

Complejidad, resiliencia urbana e interdisciplinariedad en el estudio de las ciudades y el cambio climático. Una propuesta teórico-metodológica de abordaje.

Filiberto Adrián Moreno Mata

Resumen. Este documento presenta tres enfoques que se complementan para interpretar la dinámica del sistema urbano: el de sistemas complejos; el de la ciudad resiliente, y el de la interdisciplinariedad. El documento comienza con la consideración de las ciudades como un sistema social complejo y dinámico -lejos del equilibrio y abierto a su entorno- que está compuesto por elementos y actores, es decir, recursos endógenos, tanto naturales como artificiales -elaborados por sociedades humanas- que ponen en valor los recursos territoriales. Estos recursos y factores están relacionados y forman parte de otros sistemas territoriales de orden superior (municipal, estatal, regional), que, a su vez, están dentro de un sistema nacional conectado a la escala global. La incorporación de esta perspectiva analítica al estudio de las ciudades, y específicamente las relaciones entre cambio urbano y los efectos del cambio climático sobre el comportamiento del ciclo hidrológico, la gestión del agua de lluvia y el riesgo a inundaciones urbanas, ayudaría a crear sistemas urbanos con estructuras más viables, y redes plásticas y flexibles, con una mayor capacidad para adaptarse y evolucionar a las turbulencias y cambios en su entorno, y para tener herramientas más viables, eficaces y eficientes, en el marco de la sustentabilidad urbana. El objetivo del documento es generar conocimiento para identificar problemas, esclarecer dinámicas y presentar herramientas que permitan una mejor comprensión del entorno sistémico urbano en el que se inscribe la dinámica y funcionamiento de las ciudades en México.

Palabras clave: complejidad y resiliencia urbana; cambio climático; interdisciplina.

Abstract: This document presents three complementary approaches to interpreting the dynamics of the urban system: that of complex systems; that of the resilient city, and that of interdisciplinarity. The document begins with the consideration of cities as a complex and dynamic social system - far from balance and open to their environment - which is composed of elements and actors, that is, endogenous resources, both natural and artificial - developed by human societies - that value territorial resources. These resources and factors are related and are part of other higher-order territorial systems (municipal, state, regional), which in turn are within a national system connected to the global scale. The incorporation of this analytical perspective into the study of cities, and specifically the relationships between urban change and the effects of climate change on the behavior of the hydrological cycle, rainwater management and the risk to urban floods, would help to create urban systems with more viable structures, and plastic and flexible networks, with a greater capacity to adapt and evolve to turbulence and changes in their environment , and to have more viable, effective and efficient tools, within the framework of urban sustainability. The objective of the document is to generate knowledge to identify problems, clarify dynamics and present tools that allow a better understanding of the urban systemic environment in which the dynamics and functioning of cities in Mexico are recorded.

Keywords: urban complexity and resilience; climate change; interdiscipline

Introducción

El cambio climático es considerado uno de los principales problemas ambientales que desafían a las ciudades contemporáneas. Por su parte, el modelo predominante y los patrones de crecimiento urbano-demográfico, constituyen importantes contribuyentes al cambio climático, afectando los consumos totales de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero, el agotamiento de los recursos hídricos y la generación de grandes volúmenes de aguas residuales -derivadas de la precipitación pluvial y del consumo humano-. Para modificar esta situación, se requiere una transformación radical en los patrones actuales de desarrollo urbano que permita contrarrestar la baja capacidad de resiliencia y su contraparte, la elevada vulnerabilidad, de las ciudades en países emergentes como México, a eventos disruptivos relacionados con el cambio climático.

Una de estas amenazas o riesgos son las inundaciones urbanas, que constituyen un peligro potencial, y muchas veces real, que ha ido ganando gran importancia en la actualidad, debido a que las ciudades están en constante crecimiento y a que los procesos y modalidades de urbanización prevalecientes alteran los componentes del ciclo hidrológico (Tucci y Bertoni, 2006), causando episodios de lluvia que antes no eran significativos, pero que ahora pueden tener consecuencias peligrosas o desastrosas, causar devastación generalizada, daños económicos e incluso pérdida de vidas humanas. Si esto se asocia con el impacto del cambio climático nos enfrentamos a un fenómeno cuyas consecuencias pueden alcanzar dimensiones de desastre. De hecho, la variabilidad climática natural acoplada al proceso de cambio climático, es generalmente reconocida como la razón principal del aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, que son uno de los principales factores de las inundaciones urbanas (SADSN, 2014).

En la práctica, existe una estrecha relación entre el ciclo hidrológico, los ecosistemas urbanos y la sociedad. Esta relación se da por la interacción entre la estructura y funcionalidad de los diferentes ecosistemas presentes en una cuenca fluvial y se acentúa por la presencia de procesos sociales, políticos y económicos propios de los territorios urbanos. Hay un gran número de factores en esas interrelaciones, que configuran problemas particulares para cada ciudad: la degradación de los recursos hídricos, el agotamiento de las fuentes de agua y el desperdicio de grandes cantidades de aguas residuales, derivadas de los usos domésticos e industriales y los servicios, así como de la escorrentía de agua pluvial, que transcurre periódica o estacionalmente en la superficie urbanizada sin ninguna posibilidad de retención y mucho menos de utilización.

En este marco inicial de abordaje, surgen algunas interrogantes: ¿Están preparadas las ciudades para hacer frente a los cambios impuestos por la rápida urbanización, el crecimiento de la población y el cambio climático? ¿Cómo afectan estos procesos a la capacidad urbana para hacer frente a las inundaciones? Durante las últimas décadas, tanto el contexto como las causas de las inundaciones urbanas han sido modificados, y en muchos casos, su impacto es más grave y se está acelerando (Shelfaut y otros, 2011). La comprensión de estos problemas ha abierto un amplio campo de discusiones a nivel local, regional y global, generando diversos paradigmas, enfoques, políticas y estrategias, cuyo reto es abrir caminos hacia la transformación de esta realidad urbana. Se ha llegado a un consenso sobre la necesidad de cuestionar el paradigma clásico del manejo o manejo de estos desastres para dar paso a la adopción de nuevos paradigmas centrados en enfoques sistémicos, integrados dinámicos y con carácter interdisciplinario.

Enfoques teóricos y conceptos

La primera cuestión que debe abordarse es lo que se entiende por un sistema complejo, para profundizar aún más el estudio de la ciudad como un sistema complejo y abierto, y específicamente, en cómo el enfoque sistémico puede conectarse con el concepto de ciudades resilientes y con la perspectiva de la interdisciplinariedad. Un punto básico del enfoque teórico-conceptual se refiere a la identificación de los límites o demarcación territorial del sistema, y a confirmar la pertinencia de estudiarlo como un sistema complejo.

¿Qué es un sistema complejo?

