sistema—, del *suburbium*, —primer entorno—.

El *sulcus primigenius*, descrito antes, se materializaba con un surco en la tierra, donde posteriormente se erigía la muralla de la ciudad con sus puertas¹⁷. (Fig. 4)

17 *Ibidem*, 188.

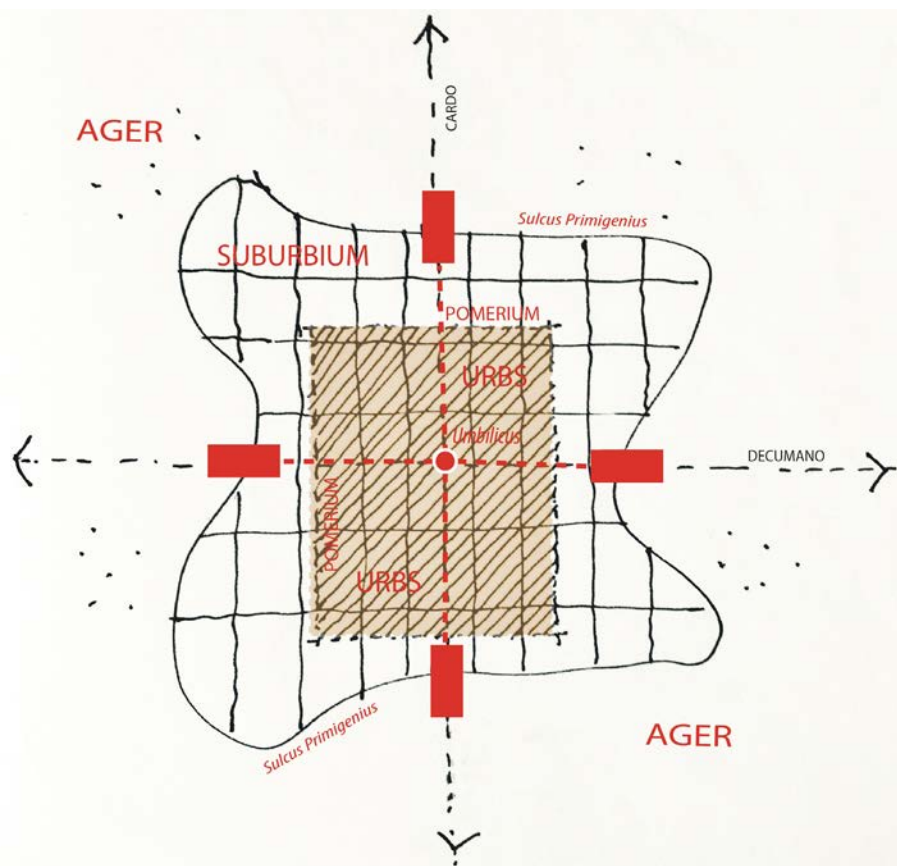


Figura 4. Trazado de fundación romano. Fuente: Elaboración propia a partir del relato de Richard Sennett, *Carne y piedra. El cuerpo y la ciudad en la civilización occidental* (Madrid: Alianza, 2019), 164; y de Manuel Ruiz, "La ruptura funeraria del pomerium desde su nacimiento y hasta su desaparición. Enterramientos In Urbe", *Onoba 1* (2013): 188.

La voluntad romana por diferenciar, puede entenderse como una acción consciente por construir un orden interior diferenciado del exterior; una acción que permitiese subvertir el azar y la incertidumbre del entorno natural, materializando así un sistema de relaciones conocidas y determinadas.

Pero esto mismo nos lleva a establecer una segunda precisión, y es que no podemos hablar de un solo principio de orden en la ciudad —debemos diferenciar— para al menos reconocer entre un *orden fundacional*, cargado de certidumbres, directrices, determinismo, y control; y un *orden evolutivo*, donde el azar, el caos, y la incertidumbre, son algunos de los preceptos que definen su mecánica.

Caos y Entropía: Otra estructura de orden

Debemos aclarar que *complejidad* y *caos*, pese a compartir los principios de no-linealidad¹⁸, no son en lo absoluto la misma cosa. Hacer esta precisión es fundamental para entender el comportamiento de un sistema dinámico complejo, como el que presenta la ciudad.

