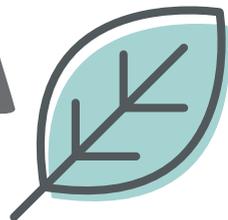


LA ENCRUCIJADA AMBIENTAL



**Enfoques y experiencias en el
devenir de los territorios**



**Carlos Alberto Pérez Ramírez
Isidro Rogel Fajardo**

La encrucijada ambiental

Enfoques y experiencias en el devenir de los territorios

Carlos Alberto Pérez Ramírez
Isidro Rogel Fajardo
(coordinadores)



Universidad Autónoma
del Estado de México



Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. Invitamos a ver el proceso de dictaminación transparentado, así como la consulta del libro en Acceso Abierto.



www.comunicacion-cientifica.com

[DOI.org/10.52501/cc.120](https://doi.org/10.52501/cc.120)




**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+
COLECCIÓN
CIENCIA e
INVESTIGACIÓN

La encrucijada ambiental

Enfoques y experiencias en el devenir de los territorios

Carlos Alberto Pérez Ramírez
Isidro Rogel Fajardo
(coordinadores)



Universidad Autónoma
del Estado de México



La encrucijada ambiental : Enfoques y experiencias en el devenir de los territorios / Carlos Alberto Pérez Ramírez, Isidro Rogel Fajardo (coordinadores). — Ciudad de México : Comunicación Científica ; Toluca, Estado de México : Universidad Autónoma del Estado de México, 2023
323 páginas : Ilustraciones. — (Colección Ciencia e Investigación).

ISBN UAEMEX 978-607-633-659-5

ISBN ECC 978-607-59749-7-2

DOI 10.52501/cc.120

1. Ecología humana. 2. Sociología — Aspectos ambientales I. Pérez Ramírez, Carlos Alberto. II. Rogel Fajardo, Isidro., coordinador. II. Serie.

LC: HM856

Dewey: 363.7

La titularidad de los derechos patrimoniales de esta obra pertenece a los autores D. R. Carlos Alberto Pérez Ramírez, Isidro Rogel Fajardo (coordinadores), 2023. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Primera edición: 23 de agosto de 2023,

La encrucijada ambiental : Enfoques y experiencias en el devenir de los territorios / Carlos Alberto Pérez Ramírez, Isidro Rogel Fajard

Libro sometido a sistema antiplagio y publicado con la previa revisión y aprobación de pares doble ciego externos, ambos forman parte del Sistema Nacional de Investigadores, uno con nivel I; otro con nivel II. El número de expediente de la obra es 328/04/2022. Dirección de Difusión y Promoción de la Investigación y los Estudios Avanzados, adscrita a la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la UAEMEX.

ISBN 978-607-633-659-5 Impreso, Universidad Autónoma del Estado de México

ISBN 978-607-633-673-1 PDF, Universidad Autónoma del Estado de México

ISBN 978-607-59749-7-2 Impreso, Ediciones Comunicación Científica S.A. de C.V.

ISBN 978-607-59749-8-9 PDF, Ediciones Comunicación Científica S.A. de C.V.

D.R. © Universidad Autónoma del Estado de México

Av. Instituto Literario 100 Oriente. Colonia Centro

C.P. 50000, Toluca de Lerdo, Estado de México

www.uaemex.mx

Ediciones Comunicación Científica S.A. de C.V., 2023

Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400

Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,

Tel. (52) 55 5696-6541 • móvil: (52) 55 4516 2170

info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com

 [comunicacioncientificapublicaciones](https://www.facebook.com/comunicacioncientificapublicaciones)  [@ComunidadCient2](https://twitter.com/ComunidadCient2)

DOI: 10.52501/cc.120



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
El proceso transparentado puede consultarse, así como el libro en acceso abierto,
en <https://doi.org/10.52501/cc.120>

Universidad Autónoma del Estado de México

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales

CARLOS EDUARDO BARRERA DÍAZ

Rector

Doctora en Ciencias Sociales

MARTHA PATRICIA ZARZA DELGADO

Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados

Maestro en Estudios Urbanos y Regionales

ISIDRO ROGEL FAJARDO

Director de la Facultad de Planeación Urbana y Regional

Maestra en Administración

SUSANA GARCÍA HERNÁNDEZ

*Directora de Difusión y Promoción de la Investigación
y los Estudios Avanzados*

Índice

<i>Introducción</i>	13
-------------------------------	----

Primera parte ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS DE LA ENCRUCIJADA AMBIENTAL EN LOS TERRITORIOS

I. Ciudades de baja entropía, propuestas de gestión de la masa, energía y sus consumos	
<i>Cristian Julián Díaz Álvarez</i>	21
Metodología	24
Resultados	26
Conclusiones	37
Bibliografía	39
II. Un modelo de autosostenibilidad urbana como fractalidad del metabolismo social	
<i>Mauricio Eugenio Ramírez Ruano, Elizabeth Escandón Bojórquez</i>	45
Metodología	47
Resultados	48
Conclusiones	69
Bibliografía	70
III. Movilidad y resiliencia urbana en tiempos de pandemia: Hacia un marco teórico desde los sistemas complejos	
<i>José de Jesús Jiménez Jiménez, Jesús Enrique de Hoyos Martínez, Alberto Álvarez Vallejo</i>	71
Metodología	73
Resultados	77