Los sistemas complejos son sistemas estructurados que se componen de una serie de elementos o variables que están estrechamente interrelacionados e interactúan entre sí para contribuir al comportamiento general del sistema (García, 2006). Esta interacción de sus diferentes elementos produce un comportamiento emergente en el sistema, lo que hace casi imposible tener una perspectiva generalizada para predecir su comportamiento en vista del gran número de elementos que pueden conformarlos, ya que esto requiere un análisis individual de cada uno de ellos. Por lo tanto, no es posible limitar su descripción a un número específico de parámetros o variables que caracterizan al sistema, sin perder sus propiedades funcionales, que según la definición de sistemas se compone de varias partes interconectadas cuyos enlaces contienen información adicional y comunicación entre sus componentes que puede estar oculta al observador (Prigogine y Stengers, 1994).

Los sistemas complejos presentan una serie de características: retroalimentación, emergencia, adaptación, recursividad, irreductibilidad, auto-organización y causalidad circular (Vergara y Zurek, 2013: 91- 93). Los sistemas complejos, a su vez, son: i) sistemas emergentes, porque desarrollan comportamientos emergentes que pueden evolucionar de reglas simples a otros más complejos, dependiendo de las necesidades que el entorno requiera; ii) sistemas autoorganizados porque tienden a modificar y organizar sus estructuras a través de procesos internos, que aseguran su supervivencia de acuerdo con las demandas impuestas por el medio ambiente (Vergara y Zurek, 2013, p. 104) y parte de la viabilidad del cambio viene de la capacidad interna de estas estructuras para adaptarse al momento, y generar acciones emergentes, y iii) sistemas adaptativos complejos, porque están compuestos por la interacción entre las partes, lo que da lugar a patrones de comportamiento emergente, es decir, a cambios de comportamiento para adaptarse a los cambios en su entorno (Sanders, 2003).

Los sistemas complejos se caracterizan por su robustez, estabilidad y resistencia (resilience en inglés, de donde proviene el término resiliencia) y se encuentran en un espacio territorial. Por lo tanto, se puede decir que los espacios locales, incluidas las ciudades, contienen otros sistemas complejos que están interrelacionados. Así, se identifican cuatro aspectos básicos de la complejidad: i) jerarquía y estructura, señalando que los sistemas complejos están compuestos por subsistemas y éstos, a su vez, tienen sus propios subsistemas; ii) la evolución de sistemas jerárquicos; iii) las propiedades dinámicas de las estructuras organizadas de los sistemas y su descomposición en subsistemas, y iv) la relación entre los sistemas complejos y su descripción.

La ciudad como sistema complejo

Durante muchos años se han realizado diversos estudios sobre la dinámica de los diferentes sistemas urbanos en los que se desarrollan las sociedades (Alberti, 2003; Papa y otros, 2015; entre otros). El enfoque sistémico, que entiende la ciudad como un sistema complejo en desarrollo, ha sido propuesto como un marco interpretativo e instrumental de la ciudad desde campos de estudio como la geografía, la sociología y el urbanismo (Batty, 2013; Soja, 2008). Desde la perspectiva de sistemas complejos, la esencia de las ciudades reside en sus procesos internos. Como sistema abierto, la ciudad interactúa con su contexto socioterritorial, que, sin embargo, tiene una lógica intrínseca interna. Sin embargo, las ciudades son espacios locales que tienen límites definidos y/o definibles que permiten identificar sus componentes y sus relaciones estructurales, relacionales y funcionales.

Por lo tanto, un espacio local o una ciudad, puede ser un sistema si tiene composición, estructura y entorno. Además, contiene una sociedad que se identifica con el territorio del que forma parte, y está compuesto por sistemas autopoyéticos de primer orden (células), segundo orden (organismos) y tercer orden (ecosistema, sociedad). Por esta razón, la introducción de este conocimiento a nivel local contribuye a su evolución de manera sostenible. En resumen, el enfoque sistémico concibe la ciudad como “un patrón en el tiempo” (Johnson, 2003, p. 94), definido por su estructura interna, que sólo puede explicarse como un proceso no lineal.

En este sentido, la naturaleza de las ciudades es inestable, dando lugar continuamente a procesos continuos de cambio, crisis y adaptación. Sin embargo, podemos reconocer la misma ciudad en todas sus etapas; incluso cuando se traslada completamente a otro lugar (como el caso de Brasilia, la capital de Brasil), debido a desastres naturales o proyectos institucionales, de infraestructura, epidemias o guerras. La hipótesis que guía el análisis sistémico implica un cambio en la comprensión de la forma en que una ciudad trabaja a largo plazo; la clave de esto es que intuitivamente se comprende a las ciudades como una estructura compleja que se mantiene estable a pesar de estar lejos de una situación de equilibrio, porque preserva patrones particulares de desarrollo.

En síntesis, conceptualizar a la ciudad como un sistema complejo, implica una visión alternativa al enfoque analítico que caracteriza las disciplinas del urbanismo, la plenación territorial y urbana, y aún el diseño urbano y del paisaje, forjadas en una visión disciplinaria, parcial, determinista, reduccionista. En contraste con este enfoque tradicional, el análisis sistémico construye una perspectiva para definir lo urbano, entendiendo la simultaneidad y compleja interrelación de las dimensiones social, económica, política y espacial, así como la diversidad entre los actores, los recursos y los flujos de intercambio que caracterizan el metabolismo cotidiano de las ciudades. En contrapartida de la visión mecanicista que concebía a la ciudad como una gran máquina y del enfoque determinista que la presentaba como un mecanismo que funcionaba según criterios establecidos a priori y externos -a través del diseño urbano y la zonificación de los usos del suelo-, con el fin de organizar, modelar y controlar ciertos procesos sociales y productivos, el análisis sistémico estudia el fenómeno urbano en relación con un contexto más amplio, con énfasis en los procesos sinérgicos que generan y reproducen dinámicamente a lo largo del tiempo, y en una interacción entre los componentes de la ciudad y su entorno (interno y externo) (Boccolini, 2016).

La resiliencia del sistema urbano

En la lógica de un sistema complejo, las ciudades, según sus circunstancias, generan simultáneamente procesos de homeostasis, que determinan la resiliencia del sistema urbano (en comparación con una fluctuación, el sistema tiende a mantener su condición inicial de mecanismos de retroalimentación negativa que reducen la desviación del sistema) y los procesos de aprendizaje, adaptación y evolución (donde las fluctuaciones son tan fuertes que empujan el sistema a través de una situación de inestabilidad hacia una nueva y relativamente más estable situación).

Esto explica la hiperestabilidad desarrollada por sistemas complejos, como ciudades y estructuras sociales, que pueden soportar cambios muy intensos -cuantitativa y cuantitativamente- de su contexto o internamente, y sin embargo preservar las propiedades organizativas que las caracterizan (Boccolini, 2016). Aunque el concepto de Ciudad Resiliente se ha puesto en boga en una etapa reciente, los estudios sobre resiliencia se han desarrollado desde los años cincuenta a través de diferentes campos disciplinarios, desde la física hasta la psicología, desde la ecología hasta la ciencia de la gestión.