18 Ilya Prigogine, *El fin de las certidumbres* (Santiago de Chile: A. Bello, 1996).

Si observamos el fenómeno desde dos dimensiones fundamentales: el *espacio* y el *tiempo*, podemos ver que la ciudad se comporta de manera similar a las estructuras de *no-equilibrio* o "*disipativas*"¹⁹, descritas por Ilya Prigogine, las que solo pueden existir estableciendo una relación constante con su entorno.

19 Grégoire Nicolis & Ilya Prigogine, *Self-Organization in Nonequilibrium Systems* (New York: Wiley, 1977).

El ejemplo más sencillo de estructura disipativa que se puede poner, un poco por analogía, es la ciudad. Una ciudad es distinta del campo que la rodea. La raíz de esta individuación son las relaciones que establece con el campo colindante. Si se suprimieran esas relaciones la ciudad desaparecería.²⁰

20 Ilya Prigogine, *Las leyes del caos* (Barcelona: Critica, 2016), 28.

Aplicando la variable *tiempo*, a la estructura original de orden en un sistema, podemos afirmar que este puede llegar a ser caótico, pero no necesariamente complejo, ya que la complejidad requiere una necesaria mecánica de interacción e interdependencia de sus partes.

Esta diferenciación terminológica es clave para no caer en tópicos recurrentes, respecto a la asociación de complejidad con lo intrincado, o a la otra clásica relación de caos con ausencia de orden.

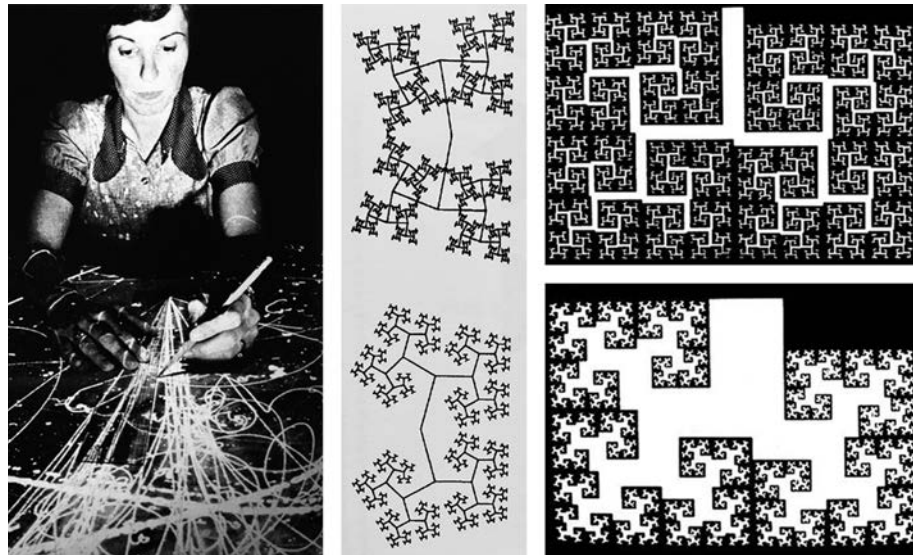
La comprensión del caos, en relación a la complejidad de un sistema, requiere entender el fenómeno en una doble dimensión de observación; caos-espacio y *caos-tiempo*. El caos en el espacio representa una determinante que genera fractales.

Un fractal es una figura geométrica que no se hace más simple al analizarla en partes cada vez menores.²¹

21 Michel Baranger, “Chaos, Complexity, and Entropy: A physics talk for non-physicists”, *New England Complex Systems Institute* (April, 2000): 4.

Ejemplos sencillos de fractales son el conjunto de Cantor, y el triángulo de Sierpinski. Fractales autosimilares que, al observarse en escalas reducidas, siempre presentan la misma estructura original, reproducida de manera invariable; constituyendo así una mecánica evolutiva predecible, propia de los sistemas lineales o de los sistemas que tienden al equilibrio en su proceso de evolución.

Figura 5. (Izquierda) “Detectando haces o fajos de trayectoria” (National Geographic, marzo, 1978); (Centro) “Estructuras rizomáticas de bróquiles y magnolias” (Benoît Mandelbrot, *La geometría fractal de la naturaleza*, Barcelona: Tusquets, 1997); (Derecha) “Estructura rizomática fractal recursiva con la de la mayoría de estructuras urbanas” (Benoît Mandelbrot, *Los objetos fractales*, Barcelona: Tusquets, 1987). Fuente: Manuel Gausa. *Open: espacio, tiempo, información. Arquitectura, vivienda y ciudad contemporánea. Teoría e historia de un cambio* (Barcelona: Actar, 2010), 220, 309, 312.



