



Revista INVI

ISSN: 0718-1299

ISSN: 0718-8358

Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y
Urbanismo. Instituto de la Vivienda

Aquilué Junyent, Inés; Ruiz Sánchez, Javier

Ciudad, complejidad y cambio: fundamentos para el análisis de la incertidumbre en sistemas urbanos

Revista INVI, vol. 36, núm. 101, 2021, pp. 7-34

Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Instituto de la Vivienda

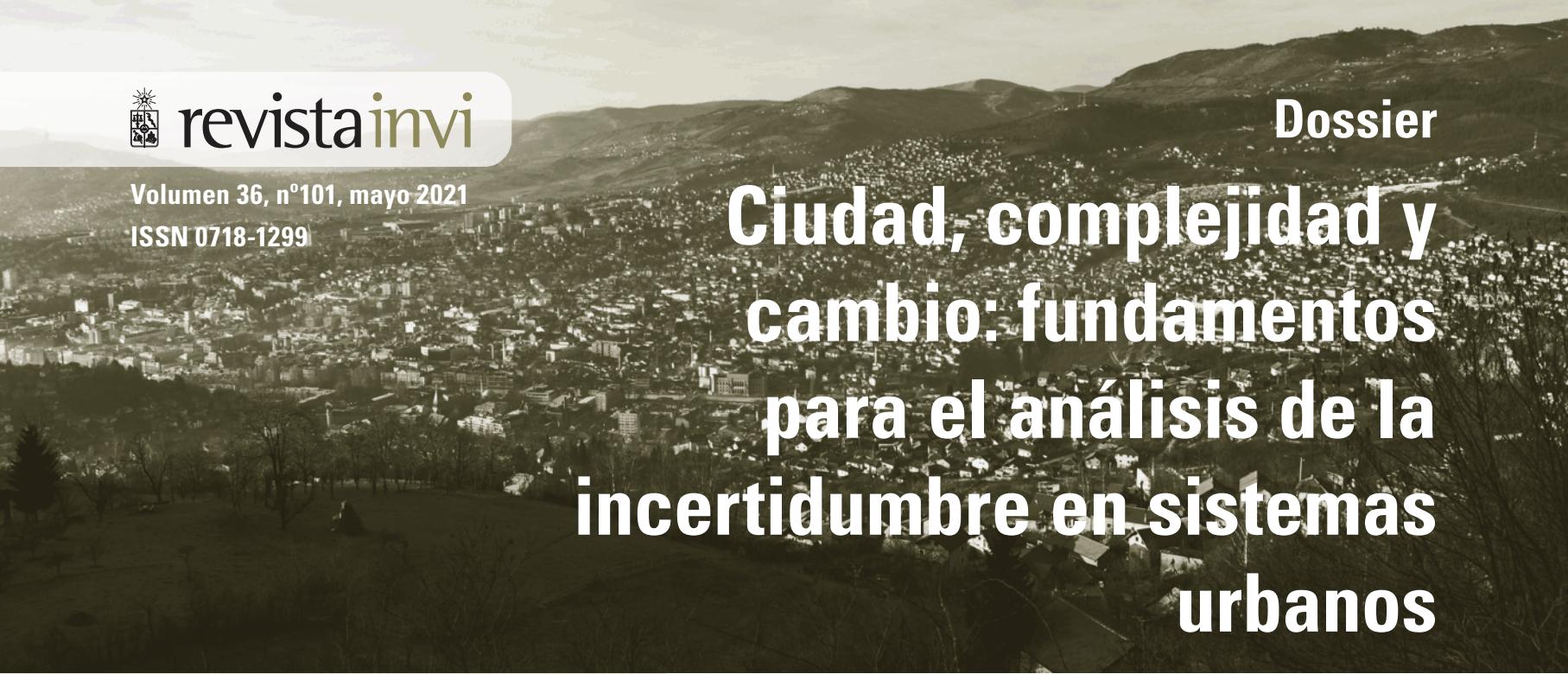
DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-83582021000100007>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25869492002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Ciudad, complejidad y cambio: fundamentos para el análisis de la incertidumbre en sistemas urbanos

Recibido: 2020-10-09

Aceptado: 2021-04-05

Inés Aquilué Junyent

Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio,
Universidad Politécnica de Madrid, España, ines.aquilue@upc.edu, <https://orcid.org/0000-0002-2813-6191>

Javier Ruiz Sánchez

Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio,
Universidad Politécnica de Madrid, España, javier.ruiz@upm.es, <https://orcid.org/0000-0001-7272-9114>

Cómo citar este artículo:

Aquilué Junyent, I. y Ruiz Sánchez, J. (2021). Ciudad, complejidad y cambio: fundamentos para el análisis de la incertidumbre en sistemas urbanos. *Revista INVI*, 36(101), 7-34.

<https://doi.org/10.4067/S0718-83582021000100007>



Ciudad, complejidad y cambio: fundamentos para el análisis de la incertidumbre en sistemas urbanos

Palabras clave: complejidad; adaptabilidad; sistemas urbanos; irreversibilidad; incertidumbre.

Resumen

Las ciudades son sistemas complejos en constante evolución, cuya planificación se enfrenta a futuros cada vez menos predecibles. Entendiendo la ciudad como un sistema complejo autorregulador, desde la teoría de la información y la teoría termodinámica del no-equilibrio y la irreversibilidad es posible establecer el intercambio de información que se produce entre sistema urbano y entorno. El presente artículo muestra como, ante un incremento abrupto de la incertidumbre, la ciudad puede: aumentar su complejidad [1], su capacidad de anticipación respecto al entorno [2], su control sobre el entorno [3], combinar adecuadamente las estrategias anteriores [4] o cambiar de identidad [5]. La metodología de investigación empleada yuxtapone a las premisas conceptualmente determinadas cinco casos de estudio de ciudades afectadas por conflictos sociales, desastres naturales y guerras. Los resultados de la investigación demuestran la aplicabilidad del acoplamiento entre sistema urbano y entorno y ejemplifican como estas cinco estrategias han transformado intensamente la morfología y topología urbanas de ciudades como Ámsterdam, Nicosia, Barcelona y Beirut, apuntando –a modo de conclusión–, hacia la memoria como factor clave en la definición de nuevos futuros urbanos.



Abstract

Cities are complex systems in constant evolution, whose planning faces increasingly unpredictable futures. Understanding the city as a complex self-organizing system, and based on information theory and thermodynamic theory of non-equilibrium and irreversibility, it is possible to establish the exchange of information that occurs between the urban system and the surrounding environment. This paper shows that facing an abrupt rise in uncertainty, the city can increase its complexity [1], its ability to anticipate the environment [2], its control over the environment [3], can adequately combine the previous strategies [4] or change its identity [5]. The methodology used in this article juxtaposes these predetermined conceptual premises five case studies of cities affected by social conflicts, natural disasters, and wars. The research results show the applicability of the coupling between the urban system and its environment and exemplify how the five strategies have intensely transformed the urban morphology and topology of cities such as Amsterdam, Nicosia, Barcelona, and Beirut. The overall conclusion of the article points out that memory is a critical factor in defining new urban futures.

City, complexity and change: Bases for the analysis of uncertainty in urban systems

Keywords: complexity; adaptability; urban systems; irreversibility; uncertainty.

Introducción¹

“Evolucionar es superar una adaptación y asumir la siguiente. La otra alternativa es, claro, desaparecer. Por ello todo lo que vemos es complejo. Complicarse o morir, sería la frase” (Wagensberg, 2003, p. 68).

En la planificación urbana, tendemos a considerar que la ciudad evoluciona de manera lineal de acuerdo a diversas proyecciones estadísticas. Sin embargo, los procesos evolutivos que producen la ciudad no son lineales ni continuos. Si bien existen situaciones estables que pueden parecer lineales, en ellas se producen oscilaciones y pequeñas perturbaciones de carácter recurrente que pueden ampliarse y abandonar la estabilidad. En este artículo se sientan las bases para exponer por qué las coyunturas catastróficas forman parte de la evolución de la ciudad y qué mecanismos propios de los sistemas complejos puede emprender el sistema urbano para trabajar desde la incertidumbre. De esta forma, se aborda el análisis de la ciudad desde la catástrofe –más allá de las transformaciones probables guiadas por la constancia y la estabilidad evolutiva– y se trabaja sobre aquellas en las que la incertidumbre precipita cambios poco probables.