Holling (1996) proporcionó una distinción central y clara entre dos enfoques principales: el de la ingeniería y el ecológico. Según Holling (1996) el enfoque de ingeniería, que se refiere a la estabilidad, eficiencia, constancia, previsibilidad, tiempo de retorno a un estado anterior y, sobre todo, a la idea de un equilibrio único y estable, utilizando "la resistencia a la perturbación y la velocidad de retorno al equilibrio...". En sentido contrario, el enfoque ecológico, enfatiza las "...condiciones alejadas de cualquier estado estable de equilibrio", y reconoce la existencia de múltiples estados de equilibrio, que pueden ser absorbidos antes de que un sistema cambie su estructura" (Papa y otros, 2015, p. 28). Así, la resiliencia ecológica se centra en la doble posibilidad de que un sistema absorba los cambios, manteniendo sus características principales, por debajo de un umbral determinado de perturbación, o cambie su estado, moviéndose hacia uno diferente, no necesariamente mejor que el anterior, por encima de dicho umbral (Papa et al., 2015, p. 29).

Existen numerosas y heterogéneas definiciones del concepto de ciudades resilientes; algunos de ellas han sido proporcionados por académicos (Fusco Girard y otros, 2012; Newman y otros, 2009) y otras por instituciones o fundaciones privadas. Según estas definiciones, la ciudad resiliente es la que apoya el desarrollo de una mayor resistencia en sus instituciones, infraestructura, vida social y económica. Las ciudades

resilientes reducen la vulnerabilidad a eventos extremos y responden creativamente a los cambios económicos, sociales y ambientales con el fin de aumentar su sostenibilidad a largo plazo.

Una ciudad resiliente se caracteriza por: i) su capacidad de resistir o absorber el impacto de un peligro a través de la resistencia o adaptación, lo que permite mantener ciertas funciones y estructuras básicas durante una crisis y recuperarlas después de un evento disruptivo (ya sea de orden natural, económico o social); ii) tener sistemas integrados que puedan adaptarse al cambio (por ejemplo, diversidad de sistemas de transporte y uso del suelo, y múltiples fuentes de energía renovables,) y permitir a la ciudad sobrevivir a la escasez de suministros o insumos y, iii) una visión de la ciudad donde se están haciendo esfuerzos para aumentar la capacidad de la ciudad para responder a factores de presión heterogéneos (clima, medio ambiente, energía y economía), con el objetivo de garantizar una mejor calidad de vida y un desarrollo urbano sostenible (Boccolini et al., 2016).

La literatura reciente sobre el tema ha ampliado aún más el concepto de resiliencia, definiéndolo como una interacción dinámica de persistencia, adaptabilidad y transformabilidad en múltiples escalas (Batty, 2013; Papa y otros, 2015). Además, algunos estudiosos han señalado la importancia del “aprendizaje continuo”, proporcionando una idea de la capacidad de resiliencia como avances o mejoras en las estructuras y funciones esenciales de las ciudades (Folke y otros, 2010; Cutter y otros, 2008; citado por Papa y otros, 2015: 28). Por lo tanto, las capacidades y habilidades enunciadas se han clasificado como las propiedades clave de una ciudad resiliente o, mejor, como los principales objetivos a los que deben acoplarse las estrategias y medidas para mejorar la respuesta de las ciudades ante el cambio climático (Papa et al., 2016).

La capacidad de las ciudades como sistemas complejos y resilientes. El ejemplo de las inundaciones urbanas

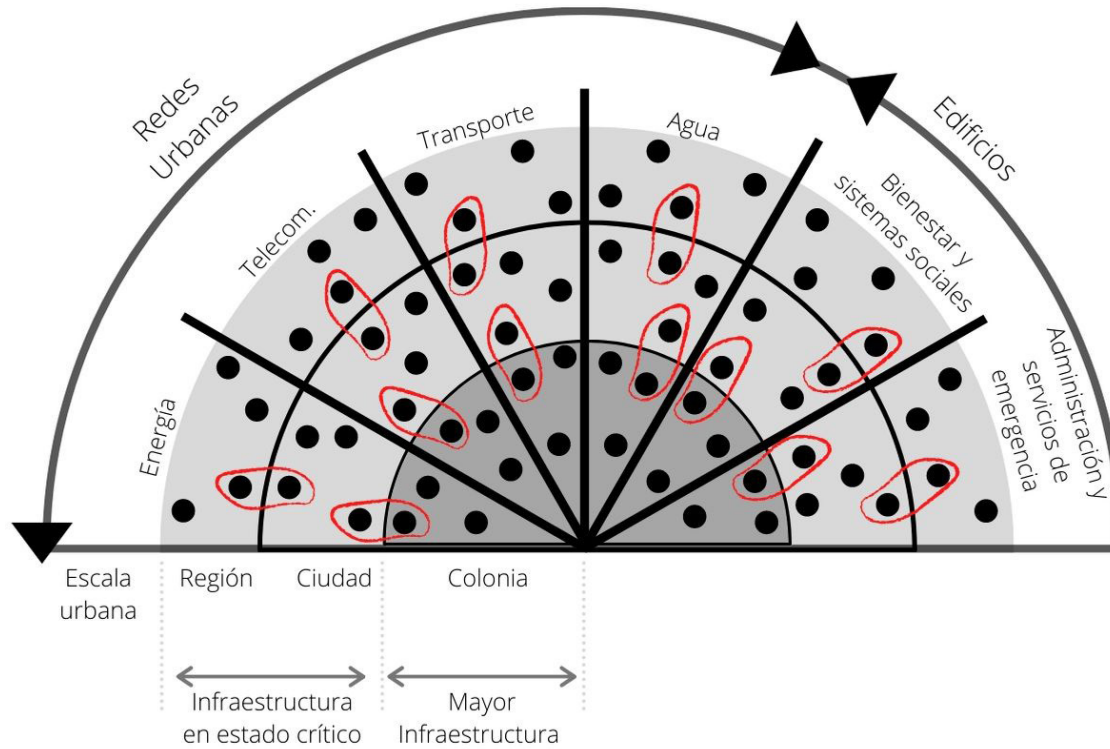
El enfoque de resiliencia urbana parte del supuesto que el ser humano no domina completamente la naturaleza. Esta perspectiva de análisis permite adoptar nuevas ideas en relación a la gestión del riesgo urbano en general, y del riesgo a inundaciones urbanas y, por lo tanto, centrar de manera diferente la vulnerabilidad de las ciudades a estos fenómenos. El concepto de resiliencia aplicado planeación y diseño de sistemas urbanos, facilita la adopción de una visión integradora de los diferentes componentes que deben ser considerados en la gestión de los riesgos de

inundación y en la generación de estrategias y proyectos que reducen la vulnerabilidad de las ciudades a su impacto.