Por el contrario, existen fractales con mayor complejidad, como el Conjunto de Mandelbrot, el cual se vuelve cada vez más complejo en su observación ampliada, evidenciando siempre la presencia de un factor de azar e incertidumbre añadido en su evolución. (Fig. 5)

La ciudad, como sistema dinámico complejo, se asemeja más a este último que los anteriores, ya que además, su estructura y evolución, involucran el segundo binomio antes mencionado, *caos-tiempo*.

El caos en el tiempo es posiblemente la mecánica más familiarizada que conocemos. Un sistema dinámico, con condiciones iniciales sometidas a la variable del tiempo, presentará invariablemente sensibilidad a las condiciones iniciales²². Entendámoslo así, la ciudad se establece en su origen, con un primer principio de orden fundacional, una estructura determinada y planificada, con diversos elementos en juego, que debiesen seguir una estructura, equivalente en su evolución, respecto a la organización inicial con que fueron diseñadas. Pero la ciudad no funciona como un sistema estático, y como tal, su proceso de evolución, como todo sistema dinámico, tenderá al caos.

En este momento del texto, creo que podremos intuir una tercera precisión al respecto, y es que *caos* y *orden*, no son conceptos antagónicos, como tradicionalmente se nos suele presentar.

*El comportamiento caótico de los actuales fenómenos urbanos forma parte de un proceso global de reformulación de órdenes más que de su ausencia.*²³

En este sentido, el caos actúa como una mecánica de orden, propio de la evolución del sistema original, y producto del intercambio constante de información y energía entre la ciudad y su entorno.

Es aquí donde podemos incorporar la entropía a la discusión. Cuando hablamos de entropía, tendemos a pensar que puede tratarse de otra terminología compleja, un poco indescifrable, pero no es más que otra palabra para “desorden”²⁴.

La entropía es una medida cuantitativa, principio fundamental de la segunda ley de la termodinámica, que permite comparar la cantidad de energía ordenada y desordenada presente en un sistema. Por lo que, en un sistema complejo, como la ciudad, y al igual como ocurre con cualquier sistema complejo, este no puede más que aumentar su nivel de entropía a lo largo del proceso evolutivo.

*La entropía está siempre incrementándose en tanto el sistema evoluciona. Si el sistema eventualmente alcanza el equilibrio y para de evolucionar, su entropía se transforma en constante.*²⁵

Hemos observado hasta aquí, cómo desde el origen mismo de la ciudad, a partir de la diferenciación campo-ciudad, se establece una mecánica activa de intercambio con el entorno, un intercambio que, en los términos descritos, se traduce en un traspaso de entropía positiva al entorno, y el retorno de entropía negativa o neguentropía desde este. Por tanto, el orden evolutivo de la ciudad no puede entenderse desde su estructura de ordenamiento original, de manera estática. Ya lo decía Alexander, las ciudades no son árboles, los árboles configuran fractales simples, que crecen en un orden predecible al origen de su estructura.

La ciudad es un sistema dinámico, que evoluciona a partir de fenómenos de incertidumbre y azar; estos elementos que suelen estar fuera de la planificación y el diseño tradicional de las ciudades, son la cuota de indeterminismo necesario para que el sistema evolucione; a ellos haremos mención en adelante como *sistemas urbanos autopoieticos*.

22 Edward N. Lorenz, *La esencia del caos: un campo de conocimiento que se ha convertido en parte importante del mundo que nos rodea* (Madrid: Debate, 1995).

23 Alejandro Zaera, “Orden desde el caos”, *Revista Exit* 1(1994): 23.

24 Michel Baranger, “Chaos, Complexity, and Entropy: A physics talk for non-physicists”, *New England Complex Systems Institute* (April, 2000): 11-17.

25 *Ibidem*, 12.