La interacción entre ciudad e incertidumbre se construye desde una analogía de la relación establecida entre un ser vivo y su entorno. Esta analogía nos permitirá comprender qué implica adaptarse y cómo es posible clasificar la producción de la ciudad a la luz de un futuro cada vez más incierto.

La adaptabilidad del sistema urbano

La organización de la ciudad consiste en la «integración e interacción de unidades diferentes, antagónicas y complementarias» (Ruiz Sánchez, 2001, p. 7), siendo un tipo de organización vinculada con los procesos de selección de entidades biológicas; de este modo, la ciudad se comporta termodinámicamente como un ser vivo. Los sistemas vivos roban orden a su ambiente por medio de un flujo negativo de entropía (Wagensberg, 2003, p. 33); a su vez, el metabolismo urbano intercambia materia, energía e información con su entorno y construye estructuras organizadas a través de esta interacción. En este sentido, el orden entrópico de Boltzmann –la inexorable segunda ley de la termodinámica– es insuficiente para explicar estos procesos de organización neguentrópicos.

¹ El marco conceptual del presente artículo deriva de la tesis doctoral de la autora “El urbanismo de la seguridad frente a la complejidad urbana” dirigida por los profesores Estanislau Roca y Javier Ruiz y defendida el día 24 de abril de 2017 en Barcelona, en el programa de doctorado del Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUOT) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). La investigación doctoral fue financiada por la beca de Formación del Profesorado Universitario (FPU) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) de España.

La ciudad necesita de mantenimiento para su no degradación, conservando su estabilidad a través de unas leyes de desorganización y reorganización parciales (Ruiz Sánchez, 2001, p. 8). Los procesos de organización en sistemas abiertos complejos dependen en parte del factor azar y permiten, a su vez, que sistemas como la ciudad se mantengan en consecutivos estados estables, aunque diversos e impredecibles, pero selectivos. El sistema urbano, como sistema abierto, comparte, produce e intercambia fuerzas y flujos de entropía con el entorno, pudiendo de esta manera estabilizarse y establecer fluctuaciones en forma de secuencias de estados estables sobre los que se organiza. De este modo, estos estados difieren del equilibrio lineal de Boltzmann donde, en un sistema aislado, la entropía aumenta hasta su límite. La ciudad en su estado de estabilidad y adaptabilidad se caracteriza por ser una individualidad organizada. La entropía de sistemas abiertos puede, en sistemas accesibles, cuantificarse a través de la *entropía de Shannon*, la cual mide la cantidad de información de una fuente o un mensaje (Shannon, 1948; Wagensberg, 2010). El mensaje es un factor de organización, así la entropía de Shannon establece una cierta idea de orden –o desorden– del sistema a través de una medida basada en la probabilidad, que contiene un factor de azar intrínseco. Según el físico Jorge Wagensberg, “la cantidad de información contenida en la fuente depende de su diversidad potencial de comportamiento”, es decir, del volumen de estados accesibles (Wagensberg, 2003, p. 47, 2010, p. 94).

La estabilidad es un estado de no equilibrio en el que aparecen discontinuidades e inestabilidades de carácter estacionario que no provocan cambios estructurales en el sistema. El estado estacionario se corresponde con las variaciones del entorno y procede a una adaptación respecto al medio. Los sistemas observables abiertos son sistemas estables –existen– pero no son sistemas en equilibrio, como pueden serlo los sistemas aislados. La estabilidad puede observarse en una escala superior casi de manera análoga a como ocurre en el caso del equilibrio. El ecólogo Ramon Margalef explica como en los ecosistemas, procesos de pequeña escala con carácter absolutamente irreversible, en su conjunto pueden –a mayor escala– ser percibidos dentro de una estabilidad sistémica gracias a las fluctuaciones estacionarias (Margalef, 1980, pp. 150-153). Se producen pequeñas inestabilidades que en realidad dan estabilidad al conjunto del sistema, estabilidad que es observada gracias a la diferenciación del sistema y a un marco temporal de mayor magnitud (Prigogine y Stengers, 2009, p. 97). Estos procesos, que parecen poco consistentes, pueden serlo a largo plazo si existen fluctuaciones cíclicas; la estabilidad se constituye como *espectro* más que como una medida específica (Margalef, 1980, p. 150-153).

En el caso de la ciudad, situaciones similares acontecen en tiempos generalmente más prolongados. Imaginemos un fenómeno habitual: *el derribo de un edificio*. Es un proceso claramente irreversible y que tiende hacia el equilibrio inexorable. Sin embargo, en el solar que queda tras el derribo, es posible que se construya otro edificio, una nueva estructura organizada con características similares a la anterior –evolución del tipo– y, entonces, el sistema en su conjunto se mantendrá dentro de los límites de la estabilidad, siendo cualquier variación introducida tan sólo *una pequeña fluctuación estacionaria*. Incluso bajo variaciones de mayor calado, el sistema urbano puede mantener la identidad y unicidad (figura 1). En cambio, otras variaciones pueden hacerlo desaparecer, análogamente a aquello que ocurre con los ecosistemas.

Figura 1.

Sustitución de tipos edificatorios en el barrio de Bachoura en Beirut, 2016.



Fuente: elaboración propia, 2016.

En *La biosfera: entre la termodinámica y el juego*, Margalef denuncia que la estabilidad se atribuye equívocamente a ecosistemas simples, mientras que debiera considerarse una propiedad con entradas y salidas, apariciones y desapariciones de especies en parte dependientes de un cierto azar (Margalef, 1980, pp. 150-155). Así, se debate si los sistemas más complejos pueden ser más inestables por el simple hecho de que pueden desarmarse de un mayor número de formas, mientras que los sistemas simples tienen menos maneras de desaparecer. Sin embargo, los sistemas complejos poseen un mayor número de futuros y de posibilidades de evolucionar que los sistemas simples, que sólo son muy estables si las condiciones de su entorno varían escasamente, es decir, si la incertidumbre del entorno es mínima.

Los flujos de entropía que posibilitan la evolución de la ciudad a sus consecuentes estados de estabilidad son producto de procesos irreversibles, aunque pueden ser recurrentes y estacionarios en una escala mayor. La reorganización no implica reversibilidad y el estado estacionario –las fluctuaciones– tampoco. Los procesos de comunicación del sistema con el entorno no son absolutamente predecibles, aunque pueden ser más o menos probables según sus condiciones iniciales y según el flujo que reciben por parte de su entorno. El sistema legal y político, la regulación, las condiciones físicas y, en definitiva, todos los sistemas-entorno condicionan y facilitan uno u otro nuevo estado. A la luz de esta característica azarosa, inherente a los sistemas abiertos, cualquier comunicación, cualquier proceso de diferenciación en un sistema complejo se rige por probabilidades. En sistemas estacionarios o estables, lo impredecible se convierte en algo no del todo predecible. Las acciones tienden a un nivel de previsibilidad que depende de la situación inicial, ya que en un «estado dado (medio físico, memoria histórica, intereses privados y públicos concretos) unas acciones son más probables que otras» (Ruiz Sánchez, 2001, p. 27).

Así, entendiendo el sistema urbano como la organización y la relación entre las parcelas y los elementos de intercambio de información afectados por leyes regulatorias, por un lado, y las normativas que controlan y minimizan su intercambio de entropía, por otro, las relaciones establecidas entre dichas parcelas devienen en una acomodación del sistema a las condiciones que impone el entorno. La ciudad es un sistema no tan sólo abierto, sino además autorreferencial, capaz de autoorganizarse manteniendo su identidad, unicidad e individualidad, gracias a su estado de fluctuaciones permanente. La organización de los elementos del sistema y las relaciones entre sus parcelas crea una estructura independiente, vinculada a una existencia capaz de identificar su unicidad en cuanto posibilita la inercia respecto al intercambio de flujos de energía con el entorno; es la constante adaptabilidad del sistema urbano complejo.

La ciudad como sistema complejo autorregulador y su acoplamiento con el entorno

La capacidad de adaptación del sistema se basa precisamente en su interacción con el entorno, puesto que el intercambio es definitorio para ambos. Los entornos considerados condicionantes para la ciudad, como el sistema social o el sistema regulatorio, son alterados también por los cambios en la morfología y la topología urbanas.