En consecuencia, la resiliencia urbana surge como uno de los medios con mayor potencial para que los sistemas urbanos puedan hacer frente a impactos naturales inesperados y lograr la sostenibilidad en el tiempo. Sin embargo, reorientar la planeación, la administración y la gestión de las ciudades hacia la resiliencia urbana presenta algunas limitaciones operativas y metodológicas reconocidas en la literatura sobre el tema (Toubin y otros, 2014).

Apesar de las dificultades que interfieren en su implementación y ejecución, el concepto de resiliencia urbana es cada vez más importante. Tanto teórica, como empíricamente, es importante reconocer que este enfoque ofrece grandes oportunidades para promover formas alternativas de planeación, ordenamiento y diseño de ciudades, nuevas dinámicas y posibilidades de desarrollo y transformación del tejido urbano, y una mayor capacidad de resistencia a eventos disruptivos, como podrían ser los fenómenos hidrometeorológicos que generan las inundaciones urbanas.

Algunos autores (Moreno Mata y otros, 2019), identifican tres capacidades de resistencia de las ciudades a las inundaciones: resistencia, absorción y recuperación. La capacidad de resistencia se define como "... la capacidad de una ciudad para absorber interrupciones y recuperar sus funciones después de los disturbios" (Serre y otros 2016). La capacidad de absorción se considera la capacidad de un sistema para operar a pesar de la ocurrencia de eventos negativos. La capacidad de recuperación proporciona la capacidad de un sistema para poner sus componentes dañados en servicio como un espacio temporalmente en línea. (Vale y Campanella, 2005). Esta capacidad es la más representativa del concepto de resiliencia urbana. En resumen, la resiliencia urbana es un concepto que permite reorientar posibles respuestas a las preguntas planteadas anteriormente. En primer lugar, porque en el caso de las ciudades, permite observarlas como sistemas abiertos y complejos que se caracterizan por procesos de cambio dentro de su entorno (Lhomme, 2012). Desde la perspectiva que combina la complejidad y la resiliencia de los sistemas urbanos, estos procesos de cambio implican múltiples dimensiones, componentes y escalas; dimensiones diversas de orden físico – natural, socio económico y técnico, que incluyen el espacio físico, el espacio económico, el espacio social, las infraestructuras urbanas y los flujos de movilidad, energía, intercambio, comunicación, personas, bienes y servicios que se producen cotidianamente para dar vida a las ciudades (Balsells y otros, 2013; Serre y otros, 2016), véase la Figura 1.



Nota clave:

- Componente urbano considerado esencial en una sola escala urbana.
- Componente urbano similar, considerado esencial en diferentes escalas urbanas.

Figura 1.
La Ciudad Resiliente. Componentes y escalas urbanas.
Fuente: elaboración propia con base en Balsells y otros, 2013.

De esta forma, como sistema abierto y complejo, la ciudad se compone de subsistemas de diferentes tipos: i) territoriales (incluyendo los sistemas intraurbano, urbano, regional y más), ii) naturales, iii) económicos, iv) sociales, v) residenciales (suelo y vivienda), vi) físicos, vii) institucionales y viii) culturales, entre otros, que a su vez integran otros subsistemas. Además, sus componentes, elementos y actores incluidos en cada subsistema, están relacionados entre sí y con los de otros sistemas territoriales de orden superior, del mismo orden o de orden inferior. Por lo tanto, el estudio de las ciudades, que se componen de sistemas y subsistemas, es más complejo debido a las relaciones existentes dentro de los subsistemas y entre los subsistemas que los forman, aunque la existencia de subsistemas facilita el estudio y la comprensión del comportamiento de las ciudades.

El modelo conceptual para comprender ciudad

La complejidad resultante del análisis expuesto en párrafos anteriores podría simplificarse a partir de un modelo conceptual de relaciones, en el que los principales ejes conductores o las dimensiones de la sostenibilidad de las ciudades son los recursos naturales y ambientales, las tendencias económicas y sociales, los patrones de expansión urbana y residencial, la gestión institucional, financiera y tecnológica de la ciudad. A su vez, estos conductores actúan en tres niveles: el nivel superior moldeado por el sistema social, y en el que participan los principales actores sociales (hogares, empresas, promotores inmobiliarios y gobierno), los mercados urbanos (empleo, suelo y vivienda), los recursos y factores (población, empleo, suelo, infraestructura y redes de transporte), y las instituciones (ONG; organismos oficiales, etc.). El modelo conceptual - proporciona una base teórica sólida para la construcción de ciudades resilientes frente al cambio climático y sus impactos. También permite localizar las características estratégicas necesarias para lograrlo. Dentro del modelo, todas las características seleccionadas, según su significado y relevancia, han sido jerarquizadas y relacionadas con una o más de las propiedades clave identificadas en las capacidades de aprendizaje, persistencia, adaptabilidad y transformabilidad (véase la figura 2).que permite a las personas participar en los procesos de toma de decisiones.

Estas propiedades clave se pueden mejorar mediante otras características subordinadas que pueden estar relacionadas con más de una propiedad clave, como la eficiencia, que es una propiedad del sistema común a la persistencia y a la adaptabilidad. De manera específica, la capacidad de aprendizaje se puede mejorar a través de estrategias y acciones encaminadas a mejorar: i) la capacidad de las redes, lo que permite a la ciudad conectarse espacial y virtualmente con personas, infraestructuras y dispositivos; ii) la capacidad de monitoreo, que permite la detección constante de las condiciones de un sistema urbano a través de sistemas de