Sistemas Urbanos Autopoiéticos

Mencionábamos al comienzo, en referencia a las características de los sistemas complejos, su capacidad de permitir un comportamiento emergente dentro del propio sistema. Esta condición responde a la autoorganización, o para ser más precisos, a la idea de *Autopoiesis*. Un concepto desarrollado y acuñado por los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela (1973)²⁶; haciendo referencia a la capacidad de un sistema biológico de autoproducirse. Esta idea posteriormente es recogida por otros autores, fuera del ámbito de la biología, como en el caso del sociólogo alemán Niklas Luhmann, quien lo aplica al estudio del funcionamiento y organización de los sistemas sociales, estableciendo una relación entre autopoiesis y sistemas autorreferentes. Para el desarrollo de este trabajo se propone una nueva aplicación, incorporando a la comprensión, todos aquellos procesos urbanos espontáneos e informales (auto-organizados), surgidos fuera del determinismo estructural de la ciudad, los cuales pueden ser entendidos como *sistemas urbanos autopoiéticos*, desde una observación sistémica de la ciudad. Procesos que, a nuestro juicio, constituyen una clave fundamental de la mecánica evolutiva de las ciudades.

26 Humberto Maturana y Francisco Varela, *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo* (Santiago de Chile: Editorial universitaria, 2006).

La autopoiesis hace relación con la dinámica espontánea de constitución de sistemas, donde el nuevo sistema es capaz de establecer un nuevo entorno a través de sus relaciones, concadenando una comunicación entre sistema y entorno que construye nuevos mecanismos de comunicación.

“El caos es el medio desde el cual surge un nuevo sistema que no ha sido capaz de ser producido”²⁷
en el ámbito del determinismo estructural del sistema mayor.

27 *Ibidem*, 27.

*Las relaciones de orden determinan la dinámica de organización autopoiética determinando la concatenación de las relaciones constitutivas, de especificidad y de orden, y por consiguiente, su relación efectiva.*²⁸

28 *Ibidem*, 83.

*Tratamos a cualquier situación que nos parece violar el determinismo estructural como una expresión de error en nuestra mirada, como un fraude, o como un milagro.*²⁹

29 *Ibidem*, 24.

En este sentido, los *sistemas urbanos autopoiéticos* deben ser entendidos como una unidad de orden específica, que opera tejiendo nuevas relaciones de comunicación, y no necesariamente se traducen en un orden espacial estricto; se trata más bien de un orden relacional en el espacio de comunicación de la ciudad, más que una ordenación de elementos formales en el espacio.

30 Johan Huizinga, *Homo Ludens* (Madrid: Alianza Editorial, 1972).

Observemos como ejemplo la mecánica del juego, que es sin duda una celebración del azar, dentro de una estructura de reglas preestablecidas. Johan Huizinga hacia 1938 mencionaba cómo las formas culturales emergen de pulsiones lúdicas³⁰, expresiones que pueden considerarse como eminentemente autopoiéticas, desde una perspectiva social y espacial. La manifestación del juego, como mecanismo de apropiación del espacio, nos recuerda precisamente la necesidad de incertidumbre con que debe contar la ciudad para que estos procesos puedan aparecer (Fig. 6). Ya respecto a aquello, Aldo Van Eyck en 1962 mencionaba:

El arquitecto se siente inclinado a allanarlo todo. A la gente le da miedo lo imprevisto, el peligro que acecha al otro lado de la esquina, la espontaneidad. Nadie quiere aceptar que la ciudad sea –y debe ser– caótica.³¹



31 Conferencia pronunciada por Van Eyck en Marcanti, Ámsterdam, en 1962. Manuel Borja-Villel et al., *Playgrounds, reinventar la plaza* (Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía y Siruela, 2014), 126.