La ciudad con sus límites definidos tiende a mantener su identidad gracias a patrones internos de organización y procesos autorreferenciales y tiene capacidad para mantener una cierta inercia respecto al entorno estimulante, dependiendo tanto de lo contundentes que sean los estímulos como de cuan compleja sea la ciudad. Cuando el proceso de selección de probabilidades sea de orden elevado –es decir más complejo–, la ciudad tendrá mayor margen de reacción frente al entorno, reorganizándose, para mantener su estado cíclicamente estable. Esta capacidad de amortiguación del entorno es la *inercia activa* de la ciudad (Ruiz Sánchez, 2001, p. 19), reflejo de las relaciones probabilísticas, que permiten que su estructura física compleja se vea muy poco alterada bajo solicitudes discretas. La organización de los elementos del sistema y de las relaciones entre sus parcelas crean una estructura independiente, vinculada a una existencia capaz de identificar su unicidad.

La inercia de las estructuras relacionales –característica intrínseca de la identidad– conlleva la existencia de patrones que perviven en el tiempo y que se asocian al *fenómeno de las persistencias*. Las estructuras subyacen y permanecen y permiten identificar esta capacidad de reorganización propia de la ciudad compleja, a menos que realmente se opte por la *tabula rasa* (Ruiz Sánchez, 2001, p. 32-35). Es en las transformaciones directas sobre la estructura relacional en las que la identidad y unicidad de la ciudad se puede ver realmente afectada, provocando cambios que alteran su identidad.

Desde la analogía con la ecología que Steadman realiza, la clasificación del binomio *parcela–edificio* en tipos equivale a la clasificación de individuos en especies (Ruiz Sánchez, 2001, p. 36; Steadman, 2008). Las variaciones en la parcela formando parte del mismo tipo o derivados se mantienen como cambio interno de la unidad. Al hablar de la continua transformación del tipo, vinculamos el mismo a la definición de ontogénesis que acuñaron Maturana y Varela:

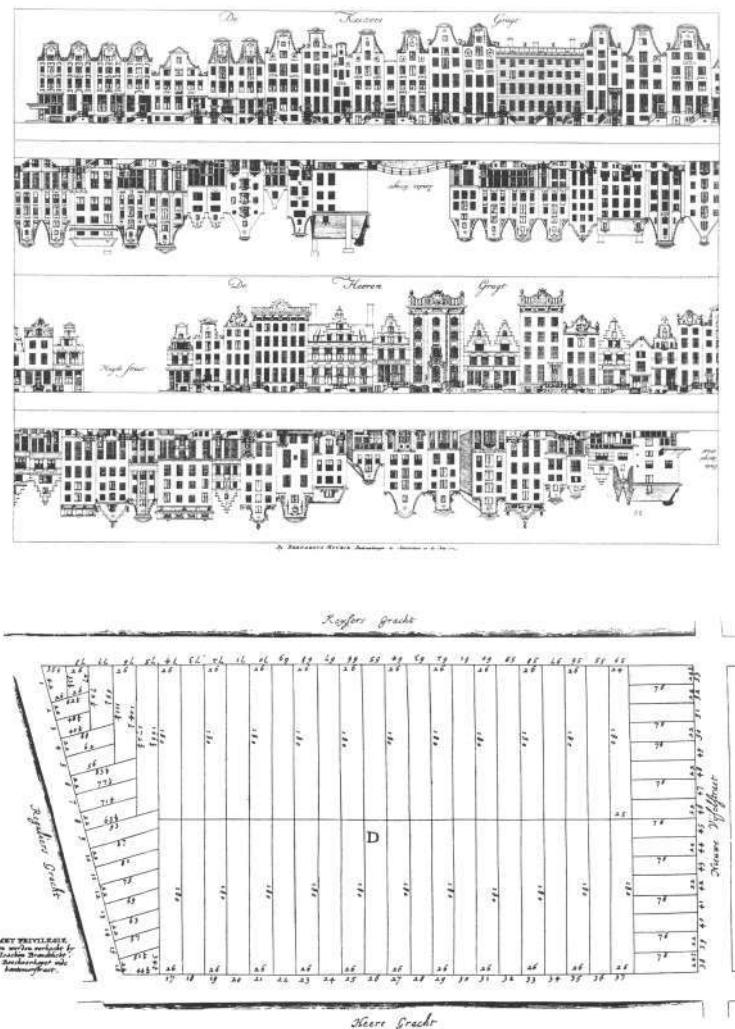
“La ontogénesis es la historia del *cambio estructural de una unidad sin que ésta pierda su organización*. Este continuo cambio estructural se da en la unidad, en cada momento, o como un cambio desencadenado por interacciones provenientes del medio donde se encuentra o como resultado de su dinámica interna. El resultado general es que la transformación ontogénica de una unidad no cesa hasta su desintegración” (Maturana y Varela, 1990, p. 64).

En el caso de las ciudades, siendo la ontogénesis el cambio interno de la unidad sin pérdida de identidad ni organización, los cambios evolutivos en la edificación contenida en la parcela corresponderían a cambios ontogénicos sin modificaciones en el tipo. Sin embargo, hay que considerar que las relaciones comunicativas entre parcelas pueden desencadenar cambios en las contiguas y causar, con el tiempo, la modificación y evolución del tipo. Si bien el cambio ontogénico es interno, la unidad se mantiene en constante interacción con el entorno, desencadenando los cambios sin instruirlos directamente. Recíprocamente, la información que el entorno recibe por parte de la unidad desencadena alteraciones en el mismo. Los tipos son fuentes de información y se entiende que la acumulación de información en el sistema urbano promueve su construcción compleja a través de las diferencias establecidas entre estos tipos (Ruiz Sánchez, 2001, p. 35-38). En ocasiones, algunos de los cambios observables representan modificaciones en la organización y dejan de ser cambios continuos para convertirse en cambios de carácter *catastrófico*.

Esta aproximación a la ciudad desde la interacción de sus unidades permite incorporar una relación temporal que está determinada por la información en el instante previo. En ese sentido, tanto para el estudio de la ciudad como para su proyecto, no sólo es determinante conocer la situación espacial, sino también la información contenida en la misma. El análisis evolutivo de tipos especifica la relevancia de la función en su determinación, en sus variaciones internas y en sus modificaciones. En efecto, esta relación temporal y continua posibilita establecer una línea evolutiva capaz de desarrollar una teoría sobre la *morfogénesis urbana*, como el origen de la forma desde la capacidad de transformación y cambio de la parcela o unidad de propiedad. Por consiguiente, la ciudad en su mínima expresión evoluciona *parcela a parcela* (Ruiz Sánchez, 2001, p. 20), y la parcela reserva la información urbanística que determina la *forma* (figura 2). Se trata de la ciudad en evolución [*cities in evolution*], empleando el término de Patrick Geddes (Geddes, 2009).

Figura 2.

Alzados y planta de una manzana entre los canales Herengracht y Keizersgracht de Ámsterdam, donde se puede comprobar la interrelación entre forma y parcela. Los canales fueron previstos en 1607.



Fuente: Caspar Philips, segunda mitad del siglo XVIII.

La diferenciación entre sistema y entorno no es una relación de aislamiento sino de acoplamiento, que va más allá del intercambio de flujos energéticos, materiales y de información. Tal y como expresa el sociólogo Niklas Luhmann, las relaciones entre entorno y sistema no son del tipo *causa-efecto* o *input-output*, sino del tipo selectivo en que el sistema produce respuestas a partir de «algunas causas, pero no todas» (Luhmann, 1998, p. 43). Así, la producción interna del sistema es cuestión de posibilidad, probabilidad y selección y es necesario que existan diversas causas para que el sistema seleccione aquellas que lo posibilitan. Es por ello que el sistema se autorregula y en parte es producto de sí mismo, lo que se conoce en biología como *autopoiesis*, la organización de la propia producción (Maturana y Varela, 1990, p. 36). Sin embargo, también se produce la observación contraria; el entorno selecciona sistemas que permanecen y otros que desaparecen. La relación entre sistema y entorno es siempre una relación de selección; incluso cuando hablamos de artefactos producidos por el ser humano, estos también son seleccionados. La complejidad permite que a partir de un conjunto de futuros posibles permanezca una organización de todas aquellas que lo son potencialmente, la esencia de la selección.

El sistema de relaciones observables entre parcelas y tipos conforma el sistema urbano complejo, análogamente a como Luhmann caracteriza el sistema social (Ruiz Sánchez, 2001, p. 33-34). En ese sentido, puede reconsiderarse la afirmación de Maturana sobre los sistemas sociales como sistemas autopoieticos valorando sus relaciones como el producto de sí mismas (Ruiz Sánchez, 2001, p. 1-78). Mientras, por un lado, trabajamos con relaciones de comunicación esencialmente espacial e intentamos vincularlas a la evolución relacional entre parcelas, por otro, consideramos la evolución material y energética del espacio construido. Si bien las comunicaciones entre los cambios observables de las parcelas son producto de sí mismas, la producción material de los tipos no es autopoética en su construcción material y energética.