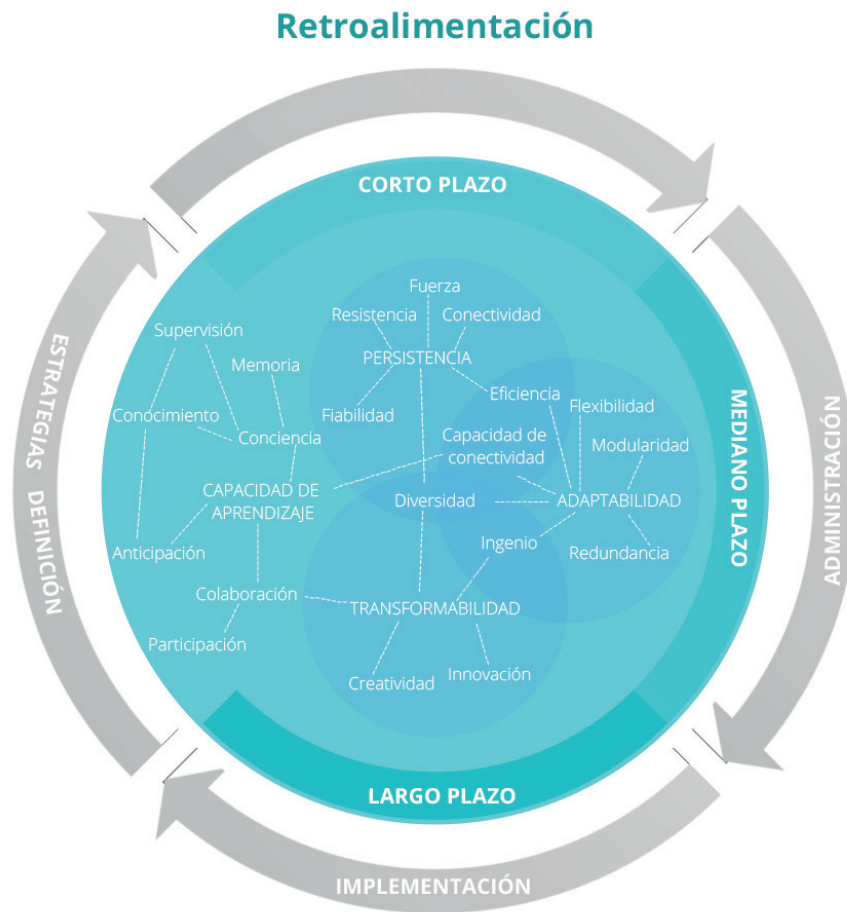


Figura 2. La Ciudad Resiliente. Modelo conceptual: roles y relaciones entre capacidades urbanas en el contexto del cambio climático. Fuente: elaboración propia con base en Papa y otros, 2015: 37.

indicadores y sistemas de información geográfica (SIG); iii) los conocimientos, que permiten desarrollar información sobre eventos y procesos; iv) la memoria, que permite aprender de eventos pasados para calcular posibles escenarios futuros; v) la colaboración, que favorece las interacciones y sinergias entre los diferentes actores; vi) la participación.

Además, la capacidad de aprendizaje y la persistencia son cruciales para desarrollar la concientización de las personas y las instituciones sobre las cuestiones climáticas, mejorar la capacidad de anticipar eventos futuros que puedan amenazar los sistemas urbanos y, sobre todo, depender de la supervisión y el conocimiento para garantizar una gestión eficaz del sistema urbano a lo largo del tiempo (Papa et al., 2016) (véase la figura 3).

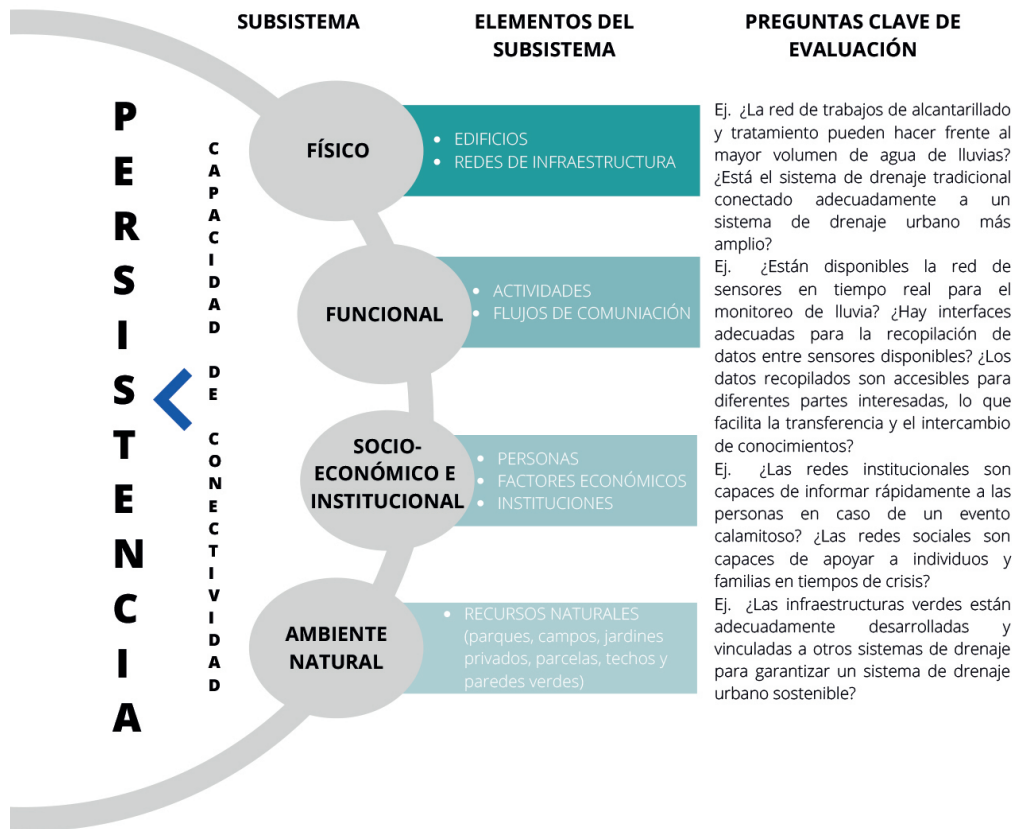


Figura 3. La Ciudad Resiliente. Modelo Conceptual (Persistencia): hacia una guía local para evaluar las características de un sistema urbano resiliente. Fuente: elaboración propia con base en Papa y otros, 2015: 39).

El concepto de interdisciplinariedad

De acuerdo con Thompson Klein (2005), el estudio de la interdisciplinariedad se ha definido como "...el proceso de dar respuestas a preguntas, resolver o enfrentarse a problemas que son demasiado amplios o complejos como para poder ser resueltos por una disciplina o profesión". Desde este punto de vista, agrega este autor, parece que la interdisciplinariedad guarda una relación muy estrecha con la complejidad. Así, la interdisciplinariedad, al igual que la complejidad, asume un enfoque de análisis en el que es necesario integrar las diferentes perspectivas que forman parte de un fenómeno, de un problema, de un "todo". En otras palabras, se afirma que "...todo lo interdisciplinario es complejo pero no todo lo complejo es necesariamente interdisciplinario" (Thompson Klein, 2005). Sin embargo, siguiendo a Rodríguez Zoya (2017: 226-227), es importante mencionar que, desde la perspectiva de la complejidad, existe una serie de consideraciones acerca del trabajo interdisciplinario. Este autor destaca entre ellas las siguientes:

La metodología de investigación interdisciplinaria de sistemas complejos exige la constitución de un equipo multidisciplinario compuesto por especialistas competentes en las disciplinas implicadas en la problemática bajo estudio.

La metodología interdisciplinaria es un proceso vinculado a un modo de organizar un trabajo colectivo a lo largo del tiempo.

La metodología interdisciplinaria requiere, al comienzo de la investigación, la articulación de diferentes enfoques disciplinarios para formular una "pregunta conductora" que permita delimitar y concebir un "problema común" y construir un "sistema complejo".

La metodología interdisciplinaria requiere que los miembros del equipo multidisciplinario compartan un marco epistémico, esto es, según García (2006: 33; citado por Rodríguez Zoya, 2017): "...una concepción compartida de la investigación científica y de sus relaciones con la sociedad".