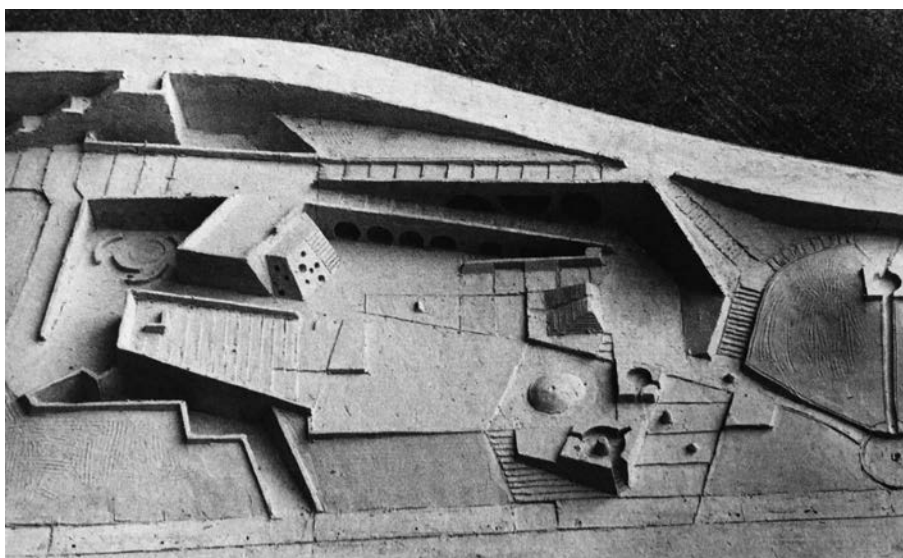
Figura 6. (Izquierda) Playground de Dijkstrastraat, 1954. Fuente: Aldo van Eyck Archive/Amsterdam City Archives; (Derecha) GRAV (Groupe de Recherche d'Art Visuel). Une journée dans la rue: dalles mobiles, 1966. Estudio Julio Le Parc. Fuente: Manuel Borja-Villel et al., *Playgrounds, reinventar la plaza* (Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía y Siruela, 2014), 130, 159.

En esta misma sintonía, Louis Kahn señalaba que:

“el juego debe ser libre y desinhibido; espacios para descubrir, con formas que no imiten la naturaleza y sin embargo sean ilimitadas en su creación”³² (Fig.7).

Los sistemas urbanos autopoieticos son sistemas auto producidos, surgidos dentro de la estructura de orden urbana, al igual que en el juego se subvierte la regla, para hacer aparecer el azar y la incertidumbre. Por ello, no podemos pretender proyectarlos desde el determinismo estructural con que funciona el diseño y la planificación tradicional, pero sí debemos dejar lugar para que surjan. De esta manera, estaremos abriendo paso al proceso evolutivo de las ciudades, desde los principios de caos y complejidad, entendidos finalmente como lo que son, un ejercicio de orden.

La dinámica de formación espontánea de sistema y entorno, constituye, para el observador que no puede ver las coherencias estructurales desde donde surge, el surgimiento de orden a partir del caos.³³



32 Adele Levy Memorial Playground, Nueva York (con Isamu Noguchi), en *Perspecta*, vol.9/10 (1965), 330-331.

33 Humberto Maturana y Francisco Varela, *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo* (Santiago de Chile: Editorial universitaria, 2006).

Figura 7. Louis I. Kahn, “Maqueta para el Playground conmemorativo Adele Levy en Nueva York. Proyecto no ejecutado 1961-1966”. Fuente: Manuel Borja-Villel et al. *Playgrounds, reinventar la plaza* (Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía y Siruela, 2014), 119.

Menos determinismo, más incertidumbre

A modo de conclusión, podemos señalar que la ciudad se constituye como un sistema complejo, surgido a partir de una primera diferenciación, que es también una primera operación de orden y dominio del espacio de incertidumbre que constituye el medio natural.

Este orden fundacional abre también ese primer escenario comunicativo entre sistema y entorno, que con el paso del tiempo no se volverá más simple, sino al contrario, adquirirá nuevos grados de complejidad.

Así, naturalmente, y como todo sistema complejo, tenderá al caos, aumentará sus niveles de entropía, e intercambiará entropía con el entorno de manera constante, estableciendo una nueva mecánica de orden para el sistema.

La ciudad funciona de esta manera como un sistema complejo dinámico; complejo, en cuanto su estructura original de orden no sigue un funcionamiento lineal de evolución, por el contrario, el tiempo actúa como medida de ruptura del determinismo, otorgando dinámica a la ontogenia del sistema³⁴, y abriendo nuevos escenarios de comunicación al interior.

34 La Ontogenia hace referencia a la historia de transformación estructural de una unidad biológica o sistémica. Ver: Humberto Maturana y Francisco Varela, *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo* (Santiago de Chile: Editorial universitaria, 2006), 94.