Aunque reafirmamos la capacidad autopoética del sistema urbano gracias al entramado de relaciones observables entre parcelas que permiten las transformaciones urbanas –*autonomía, individualidad, autodeterminación de sus límites y autorregulación*– (Wagensberg, 2010, pp. 141-173), la autopoiesis se presenta como hipótesis parcial al incorporar el sistema material, puesto que la producción material de la ciudad no es producto de la propia masa construida –en ese sentido la analogía con las tesis de Maturana y Varela queda descartada–. Los propios autores especifican que, aunque la autopoiesis es una característica propia de las células, en el caso de los seres metacelulares el tipo de organización formada por un grupo definido de células, que son a su vez entes autopoieticos, sería un *sistema autopoético de segundo orden* (Maturana y Varela, 1990, p. 75-77).

El sistema urbano se asimilaría al sistema metacelular, puesto que el tipo edificatorio evoluciona a través de la ontogénesis individual dentro de un sistema común. En cualquier caso, un sistema autopoietico debe producirse a sí mismo, pero también tener *clausura operacional*, manteniendo su identidad en una red específica, pero sin rebasarla. La metrópolis contemporánea está barriendo con esta clausura operacional y alejándola de la analogía autopoética, para convertirse en un sistema colonizador.

Considerada ya esta capacidad de autorregulación de la ciudad y de acoplamiento del sistema urbano con su entorno, permanece abierta la siguiente cuestión ¿Qué capacidad de evolucionar tiene el sistema urbano cuando las fluctuaciones del sistema ya no son cílicas o recurrentes, sino abruptas e impredecibles? Si las fluctuaciones del entorno no son siempre constantes, el acoplamiento con el sistema puede verse alterado provocando cambios irreversibles en la *individualidad* (Wagensberg et al., 2010, p. 87-95)².

Irreversibilidad

La historia de las ciudades no es lineal. Su crecimiento se ha visto acelerado por revoluciones económicas – como la agraria o la industrial– o erradicado, como en el caso de muchas antiguas ciudades mesopotámicas (Ur, Uruk, Babilonia, etc.), que dejaron de ser ciudades para convertirse en cadáveres de urbes cuando las condiciones del medio se modificaron. A la luz del actual aumento de población urbana, donde los procesos urbanos se están acelerando y el planeta se está urbanizando exponencialmente, sostenemos como hipótesis que las catástrofes –entendidas globalmente y bajo un amplio espectro– aceleran cambios no lineales en los procesos evolutivos de las ciudades. Entonces, aunque los procesos no lineales dificultan inherentemente las proyecciones de la planificación, pueden emplearse en el análisis de procesos urbanos acelerados.

En *estados estacionarios* de gran inercia la estabilidad puede considerarse, al menos de manera intuitiva, una situación constante gracias a los procesos de compensación de flujos de entrada y salida. Es bajo este *orden por fluctuaciones* en el que se pueden producir estados estables, pero a la vez también fluctuaciones que escapan del orden estacionario y que produzcan cambios en la estructura del sistema poco probables. Las fluctuaciones podrían ser previsibles, puesto que hay un número finito de opciones, sin embargo, no es posible predecir qué fluctuación se producirá y amplificará (Wagensberg, 2003, p. 44). El orden por fluctuaciones permite la existencia de estructuras cílicas, pero también de fluctuaciones que alejándose de esa estabilidad pueden acceder a nuevos estados posibles menos probables.

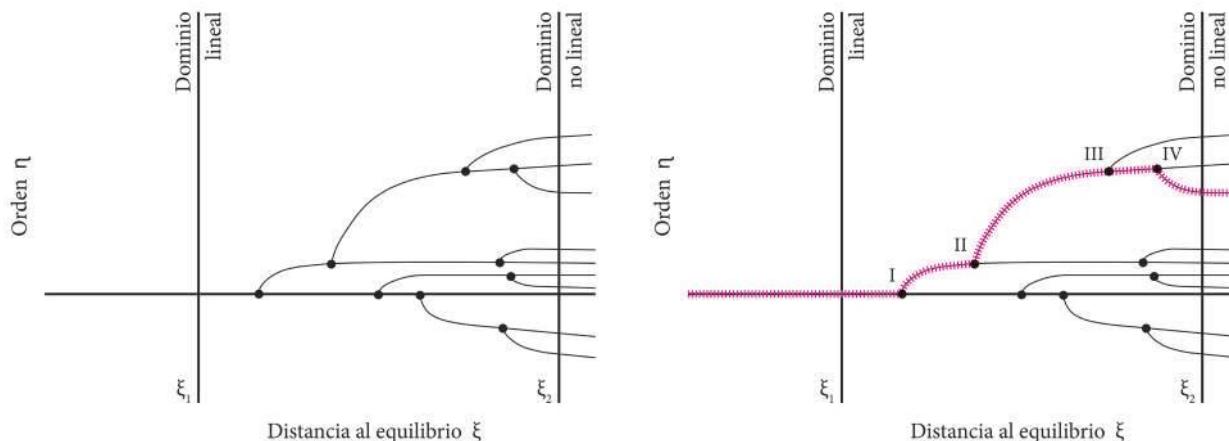
Estos procesos no lineales permiten entender la *esencia del cambio*. Las fluctuaciones del sistema abierto abandonan, bajo ciertos estímulos, las meras fluctuaciones estacionarias que mantienen el sistema establemente, para convertirse en fluctuaciones capaces de provocar cambios estructurales. Los sistemas ya no se adaptan, sino que tienden a nuevos estados escasamente previsibles e irreversibles alejados de la estabilidad, acercándose a un estado de azar que conlleva un cambio en la propia estructura macroscópica. A medida que un sistema se aleja del equilibrio, la complejidad entendida a partir del número de soluciones posibles

² Se identificaron ocho criterios para evaluar el grado de individualidad de un grupo de individuos que actúen, como un único individuo. Los criterios fueron: *unidad selectiva* [1], *identidad* [2], *compacidad* [3], *irreversibilidad* [4], *estructura* [5], *independencia* [6], *reproducción* [7] y *desarrollo* [8]. La ciudad cumple gran parte de ellos. (Wagensberg et al., 2010, p. 87-95).

y accesibles para el sistema y a su vez, compatibles con el entorno, aumenta. Como muestra el diagrama de la figura 3, las fluctuaciones que en un estado estable tienden a regresar, en una estructura disipativa alejándose del estado estable se bifurcan, disparándose el número de soluciones posibles. La bifurcación decide qué camino tomar, siendo ésta una decisión imprevisible fruto del *azar*. Entonces, las bifurcaciones se suceden, hasta tornarse nuevamente fluctuaciones recurrentes, llegando a un nuevo estado de estabilidad. Este es el proceso de modificación de la individualidad, la *esencia del cambio* (Wagensberg, 2003, p. 42-44). Alejarse del equilibrio implica la intervención del azar en el orden por fluctuaciones que generan novedades. La selección del estado posterior nace del propio proceso de supervivencia, condicionando la evolución del sistema a los estímulos del entorno. La ciudad, al igual que los seres vivos, es una estructura disipativa muy alejada del equilibrio termodinámico, capaz de la estabilidad, pero también de transcender procesos de gran inestabilidad y, si es necesario, de cambiar su estructura en un proceso irreversible.

Figura 3.

Esquema del orden por fluctuaciones, representando la distancia al equilibrio y la esencia del cambio.



Fuente: elaboración propia a partir de Wagensberg, 2003, p. 43.

El orden por fluctuaciones es un tipo de proceso en el que *leyes deterministas* y *azar* se reconcilan. Si bien sería posible y predecible distinguir unas bifurcaciones de otras, en el punto crítico, es el azar quien guía el estado hacia una u otra –en la figura 3, el sistema seguiría los puntos críticos I, II, III y IV, azarosamente de entre todas las bifurcaciones posibles–. Esta descripción del proceso de cambio permite evaluar la dificultad que supone la proyección futura cuando el sistema se encuentra afectado por estados de alta incertidumbre (Wagensberg, 2003, p. 44).