Estas consideraciones planteadas por dicho autor, conllevan una serie de implicaciones de carácter metodológico para sistematizar la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, como las ciudades.

La metodología interdisciplinaria no supone la anulación de las disciplinas ni su integración o fusión en una especie de 'transdisciplina'. Contrariamente, la

investigación interdisciplinaria de un sistema complejo exige conocimientos especializados y especialistas competentes.

La interdisciplina es una cualidad de un equipo y no propiedad de un investigador individual: que un científico articule en su labor de investigación conocimientos de distintas disciplinas no lo sitúa en el ámbito del trabajo interdisciplinario.

El término multidisciplinaria es reservado para caracterizar al equipo de investigación mientras que la noción de interdisciplina alude específicamente a un proceso, a la forma particular de organizar el trabajo en el tiempo.

La metodología interdisciplinaria no emerge espontáneamente por la mera constitución de equipos "multidisciplinarios", es decir, por el sólo hecho de poner a especialistas de distintas disciplinas a trabajar juntos.

En consecuencia, la conformación de equipos multidisciplinarios es una condición necesaria pero no suficiente para el desarrollo de una práctica metodológica interdisciplinaria.

La metodología interdisciplinaria exige la construcción de un problema de investigación común y un marco epistémico compartido. Pues son justamente estas condiciones las que permiten establecer una distinción precisa y rigurosa entre la investigación interdisciplinaria y las nociones habituales de multi, poli o transdisciplina.

En conclusión, la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos -como las ciudades- "...comienza en el mismo punto de partida de la investigación" (García, 2006:105; citado por Rodríguez Zoya, 2017) y es condición de posibilidad para delimitar y construir un problema común. Es justamente la construcción compartida de una 'pregunta' y un 'problema', lo que signa el inicio del proceso de investigación interdisciplinaria.

La complejidad y la interdisciplinariedad

A pesar de que los conceptos que sustentan la complejidad y la interdisciplinariedad son muy antiguos, ambas son ideas relativamente nuevas. Los primeros indicios del concepto de interdisciplinariedad datan de las primeras décadas del siglo XX, de la época de la investigación científica en el campo social y de los movimientos en pro de la educación general Nieto Caraveo (1991). Los precedentes de la idea de

complejidad se remontan al inicio del siglo XX, en disciplinas tales como la biología y la filosofía, si bien la nueva ciencia de la complejidad se ha desarrollado a partir de la segunda mitad del siglo pasado (Prigogine y Stengers, 1994).

Sin duda alguna, en las últimas décadas, las dos ideas se han ido vinculando cada vez más. El nexo de unión entre las dos ideas ya se hacía evidente en las primeras conceptualizaciones sobre interdisciplinariedad. En la primera conferencia internacional sobre interdisciplinariedad en los años setenta, se hacía un llamado en busca de un nuevo enfoque, capaz de promover criterios para afrontar “situaciones dinámicamente cambiantes y complejas” (Nieto Caraveo, 1991). Una década más tarde, otra corriente de opinión identificó la “interdisciplinariedad de los sistemas complejos” como una de las principales formas ontológicas de desarrollo interdisciplinario de la ciencia moderna (Smirnov, 1983).

A medida de que la nueva ciencia de la complejidad se ha ido desarrollando, la complejidad se ha convertido en una palabra clave en los debates sobre la interdisciplinariedad. Así, Thompson Klein (2005), define el estudio de la interdisciplinariedad como “...el proceso de dar respuestas a preguntas, resolver o enfrentarse a problemas que son demasiado amplios o complejos como para poder ser resueltos por una disciplina o profesión”. En esta misma línea, Carvajal Escobar (2010) plantea que la colaboración interdisciplinaria es necesaria en tanto que los problemas son demasiado complejos como para poder ser valorados adecuadamente -y mucho menos poder ser resueltos-, con el mero conocimiento de una única disciplina. La complejidad y la interdisciplinariedad están relacionadas en una gran variedad de campos, desde los estudios literarios, física y biología, hasta la educación, política pública, medio ambiente y urbanismo y, naturalmente, su punto de partida varía (la explosión de conocimiento, diversidad cultural, problemas sociales y tecnológicos, o conceptos multifacéticos tales como el cuerpo, la mente, la vida, la ciudad, la sustentabilidad).

Los sistemas urbanos complejos y el enfoque interdisciplinario

Desde el enfoque de la complejidad y de la interdisciplina, la planeación territorial y urbana constituye una tarea compleja, propia de un equipo multi e interdisciplinar, que requiere una preparación detenida. Al respecto, Rodríguez Zoya (2017) se plantea la siguiente pregunta: ¿cuál es la concepción de interdisciplina que sostiene la teoría de sistemas complejos? El autor se responde: “...una primera aproximación puede sostenerse que la interdisciplina es una metodología orientada a articular

los conocimientos disciplinares necesarios para la comprensión de un sistema complejo. La pregunta crucial, desde el punto de vista metodológico, consiste en saber concretamente de qué trata dicha 'articulación' de disciplinas y cómo llevarla adelante" (Rodríguez Zoya, 2017).

Siguiendo esta idea, los sistemas urbanos complejos deben analizarse utilizando diferentes disciplinas. Cada punto de vista debe ser parte de una perspectiva más amplia que no se deriva de una mera suma de las diversas disciplinas (Thompson Klein (2005). De hecho, cada disciplina debe estar vinculada a las demás para proporcionar un marco de interpretación coherente y global. Esta tarea no se puede completar de manera eficiente sin el apoyo de un equipo estrechamente coordinado con una variedad de habilidades. El equipo debe garantizar que el estudio avance de multidisciplinario a interdisciplinario.

El enfoque interdisciplinario también se refleja en el diseño de políticas, estrategias y programas cuyo objetivo central es enfrentar y resolver problemas urbanos. De hecho, no se pueden tomar medidas para mejorar uno o más elementos sin tener en cuenta su posición en el sistema y la complejidad de las relaciones que lo rodean. Las características y problemas a analizar determinan la experiencia involucrada. La cuadrícula del problema / enfoque proporcionará asistencia. Las jerarquías operativas existen entre las diversas disciplinas y permiten identificar y organizar las prioridades en orden de importancia a nivel operativo.

Entre los enfoques que participan en la construcción de este enfoque interdisciplinario se encuentran el histórico, el demográfico, el económico, el sociológico, el geográfico, el planeación territorial y urbana, el logístico o de estrategia, y el jurídico – legal, entre otros (FAO, 2001). El papel de cada uno de estos principales enfoques depende del estudio de caso y de la asociación con las otras disciplinas. Es tarea de los investigadores de cada disciplina detallar la metodología específica y la manera como se puede interrelacionar con el campo de estudio de las otras disciplinas.