Vale la pena cuestionar entonces, porqué seguimos proyectando el futuro de la ciudad como si fuésemos planificadores romanos, fundando Roma una y otra vez en cada nueva operación urbana. El orden evolutivo de las ciudades está dirigido por el azar y la incertidumbre, debemos intentar entonces aprehender los mecanismos que lo guían —complejidad, caos y entropía—; aquello permitirá refrescar un debate que, a nuestro juicio, está más vigente que nunca en las palabras de Alexander, y es que no podemos seguir pretendiendo que las ciudades son árboles.

Los futuros procesos de transformación urbana deben intentar desarrollarse lejos del amparo determinista con que se han llevado a cabo la mayor parte, otorgando el espacio para que los sistemas urbanos auto-poieticos surjan al interior del sistema (ciudad).

De esta manera, y permitiéndonos parafrasear la famosa frase de Mies van der Rohe de menos es más, tan fructífera para la arquitectura, debemos hacerlo con menos determinismo y más incertidumbre.

Bibliografía

- Alexander, Cristopher. "A City is not a tree". *Architectural Forum* 122, nº 1 (1965): 58-62.
- Baranger, Michel. *Chaos, Complexity, and Entropy: a physics talk for non-physicists*. Cambridge: New England Complex Systems Institute, 2000. <http://www.necsi.org/projects/baranger/cce.html>
- Bar-Yam, Yaneer. *Dynamics of complex systems*. New York: Routledge, 2018.
- Borja-Villel, Manuel et al. *Playgrounds, reinventar la plaza*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía y Siruela, 2014.
- Gausa, Manuel. *Open: espacio, tiempo, información. Arquitectura, vivienda y ciudad contemporánea. Teoría e historia de un cambio*. Barcelona: Actar, 2010.
- Huizinga, Johan. *Homo Ludens*. Madrid: Alianza Editorial, 1972.
- Forrester, Jay. *Principles of Systems*. Cambridge: Wright-Allen Press, 1968.
- Prigogine, Ilya. *El fin de las certidumbres*. Santiago de Chile: A. Bello, 1996.
- Prigogine, Ilya. *Las leyes del caos*. Barcelona: Crítica, 2008.
- Landsberg, Peter. *Procesos al Azar*. Barcelona: Tusquets, 1986.
- Luhmann, Niklas. *Complejidad y modernidad: De la unidad a la diferencia*. Madrid: Trotta, 1998.
- Mandelbrot, Benoît. *Los objetos fractales*, Barcelona: Tusquets, 1987.
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco. *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo*. Santiago: Editorial Universitaria, 2006 (1973).
- Morin, Edgar. *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa, 2009.
- Nicolis, Grégoire & Prigogine, Ilya. *Self-Organization in Nonequilibrium Systems*. New York: Wiley, 1977.
- Nieuwenhuys, Constant. *La Nueva Babilonia*. Barcelona: Gustavo Gili, 2009. (Originalmente publicado en inglés: *New Babylon. A nomadic town*, 1974).
- Ruíz, Javier. "Sistemas urbanos complejos. Acción y comunicación". *Cuadernos de investigación urbanística* 32 (2001): 5-63.
- Ruiz, Manuel. "La ruptura funeraria del pomerium desde su nacimiento y hasta su desaparición. Enterramientos In Urbe". *Onoba* 1 (2013): 187-204.
- Rykwert, Joseph. *La idea de ciudad, antropología de la forma urbana en el Mundo Antiguo*. Madrid: Blume, 1985.
- Sennett, Richard. *Carne y Piedra: El cuerpo y la ciudad en la civilización occidental*. Madrid: Alianza, 2019. (Originalmente publicado en inglés: *Flesh and Stone. The Body and the City in Western Civilization*, 1994).
- Shannon, Claude E. & Weaver, Warren. *The Mathematical Theory of communication*. Urbana: Illinois Press, 1948.
- Tatarkiewicz, Wladyslaw. *Historia de la estética I. La estética antigua*. Madrid: Akal, 1991.
- Wagensberg, Jorge. *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets, 1998. (1985).
- Wiener, Norbert. *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. New York: John Wiley & Sons, 1948. (Versión castellana *Cibernética o el control y comunicación en animales y maquinas*. Barcelona: Tusquets, 1985).
- Zaera, Alejandro. "Orden desde el caos". *Exit* N°1. Editorial LMI, Madrid, 1994.