Desde la cultura urbanística estos preceptos tienen un impacto diferente del que pudieran aspirar a tener en otras disciplinas y si retomamos estos principios de la ciencia contemporánea, es en virtud de dos perspectivas:

1. El *orden por fluctuaciones* representa un cambio en el paradigma que considera las estructuras organizadas como producto de un proceso que se aleja del equilibrio y que se describe en términos de *complejidad*, *azar* e *irreversibilidad*. En el caso del urbanismo y teniendo en cuenta que hablamos de procesos urbanos que trabajan con la planificación en un tiempo futuro –no absolutamente predecible–, es esencial introducir esta perspectiva no exclusivamente determinista en la producción espacial de la ciudad.
2. El *orden por fluctuaciones* describe la impredecibilidad de los futuros producto de fluctuaciones muy alejadas del equilibrio o de un *estado estable primario*. Este tipo de procesos alejados del equilibrio, este instante de *alta incertidumbre* sobre la evolución del sistema, determina cambios estructurales también en la ciudad. Esta aproximación nos permite enmarcar la dificultad de la proyección de la ciudad en situaciones inestables.

Anticipación y acción frente a la incertidumbre

La incertidumbre no es más que la complejidad del entorno, y el entorno es todo aquello que no forma parte de los límites del sistema; por definición, el entorno es siempre más complejo que el propio sistema. Para poder entender los intercambios de información entre ambos, se requiere conocer qué capacidad de interacción tienen el uno respecto al otro. Frente a un entorno incierto, si el sistema pretende permanecer puede anticiparse a los aumentos de las fluctuaciones o actuar directamente en el entorno –o una combinación de ambas estrategias– modificando su acoplamiento a través del flujo de información entrante y saliente. Si hay que sobrevivir a altos niveles de incertidumbre, la anticipación y acción del sistema respecto al entorno son factores esenciales para su supervivencia. El planeamiento urbano y territorial son una acción en el sentido que le confiere Morin, una acción que se arriesga con conciencia de la existencia de la incertidumbre, mostrándose como estrategia frente al entorno (Morin, 1994, p. 113).

La anticipación y la acción son los *errores* que se producen en el intercambio de información entre la incertidumbre del entorno y la complejidad del sistema. Gracias a la aplicación de la teoría sobre la termodinámica del no-equilibrio y la teoría matemática de la comunicación, Wagensberg construyó la *identidad matemática que regula el intercambio de materia, energía e información de un sistema con el resto del mundo* (Wagensberg, 2000, pp. 493-508)³. Más allá del proceso de deducción matemática, la identidad defiende que la información que va del sistema al entorno es idéntica a la información transmitida del entorno al sistema. La resultante es especialmente interesante al desdoblarla en las cuatro entidades que el físico demuestra que la componen y que se relacionan con los conceptos concernientes a la supervivencia del sistema: *complejidad, incertidumbre, anticipación y acción*. El primer miembro de la identidad es la información que circula entre el sistema –la *individualidad*, en nuestro caso la *ciudad*– y su entorno; el segundo miembro es la información que circula del entorno a la individualidad. Es decir que la identidad podría expresarse como «la información que emerge de una individualidad abierta hacia su entorno es idéntica a la información que tal entorno recibe de la individualidad» (Wagensberg, 2010, p. 137).

Los términos utilizados se consideran según las siguientes definiciones establecidas para expresar el sentido de la identidad: *complejidad* se refiere a la «diversidad de estados accesibles que tiene el sistema considerado»; *incertidumbre* es la «complejidad del entorno, es decir la diversidad de estados accesibles del entorno»; *anticipación* es la «capacidad que tiene el sistema de adelantarse al entorno»; y *acción* es el «impacto que sufre el entorno por parte del sistema» (Wagensberg, 2010, p. 138). Estos cuatro términos serán claves para la identificación de las estrategias que una individualidad –en este caso la ciudad– podrá adoptar frente a la incertidumbre. La complejidad más la anticipación del sistema frente al entorno es idéntica a la incertidumbre más la acción –entendiendo acción como el impacto que sufre el entorno por el sistema–. Al desdoblar la tautología en los términos descritos esta gana relevancia y nos resulta útil para comprender cuestiones fundamentales como la supervivencia de cualquier individuo o individualidad en relación a los estímulos del entorno.

La incertidumbre es inherente a la propia experiencia compleja del sistema urbano y es esta contingencia la que pone a prueba la resiliencia del sistema frente a situaciones conflictivas. Cuando la incertidumbre del entorno arrecia, acaece la supervivencia de la individualidad. En caso que la incertidumbre del entorno aumente y siguiendo la identidad matemática expuesta, la individualidad –si quiere mantener su identidad y permanecer como individuo– tiene que optar por alguna de las siguientes acciones deducibles de la identidad matemática:

- 1] Aumentar su complejidad: es decir, enriquecer sus estados accesibles sin que sea necesario perder la identidad

3 En el artículo *Complexity versus uncertainty: The question of staying alive*, Jorge Wagensberg demostró el intercambio de información, empleando la *teoría de la termodinámica del no-equilibrio* (Glansdorff y Prigogine, 1971) y la *teoría matemática de la comunicación* (Shannon, 1948).

- 2] Aumentar su capacidad de anticipación respecto el entorno
- 3] Aumentar su control sobre su entorno inmediato
- 4] Combinar adecuadamente las anteriores
- 5] **En el caso de un aumento desorbitado de la incertidumbre, inventar una individualidad con una nueva identidad para evitar la extinción** (Wagensberg, 2010, p. 143).

Si la incertidumbre aumenta, el sistema debe: o bien aumentar su complejidad o su capacidad de adaptación –que puede también ser su capacidad de inhibición–; o su control y acción sobre el entorno. La incertidumbre del entorno es una magnitud clave para comprender la evolución de cualquier individualidad. Cuanto más independiente sea la individualidad más capacidad de supervivencia.

En ocasiones, la incertidumbre puede eliminar una individualidad o provocar que la complejidad del sistema disminuya. Si bien el aumento de seguridad es una de las acciones posibles del sistema que intenta controlar su acción sobre el entorno, los acontecimientos pueden provocar que este aumento del control se convierta en una disminución de la complejidad del propio sistema.

La incertidumbre es la complejidad del entorno, una complejidad que condiciona el sistema a través de su interacción. El intercambio de información entre uno y otro no es en absoluto gratuito y es así como a partir de la incertidumbre se puede comprender la relación entre los conceptos casi antagónicos de complejidad y seguridad; no como secuencia, sino precisamente como dos actitudes diferentes frente al incremento de esa incertidumbre que es, en definitiva, la clave de la evolución de cualquier individualidad.

La tautología de la entropía conjunta entre sistema y entorno aplicada a la evolución de la ciudad

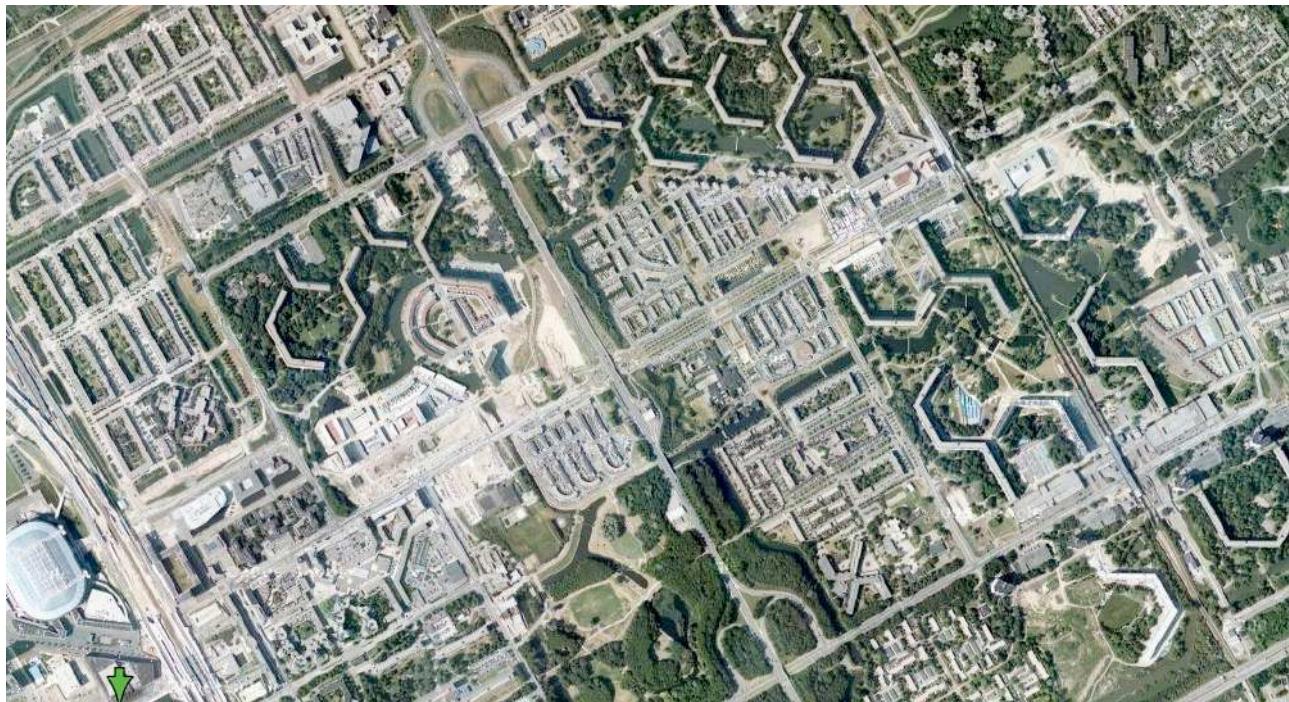
Frente a un aumento de la incertidumbre del entorno, la ciudad debe adaptarse. En el caso del sistema urbano, ¿es posible acceder a estados diversos empleando sendas estrategias? Siguiendo la analogía, la ciudad actúa entonces como una individualidad y frente a la incertidumbre puede aumentar su complejidad, su anticipación frente al entorno, su control sobre el entorno, una combinación de las anteriores o cambiar de identidad. Pero, ¿cómo puede la ciudad adaptarse al incremento de incertidumbre? ¿Son empíricamente observables las adaptaciones de la ciudad a la incertidumbre? Nuestra hipótesis es que, efectivamente, la ciudad evoluciona frente a la incertidumbre siguiendo la tautología enunciada y, de hecho, es posible observar estos procesos y exemplificarlos.