Propuesta metodológica

A partir del abordaje teórico – conceptual anterior, la propuesta metodológica para el estudio de la ciudades mexicanas, aplicando los enfoques de sistemas complejos ciudades resilientes e interdiscipliniedad consiste en tres fases. La primera contempla un diagnóstico integrado de la ciudad como objeto de estudio, que muestre sus recursos naturales -geográficos, económicos, urbanos,

socio- residenciales e institucionales para detectar sus componentes estratégicos (elementos, actores y variables). La segunda fase incluye un análisis sistémico que integre las cinco dimensiones o subsistemas mencionados, que se superponen en capas de información (estadística, documental, cartográfica, fisiográfica, hidrográfica, clima, uso del suelo, vialidad y transporte, etc.), creando valor agregado en cada uno de los componentes. La información obtenida para las distintas dimensiones, subsistemas y componentes estratégicos, se utiliza en una tercera fase centrada en elaborar una propuesta de planeación urbana estratégica y participativa, con medidas eficientes que traten de resolver los problemas de desarrollo y sustentabilidad que puede presentar cada caso de estudio.

Tanto el análisis sistémico como la propuesta metodológica se basan en un enfoque territorial multiescalar, que se enfoca hacia el (re) diseño o planeación de la ciudad. Por ejemplo, al abordar de manera específica el problema de la gestión del agua de lluvia, relacionado estrechamente con el riesgo de escorrentías e inundaciones urbanas, el análisis se realiza en todo el contexto urbano o metropolitano, pero también en la escala intraurbana, sectorial, barrial o vecinal. De igual forma, a este análisis puntual sobre el problema de las inundaciones urbanas, se asocian otras cuestiones interrelacionadas: la gestión del agua, el clima urbano, las redes de transporte, la accesibilidad a los centros de empleo, la calidad y cobertura de los servicios y la infraestructura, la fragmentación social, la marginación y la pobreza, la densificación diferenciada, el patrimonio histórico - cultural y el paisaje urbano, lo que lleva finalmente a la cuestión de cómo estos aspectos se integran en el crecimiento urbano, la estructura espacial y la forma de la ciudad (Moreno Mata y otros, 2019). En fin, el método de análisis propuesto oscila entre el desarrollo de estrategias conceptuales y operativas, que van desde las perspectivas y tácticas que pueden asumir los ciudadanos, los distintos grupos sociales, y los actores clave que influyen en la producción de la ciudad, hasta la construcción de escenarios futuros, mediante la aplicación de la prospectiva urbana basada en la idea de que la ciudad es un sistema complejo y dinámico.

Conclusión

La complejidad que caracteriza a las ciudades, y en general a los sistemas territoriales exige un cambio de paradigma en la concepción, enseñanza y práctica profesional de los instrumentos que, en México, se siguen utilizando prácticamente desde hace 45 años, justamente a a partir de un modelo de planeación urbana y territorial que se implantó a escala nacional a partir de la formulación de la Ley General de

Asentamientos Humanos de 1976 y de la creación de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Gobierno Federal, conducida en esa época por el famoso arquitecto Pedro Ramírez Vázquez.

A partir de entonces, en prácticamente todos los confines del país, los gobiernos estatales y municipales, adoptaron ese modelo, y en las escuelas de arquitectura, planeación urbana y disciplinas afines, el enfoque predominante se inspiró en la misma fuente; con un aspecto que agravó la situación: se le superpuso la visión fiscalista del espacio urbano, ajena en la mayoría de los casos a las dimensiones demográfica, económica, social y ambiental. Se pensaba entonces, y aún en la actualidad, en muchas instituciones de educación superior y también en las esferas de gobierno, que los complejos problemas que afectan a las ciudades y al territorio, y que la planeación y conducción de su desarrollo, podrían enfrentarse con esquemas conceptuales apoyados en simples dibujos y gráficos (por cierto muy atractivos e interesantes) basados en el formato francés de las Cartas Urbanas, ampliamente difundidas por la SAHOP en la etapa referida.

La experiencia nos muestra, tristemente, que esas tradicionales formas de planeación han sido superadas, entre otras razones, porque el conocimiento del que abrevan es insuficiente para explicar la compleja problemática que caracteriza los ámbitos urbano - territoriales. En contrapartida, en numerosos países y poco a poco en México, se han incorporado nuevos paradigmas, enfoques y técnicas de análisis, que permiten elaborar diagnósticos y estrategias más certeros y eficaces. Si se revisan la literatura especializada, los programas de estudio y las metodologías recientes, cada vez más se habla de la planeación de la ciudad como sistema complejo, del enfoque interdisciplinario y de la planeación social participativa, entre otras contribuciones, que destacan la necesidad de adecuar el conocimiento, el discurso y la práctica del ordenamiento territorial y urbano a las exigencias de la sociedad y de un entorno espacial en el que confluyen múltiples dimensiones, así como las tensiones entre lo local y lo global.

Desde nuestro punto de vista, como una reflexión final, se plantea que la interdisciplinariedad guarda una relación muy estrecha con la complejidad de las ciudades. Ambos enfoques asumen que es necesario, sino indispensable, integrar las diferentes perspectivas que forman parte de un fenómeno, en este caso lo urbano, de un problema, de un "todo". En este sentido, no cabe duda de que la ciudad, y particularmente el territorio, son identificados como una clave de la interdisciplina y de lo complejo.

En síntesis, desde el enfoque de la complejidad y de la interdisciplina, en lo que respecta a la planeación de las ciudades, el estudio del cambio urbano y la ciudad constituyen todo un campo el que confluyen las ciencias humanas, sociales y ambientales. A su vez, estas disciplinas se asocian cada vez más con la praxis de los especialistas en economía, sociología, demografía urbana, y hasta de la epidemiología, y la de expertos en el ordenamiento territorial o urbano. A partir de estas tendencias, y como corolario del capítulo, se podría plantear una última interrogante: ¿cuál es el futuro de la planeación de las ciudades?

Es muy probable que en el futuro cercano, si es que no está ocurriendo ya, el campo de la planeación urbana, y especialmente de ciudades resilientes, deberá integrar cada vez más a una gran diversidad de equipos multidisciplinarios especializados en una amplia gama de temas que tienen que ver con los problemas de la ciudad y sus posibles soluciones. Pero esta amalgama de conocimiento debe ser orientada por el espíritu interdisciplinario y la conciencia de que la ciudad sólo puede ser abordada, y (re) construida, como un problema y un sistema complejo.

Es indudable que la velocidad e intensidad del crecimiento urbano y la magnitud de los diversos problemas que éste conlleva, exigen que las instituciones nacionales de educación superior, y las instancias de gobierno responsables de la planeación y el ordenamiento urbano – territorial, se pongan al día lo más pronto posible en estos enfoques y paradigmas alternativos.

Por supuesto, la discusión sobre estas perspectivas no es concluyente. Por el contrario, abre muchas posibilidades y vertientes de análisis, quizás el desarrollo de nuevos campos de conocimiento y, eventualmente, la incorporación de otras contribuciones sobre teoría y práctica de las cuestiones urbanas.