[1] AUMENTAR SU COMPLEJIDAD

La primera opción que tiene la ciudad para enfrentarse a la incertidumbre es aumentar su complejidad. El incremento de incertidumbre en el entorno se puede ver compensado por un incremento de complejidad en el sistema urbano. La complejidad no hace referencia exclusivamente a la diversidad, sino a la capacidad de acceder a diversos estados futuros. Un ejemplo de aumento de la complejidad urbana desencadenado por la incertidumbre es el del barrio de Bijlmermeer en Ámsterdam. Su construcción se inició en 1965, como un nuevo distrito basado en los paradigmas del Movimiento Moderno: grandes bloques de vivienda bien orientados situados en un vasto espacio público con separación de tráfico y calles elevadas. Se proyectó como un sistema simple que podía permanecer estable en estados de baja incertidumbre. Los problemas de carácter social e inseguridad colonizaron el barrio y Bijlmermeer se presentó como un sistema espacial demasiado simple para absorber las perturbaciones de un sistema social incierto. La incertidumbre creciente vinculada a la inseguridad y al miedo desencadenó la necesidad de cambios en la propia estructura urbana del sistema, dada su incapacidad de evolución. Así, el barrio tuvo que ser modificado para alcanzar un estado estable sin perturbaciones extremas. En 1992 se inició un intenso proceso de renovación urbana que implicaba el derribo de la mitad de los bloques y su sustitución por nuevos tipos. El sistema espacial resultante tras la transformación es un sistema híbrido que todavía mantiene huellas del Bijlmermeer original. Las unidades de intervención han ido sustituyendo a los bloques, pero todavía se mantienen como unidades funcionales a pesar de su mayor diversidad y del mayor número de relaciones y conexiones espaciales que le dan versatilidad al sistema espacial en caso de disruptión (figura 4). La evolución ha sido grave puesto que, en la ontogénesis de la parcela, su materialidad, generalmente se ha subdividido. La superposición de nuevas capas ha dotado al barrio de un mayor nivel de información y, aunque no se ha convertido en un área urbana central y extremadamente compleja, el cambio y la superposición han producido un área suburbana con mayor memoria. La ciudad evoluciona y Bijlmermeer, a pesar de lo traumático y del coste, ha cambiado, aumentando la complejidad de sus estructuras y almacenando una mayor cantidad de información en un sistema espacial inicialmente simple. La renovación de Bijlmermeer es un ejemplo de la complejidad desencadenada por la incertidumbre (Aquilué y Roca, 2019; Wassenberg, 2013).

Figura 4.

Proceso de paulatina substitución de los bloques originales de Bijlmermeer por nuevas unidades residenciales.



Fuente: Google Earth, 2004.

[2] AUMENTAR SU CAPACIDAD DE ANTICIPACIÓN RESPECTO EL ENTORNO

La segunda opción que tiene la ciudad es anticiparse al entorno, es decir, buscar estrategias de adaptación que prevean posibles estímulos como apuesta para trabajar frente a futuros inciertos. La anticipación es una estrategia empleada en la planificación territorial y urbana a lo largo de la historia y que ha sido incluso determinante en la localización de los asentamientos humanos. Es bien conocido el caso de los Países Bajos y su mecanización para sustraer agua del terreno a través de los pólderes o la construcción de diques para evitar inundaciones con crecidas del mar. Sin embargo, en las últimas décadas los proyectos en torno al control del agua han cambiado. En 1993 y 1995 las fuertes lluvias provocaron que la provincia de Limburg quedara parcialmente inundada, teniendo que ser evacuada una parte de la población, especialmente en las municipalidades de Borgharen e Itteren, donde el Río Mosa se desbordó. En un planeta afectado por el cambio climático, estas situaciones disruptivas tienden a volverse cíclicas. En el caso de la región de Limburg, desde 2005 se inició el programa *Ruimte voor de rivieren* [Espacio para los ríos], que propone la ampliación de los márgenes del Río Mosa (Ruimte voor de rivieren, 2020). La propuesta territorial que afecta a las poblaciones de Borgharen e Itteren implica prever posibles crecidas que superen los márgenes habituales, lo que implica localizar los asentamientos humanos retirados respecto a los cauces del río. La planificación territorial toma las crecidas del río como una oportunidad de proyecto que implica ampliar sus márgenes inundables y permeabilizar sus suelos, entendiendo esta propuesta no como una nueva limitación espacial, sino como un espacio de cualidades basadas en la lógica del propio río –aceptando y anticipando la inundación de terrenos cercanos (Moreno, 2020). La anticipación a fluctuaciones poco probables, pero posibles, es una variable habitual en la planificación territorial y urbana contemporánea, siendo ya una práctica en los primeros asentamientos humanos.

[3] AUMENTAR SU CONTROL SOBRE SU ENTORNO INMEDIATO

La tercera opción que tiene la ciudad para mantenerse como individualidad frente al aumento de incertidumbre es aumentando el control sobre el entorno, es decir, mejorando la capacidad de acción. Una de las materialidades que mejor podría ejemplificar el control sobre el espacio inmediato es la construcción de muros y murallas en las ciudades, práctica urbana habitual desde la antigüedad, basada en una forma concreta que deriva de la función seguridad. Estos muros para controlar el entorno, que perdieron parte de su peso en el siglo XIX, se siguen reproduciendo en la historia reciente. Algunos casos como el muro de Berlín, cercaron parte de la ciudad durante casi tres décadas (1961-1989); otros, como la Línea Verde de Nicosia, todavía dividen la ciudad (Calame y Charlesworth, 2009). Estos límites, que sirven como diferenciación entre lo urbano y lo no urbano y entre dos mitades de la ciudad, son ejemplos del aumento del control sobre el entorno inmediato. Se considera que el *exterior* es demasiado incierto y se construye un muro, una muralla para controlar los flujos entrópicos provenientes del otro lado. En el caso de Nicosia es paradigmático que una antigua ciudad

amurallada –la ciudad mantiene las trazas de la muralla veneciana de mitades del siglo XVI en forma circular– se encuentre seccionada por la Línea Verde (1974–actualidad) construida como zona de pacificación por las Naciones Unidas (figura 5). Una frontera interna que, a modo de brecha, divide el país en dos mitades y que controla el intercambio entre ambas partes. La mitad sur de la ciudad controla su entorno y viceversa; la ciudad materializa su voluntad de control sobre el otro a través de una *zona de protección*, un vacío ocupado por vegetación: es el control inducido de una incertidumbre latente. La ciudad a lado y lado evoluciona de manera parcialmente independiente puesto que, aunque las prospecciones sean sólo de una de las dos mitades, los flujos de intercambio controlados son ineludibles y la presencia del límite también. El control del otro condiciona abruptamente la evolución de cada mitad de la ciudad.

Figura 5.

Ciudad de Nicosia, vista aérea de la antigua ciudad amurallada y en color, trazado actual de la línea verde que divide la ciudad.



Fuente: elaboración propia.

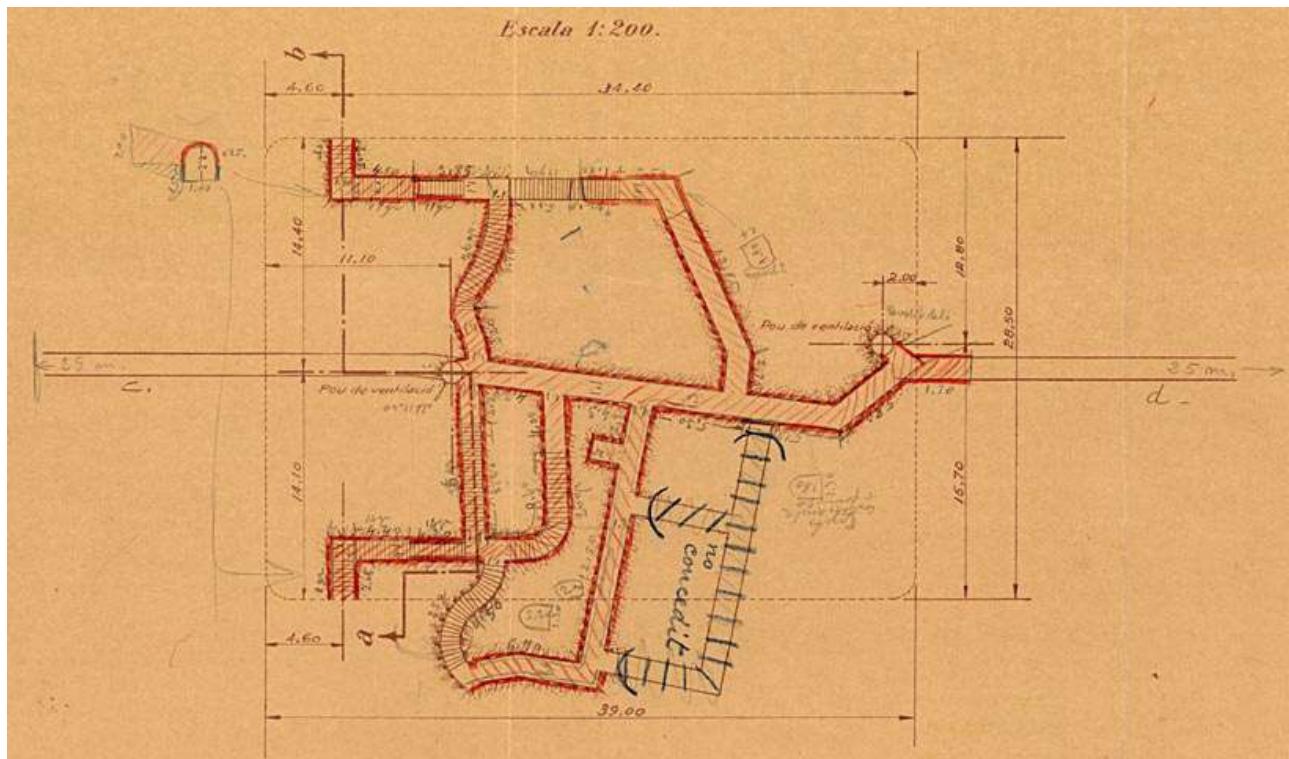
[4] COMBINAR ADECUADAMENTE LAS ANTERIORES

La cuarta opción de la ciudad frente a la incertidumbre es combinar adecuadamente el aumento de la complejidad, la anticipación y la acción/control del entorno. Pongamos en este caso un ejemplo menos contemporáneo, el caso de los refugios antiaéreos construidos en la ciudad de Barcelona durante la Guerra Civil Española. El sistema social construyó redes espaciales superpuestas para tornarse invisible, a través de la continuación de la red hacia el subsuelo como medida de protección. Durante esta guerra se produjeron los primeros bombardeos aéreos masivos a ciudades de la retaguardia, predecesores de lo que serían los bombardeos de la Segunda Guerra Mundial y que acarrearían la destrucción de decenas de ciudades. En Barcelona, al igual que en muchos otros puntos de la geografía ibérica, se construyeron más de 1.000 refugios antiaéreos (figura 6) (Pujadó Puigdomènech, 1998; Villarroya i Font, 1999)⁴. Los sótanos y túneles existentes en la ciudad eran insuficientes para la supervivencia de la población y por ello el sistema social se autoorganizó para construir nuevos elementos comunicativos cuya función esencial era la protección. En este caso los refugios subterráneos se convirtieron en nuevos espacios relationales que aumentaron la complejidad de la red urbana, dotando de mayor probabilidad de supervivencia a la población y al propio sistema urbano y permitiendo, además, la anticipación frente al incremento de incertidumbre del entorno. Por un lado, la ciudad aumentó su complejidad material, energética y comunicativa y por otro, esta construcción material de la complejidad con mayor diversidad de estados accesibles estaba respaldada por una estrategia de anticipación que anunciaba los bombardeos sobre la ciudad. Durante la guerra, los refugios eran una red invisible para unos y muy visible para otros; era una red posible, aunque de uso discontinuo; era una red tan extremadamente vinculada a la función de seguridad, que al terminar la guerra cayó parcialmente en desuso en los espacios públicos y se reutilizó con otras funciones en ámbitos privados. La construcción de estos refugios antiaéreos no era sólo producto de la inminencia de la guerra, sino que la defensa pasiva –que había empezado a difundirse en Europa tras la Primera Guerra Mundial– fue una de las estrategias de intervención en la ciudad, que se extendió por Europa antes del inicio de la Segunda Guerra Mundial. Estos elementos de protección, al tornarse sistémicos, modificaron la lectura de la ciudad en tiempos inciertos, anticipándose al peligro y construyendo una red de ayuda mutua.

⁴ Barcelona fue una de las ciudades bombardeadas durante la Guerra Civil Española, especialmente sangrientos fueron los días 16, 17 y 18 de marzo de 1938, por la Aviación Legionaria Italiana emplazada en Mallorca. La construcción de refugios se tornó una respuesta masiva y popular frente a los ataques (véase Pujadó Puigdomènech, 1998; Villaroya i Font, 1999).

Figura 6.

Planta del proyecto del refugio núm. 232 en la Plaza del Diamante, Barcelona, 1937/1938.



Fuente: Ayuntamiento de Barcelona: Junta Local de defensa pasiva, 1937/1938. Archivo Municipal Contemporáneo de Barcelona.

[5] INVENTAR UNA NUEVA INDIVIDUALIDAD, CON UNA NUEVA IDENTIDAD...

La quinta opción de la ciudad frente a la incertidumbre del entorno es inventar una nueva individualidad. Aunque pueda parecer una situación extrema, también existen ejemplos urbanos que materializan este proceso evolutivo. Es el caso del centro de Beirut, que tras más de quince años de guerra, vio su identidad arrasada en un doble urbicidio. La ciudad de Beirut yace en un pequeño puerto natural de orientación norte en la costa este del Mediterráneo, un enclave antropizado desde la época fenicia. En el último cuarto del siglo XX, la inestabilidad económica, sectaria, política y social del Líbano desencadenó un paulatino aumento de la incertidumbre que derivó en la Guerra Civil Libanesa [1975-1989], cuya violencia afectó gravemente el sistema urbano del centro de la ciudad (figura 7). Tras el fin de la guerra y advenido un nuevo orden político, el poder instauró la reconstrucción del Distrito Central de Beirut como parte del discurso para la reunificación nacional, mediante un proyecto liderado por la empresa Solidere, la cual propició la destrucción de gran parte del tejido afectado por la guerra, borrando selectivamente su memoria espacial (figura 8). Desde las primeras propuestas del plan de reconstrucción, el modelo anterior de mercados informales y vivienda de grano pequeño y de escasa renta desapareció (Verdeil, 2002). Los nuevos planes indujeron un nuevo futuro para el Centro de Beirut, convertir los *souks* otomanos en un nuevo *down town*. Más del 80% de las edificaciones fueron derribadas, muchas de ellas durante el proceso de reconstrucción que indujo a un futuro material prácticamente generado a través de la *tabula rasa* (Schmid, 2006, pp. 365-381). El centro cambió no sólo como espacio físico, sino que también su morfogénesis se interrumpió. Al decretarse el plan de reconstrucción bajo una sola sociedad inmobiliaria, se borró la traza de la propiedad, interrumpiendo la ontogénesis de las parcelas y construyendo un nuevo futuro para clases socioeconómicas pudientes cuya promoción se desligó de los antiguos derechohabientes. Se materializó una nueva individualidad desencadenada por la incertidumbre que, aunque materialmente más robusta, parece menos compleja que la anterior.