Referencias

- Alberti M., Marzluff J. M., Shulenberger E., Bradley G., Ryan C., Zumbrunnen C. (2003). Integrating Humans into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems. *BioScience*, 53: 1169-1179.
- Batty, M. (2008). Cities as Complex Systems. Scaling, Interactions, Networks, Dynamics and Urban Morphologies. Working Papers Series, Paper 131, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London: 1467-1298.
- Balsells M., Barroca B., Amdal J.R. , Diab Y., Becue V. & Serre D. (2013). Analyzing urban resilience through the alternative storm water management options:

- application of the conceptual DS3 model at the neighborhood scale. *Water Sci Technology*, 68 (11): 2448 – 2457.
- Boccolini, S. M. (2016). The urban event. The city as a complex system away from equilibrium. *Quid, Journal of Area Urban Studies of the Institute of Research Gino Germani from the Faculty of Social Sciences (UBA)* 16: 220-251.
- Carvajal Escobar, Y. (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*, 31, julio – diciembre, 2010: 1909 – 2474.
- Cutter S., Barnes L., Berry M., Burton C., Evans E., Tate E. & Webb J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environment Change*, 18: 598–606.
- FAO (2001). *Studying Food Supply and Distribution Systems to Cities in Developing Countries and Countries in Transition - Methodological and Operational Guide (Revised Version)*.
- Folke C., Carpenter S.R., Walker B., Scheffer M., Chapin T., Rockstrom J. (2010). Resilience Thinking: integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15(4): 20.
- García, R. 2006. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa: Barcelona.
- Grisolía Cardona, M. (2008). La interdisciplinariedad en la enseñanza de las ciencias (interdisciplinarity in science teaching). *Ciência & Educação*, marzo, 2008.
- Holling, C.S. (1996). Engineering resilience versus Ecological resilience. En: P. Johnson, S. (2003). *Sistemas Emergentes: O Qué Tienen en Común Hormigas, Neuronas, Ciudades y Software*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Moreno Mata, A., Villasís Keever, R. y Morató, J. (2019). *Climatic Change, Management of Water Rain and Flood Risk in the Metropolitan Area of San Luis Potosí, México*: En: G. Brunetta, O. Caldarice, N. Tollin, M.– Rosas, Casals, J. Morató (Eds.), *Urban Resilience for Risk and Adaptation Governance. Theory and Practice*, Springer: Re-thinking Urban Transformation, Switzerland.
- Newman P., Beatley T., Boyer H. (2009). *Resilient Cities: Responding to Peak Oil and Climate Change*, Island Press, 2009. ISBN: 1597268631.
- Nieto-Caraveo L.M. (1991). Una Visión sobre la Interdisciplinariedad y su Construcción en los Currículos Profesionales, Cuadrante, 5-6 (Nueva Época), Ene-ago 1991, *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP*, México.
- Papa R., Galderisi A., Vigo Majello M. C. y Saretta, E. (2015). Smart and Resilient Cities. A Systemic Approach for Developing Cross-Sectoral Strategies in the Face of Climate Change. *TeMA, Journal of Land Use, Mobility and Environment, Dossier: Cities, Energy and Climate Change*, 1, 2015: 19-50.
- Prigogine, I., y Stengers, I. (1994). *Between time and eternity*. Madrid: Alianza.

- Rodríguez Zoya, Leonardo G. (2017). Complejidad, interdisciplina y política en la teoría de los sistemas complejos de Rolando García, *Civilizar. Ciencias Sociales y Humanas*, 17 (33), julio-diciembre, 2017: 221- 242, Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia.
- Sanders, T. I. (2003). What is Complexity? Catalogue essay for fine arts exhibit entitled, Complexity, Washington, DC: Board of Governors of the Federal Reserve Board: 1-2.
- Serre, D., Barroca, B., Balsells, M., Becue, V. (2016). Contributing to urban resilience to floods with neighbourhood design: the case of Am Sandtorkai/Dalmanckai in Hamburg. *Journal of Flood Risk Management*, Browse Early View Articles, Online Version of Record published before inclusion in an issue, DOI: 10.1111/jfr3.12253.
- Toubin M., Laganier R., Diab Y. & Serre D. (2014). Improving the conditions for urban resilience through collaborative learning of Parisian urban services. *Journal of Urban Planning Development*, 141 (4).
- SADSN (Secretariat of Environment and Sustainable Development for the Nation) (2014). Urban Flood and climate change. Recommendations for the management, Secretariat of Environment and Sustainable Development for the Nation. Buenos Aires: Argentina.
- Shelfaut K., Pannemans B., Craats I.V.D., Krywkow J., Mysiak J. & Cools J. (2011). Bringing flood resilience into practice: the Freeman project. *Environmental Science Policy*, 14 (7): 825 – 833.
- Smirnov, S.N. (1983). La aproximación interdisciplinaria en la ciencia de hoy. Fundamentos ontológicos y epistemológicos. Formas y funciones. En: Bottomore T (coord.) *Interdisciplinariedad y Ciencias Humanas*. Tecnos/UNESCO, Madrid.
- Soja, E. (2008). *Postmetropolis: critical studies of cities and region*. Buenos Aires Dreams Dealer Editions, .
- Thompson Klein, J. (2005). Interdisciplinariedad y complejidad: una relación en evolución. *Komplex Blog*, sábado 21 de mayo, 2005.
- Tucci, C.E.M. y Bertoni, J.C. (2006). *Urban Flood Management*, World Meteorological Organization, Washington. D.C.; UNISDR (2012). How to make cities more resilient – A Handbook for Local Government Leaders. Available at: <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/26462>.
- Vale, L., Campanella, T.H. (2005). *The resilient city: How modern cities recover from disaster*. New York: Oxford University Press,
- Vergara, Ricardo A. & Zureck Varela, E. (2013). *Model of sustainable urban management*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.



Filiberto Adrián Moreno Mata

Arquitecto, Urbanista y Demógrafo. Profesor Investigador de la Facultad del Hábitat, UASLP. Líder del Cuerpo Académico "Hábitat y Sustentabilidad del Territorio" y coordinador de proyectos del Observatorio Urbano Local de San Luis Potosí. Realizó estancias de investigación en El Colegio Mexiquense y en la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México. Cuenta con diversos artículos en revistas especializadas, capítulos de libro y libros como editor tanto en editoriales mexicanas como internacionales. Ha participado en eventos académicos nacionales e internacionales. Director de tesis de licenciatura y posgrado en las áreas de Arquitectura, Diseño Urbano y del Paisaje, Ciencias del Hábitat, Ciencias Ambientales, entre otras. Consultor de gobiernos municipales y estatales, dependencias del gobierno federal y agencias internacionales en los campos de ordenamiento territorial y urbano, planeación del desarrollo urbano y municipal, ecoturismo y diseño de imagen urbana.

adrian.moreno@uaslp.mx