Figura 7.
Imagen aérea de 1976 del Puerto de Beirut.



Fuente: Ministerio de Fomento del Líbano, división topográfica y fotográfica, 1976. Archivo IFPO, Beirut.

Figura 8.

Imagen de la construcción del nuevo Distrito Central de Beirut, y del nuevo ámbito ganado al mar gracias a los derribos.



Fuente: elaboración propia, 2016.

Los cambios y estrategias producidos en el sistema espacial de estas cinco ciudades bajo procesos de incremento de la incertidumbre representan la adaptación a través de la ampliación de una fluctuación estacionaria y permiten clasificar las transformaciones urbanas según el enunciado de la tautología matemática sobre el acoplamiento sistema-entorno a partir del análisis empírico. El proceso evolutivo de adaptación frente a una situación disruptiva es, en la ciudad, un eslabón más de su evolución, el cual forma parte de su producción y permite observar estrategias que pueden ayudar a la planificación resiliente de futuros.

Conclusiones: La memoria como estrategia para la incertidumbre del futuro

La ruptura de linealidad causada por el incremento de incertidumbre va más allá de las transformaciones y alteraciones estables. El incremento de incertidumbre dificulta la proyección, puesto que las bifurcaciones posibles se vuelven dispares y los futuros inciertos. Esta sensibilidad respecto a las condiciones iniciales es la definición matemática del *caos*. Por eso, los procesos caóticos son difíciles de prever. Sin embargo, gracias a la aproximación sobre el acoplamiento entre sistema y entorno relucen diversas estrategias de trabajo frente a la incertidumbre. La ciudad puede aumentar su complejidad, anticiparse frente a lo incierto o actuar sobre su entorno –o, en último término, cambiar su identidad como sistema urbano–. Determinar cuál será el proceso más adecuado en cada una de las solicitudes dependerá de las propuestas materiales, energéticas y comunicativas del propio sistema. Sin embargo, cualquiera que sea el comportamiento, no será posible materializar una solución o respuesta, puesto que el acoplamiento entre sistema y entorno no es del tipo *input-output*. Por el contrario, cualquier acción que trabaje sobre la incertidumbre debe, en primer lugar, aceptar su *azar* intrínseco. Las prospecciones serán de mayor relevancia trabajando con la probabilidad; además, analizar el pasado desde el presente y el papel del futuro en el pasado puede permitirnos entender la dificultad de proyección de los procesos no lineales, los cambios catastróficos y, a su vez, puede permitirnos conocer mejor las bifurcaciones de estados posibles. La memoria de las estructuras materiales, energéticas e informativas es la base sobre la que trazar las estrategias de complejidad, anticipación y control sobre la incertidumbre del entorno, siendo siempre conscientes de que el futuro es por definición incierto.

Referencias bibliográficas

- Aquilué, I. y Roca, E. (2019).** Bijlmermeer, cambio e hibridación en la ciudad del futuro. *ZARCH Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism*, (12), 210-223. https://doi.org/10.26754/ojs_zarch_zarch.2019123388
- Calame, J. y Charlesworth, E. (2009).** *Divided cities: Belfast, Beirut, Jerusalem, Mostar, and Nicosia*. University of Pennsylvania Press.
- Geddes, P. (2009).** *Ciudades en evolución*. KRK Ediciones.
- Glansdorff, P. y Prigogine, I. (1971).** *Thermodynamic theory of structure, stability, and fluctuations*. Wiley Interscience.
- Luhmann, N. (1998).** *Sistemas sociales. Lineamientos para una teoría general*. Anthropos, Universidad Iberoamericana, CEJA, Pontificia Universidad Javeriana.
- Margalef, R. (1980).** *La biosfera, entre la termodinámica y el juego*. Ediciones Omega.
- Maturana, H. y Varela, F. (1990).** *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del conocimiento humano*. Debate.
- Moreno, J. (2020).** De la resistencia a la resiliencia. Nuevos paradigmas en la gestión del agua en los Países Bajos. *ZARCH Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism*, (15), 66-79. https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2020154619
- Morin, E. (1994).** *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (2009).** Naturaleza y creatividad. En I. Prigogine *¿Tan sólo una ilusión?* (pp. 67-98). Tusquets.
- Pujadó Puigdomènec, J. (1998).** *Oblits de rereguarda: els refugis antiaeris a Barcelona, 1936-1939*. Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Ruimte voor de rivieren. (2020).** *Rijkswaterstaat*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/ruimte-voor-de-rivieren/index.aspx>
- Ruiz Sánchez, J. (2001).** Sistemas urbanos complejos. Acción y comunicación. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, (32), 1-78.
- Schmid, H. (2006).** Privatized urbanity or a politicized society? Reconstruction in Beirut after the civil war. *European Planning Studies*, 14(3), 365-381. <https://doi.org/10.1080/09654310500420859>
- Shannon, C. E. (1948).** A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Steadman, P. (2008).** *The evolution of designs. Biological analogy in architecture and the applied arts*. Routledge.
- Verdeil, É. (2002).** *Une ville et ses urbanistes: Beyrouth en reconstruction*. [Tesis doctoral, Département de Géographie, Université de Paris I, París]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/halshs-00003919>
- Villarroya i Font, J. (1999).** *Els bombardeigs de Barcelona durante la Guerra Civil: 1936-1939*. Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Wagensberg, J. (2003).** *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Tusquets.

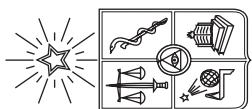
Wagensberg, J. (2000). Complexity versus uncertainty: The question of staying alive. *Biology and Philosophy*, 15(4), 493-508. <https://doi.org/10.1023/A:1006611022472>

Wagensberg, J. (2010). *Las raíces triviales de lo fundamental*. Tusquets.

Wagensberg, J., García Leal, A., y Lins de Barros, H. G. P. (2010). Individuals versus individualities: A Darwinian approach. *Biological Theory*, 5(1), 87-95. https://doi.org/10.1162/BIOT_a_00020

Wassenberg, F. (2013). *Large housing estates: ideas, rise, fall and recovery. The Bijlmermeer and beyond*. Delft University Press.

revista invi



Revista INVI es una publicación periódica, editada por el Instituto de la Vivienda de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, creada en 1986 con el nombre de Boletín INVI. Es una revista académica con cobertura internacional que difunde los avances en el conocimiento sobre la vivienda, el hábitat residencial, los modos de vida y los estudios territoriales. Revista INVI publica contribuciones originales en español, inglés y portugués, privilegiando aquellas que proponen enfoques inter y multidisciplinares y que son resultado de investigaciones con financiamiento y patrocinio institucional. Se busca, con ello, contribuir al desarrollo del conocimiento científico sobre la vivienda, el hábitat y el territorio y aportar al debate público con publicaciones del más alto nivel académico.

Directora: Dra. Mariela Gaete Reyes, Universidad de Chile, Chile

Editor: Dr. Luis Campos Medina, Universidad de Chile, Chile.

Editores asociados: Dr. Gabriel Felmer, Universidad de Chile, Chile.

Dr. Walter Imilan, Universidad de Chile, Chile.

Coordinadora editorial: Sandra Rivera, Universidad de Chile, Chile.

Asistente editorial: Katia Venegas, Universidad de Chile, Chile.

COMITÉ EDITORIAL:

Dr. Victor Delgadillo, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México.

Dra. María Mercedes Di Virgilio, CONICET/ IIGG, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Dra. Irene Molina, Uppsala Universitet, Suecia.

Dr. Gonzalo Lautaro Ojeda Ledesma, Universidad de Valparaíso, Chile.

Dra. Suzana Pasternak, Universidade de São Paulo, Brasil.

Dr. Javier Ruiz Sánchez, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Dra. Elke Schlack Fuhrmann, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Dr. Carlos Alberto Torres Tovar, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Sitio web: <http://www.revistainvi.uchile.cl/>

Correo electrónico: revistainvi@uchilefau.cl

Licencia de este artículo: Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0
Internacional (CC BY-SA 4.0)