Conclusiones	86
Bibliografía	88
IV. Contribuciones del diseño complejo para la atención de comunidades vulnerables en territorios de América Latina	
<i>Francisco Platas López, Fernando Carreto Bernal</i>	91
Metodología	93
Resultados	95
Conclusiones	106
Bibliografía	106
V. Gobernanza y su relación con el desarrollo turístico en la administración municipal	
<i>Natali Carolina Rubi Fernández, Delia Gutiérrez Linares</i>	109
Metodología	111
Resultados	112
Conclusiones	125
Bibliografía	127
VI. Espacios urbanos y cambio climático a nivel mundial: Una disertación de la problemática	
<i>Alfredo David Zarazua Rodríguez, María del Carmen Salgado Vega</i>	129
Metodología	132
Resultados	133
Conclusiones	146
Bibliografía	147
VII. Los sistemas de barrancos: Enfoques en el estado del arte	
<i>Miqueas Colín Yaxi, Luis Miguel Espinosa Rodríguez, José Isabel Juan Pérez</i>	149
Metodología	151
Resultados	152
Conclusiones	168
Bibliografía	168

Segunda parte
EXPERIENCIAS DE ESTUDIOS SOBRE LOS DESAFÍOS Y
COYUNTURAS QUE ENMARCAN LA ENCRUCIJADA AMBIENTAL

VIII. Factores del metabolismo social en la actividad alfarera de Metepec, México	
<i>Ricardo Farfán Escalera, Carlos Alberto Pérez Ramírez,</i>	
<i>María del Carmen Torres Salazar</i>	175
Metodología	177
Resultados	178
Conclusiones	196
Bibliografía	197
IX. Transformación territorial en la región de los volcanes: Un análisis multifuncional de la vulnerabilidad, resiliencia y sustentabilidad	
<i>Gabriela Rodríguez Licea, Karen Jaqueline Palma Ramírez,</i>	
<i>María Zamira Tapia Rodríguez</i>	201
Metodología	203
Resultados	205
Conclusiones	212
Bibliografía	212
X. Resiliencia en Áreas Naturales Protegidas: Caso de estudio: Parque Estatal “Isidro Fabela”	
<i>Angélica Reyes Olivares, Verónica Miranda Rosales</i>	215
Metodología	221
Resultados	222
Conclusiones	232
Bibliografía	233
XI. Territorios de paz, la realidad del proceso de reincorporación de las FARC-EP: Una mirada desde la ingeniería y sus dispositivos (Areandina, Colombia)	

	<i>Liliana María Fuentes Osorio, Karen Hinrichsen Prieto,</i>	
	<i>Cristian Julián Díaz Álvarez</i>	235
	Metodología	238
	Resultados	239
	Conclusiones	247
	Bibliografía	248
XII.	Una comparación de la gestión de los recursos hídricos en el Cono Sur: Argentina, Chile y Uruguay	
	<i>Ana Ayelén Goti Ayala, Lisandro Roco, Jimena Andrieu</i>	251
	Metodología	254
	Resultados	255
	Conclusiones	264
	Bibliografía	265
XIII.	Vinculación entre exposición a contaminantes ambientales y entorno urbano durante el transporte activo en Montevideo	
	<i>Mauro D'Angelo Taibo, Valentina Colistro, Ana Clara</i>	
	<i>Vera de Armas</i>	269
	Introducción	270
	Metodología	272
	Resultados	283
	Conclusiones	287
	Bibliografía	288
XIV.	Caracterización de la cuenca Valle de Bravo-Amanalco para el diseño de rutas y circuitos turísticos	
	<i>Alan Reza Curiel, Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo,</i>	
	<i>Rocío del Carmen Serrano Barquín</i>	291
	Introducción	292
	Metodología	293
	Resultados	296
	Conclusiones	311
	Bibliografía	313
	<i>Conclusiones</i>	315
	<i>Notas sobre los coordinadores</i>	323

III. Movilidad y resiliencia urbana en tiempos de pandemia: Hacia un marco teórico desde los sistemas complejos

JOSÉ DE JESÚS JIMÉNEZ JIMÉNEZ*

JESÚS ENRIQUE DE HOYOS MARTÍNEZ**

ALBERTO ÁLVAREZ VALLEJO***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.120.03>

Resumen

La actual crisis derivada de la pandemia del virus SARS-CoV-2 ha sido provocada, en gran medida, entre otros factores, por la facilidad que tiene la sociedad actual para moverse entre zonas y regiones en el territorio. Las pautas de contacto personal, así como la posibilidad de desplazarse a grandes distancias en relativamente poco tiempo han favorecido el crecimiento del fenómeno y las amenazas para la salud de la población. Muchas de las actividades humanas han sufrido cambios en su desempeño y muchos de éstos permanecerán en el futuro. La movilidad es una de estas actividades que ha sido severamente controlada en la intención de combatir la propagación del virus. Desde la aparición de éste en Wuhan, China, los gobiernos impusieron severas restricciones en los desplazamientos en todos los medios y servicios de transporte (Null y Smith, 2020). El control de la movilidad puede considerarse como una medida que contribuye a la resiliencia del sistema y que coadyuva a la sostenibilidad urbana del mismo. Se requiere un

* Doctor en Planeación Urbana y Regional. Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3496-4820>; correo electrónico: jjjimenezj@uaemex.mx

** Doctor en Ciencias Sociales. Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4778-6130>; correo electrónico: jedehoyosm@uaemex.mx

*** Doctor en Ciencias Sociales. Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5186-2960>; correo electrónico: garrafus2002@yahoo.com.mx

mayor análisis de la relación movilidad-resiliencia-pandemia bajo un marco analítico objetivo. Por lo anterior, el presente capítulo propone un marco teórico-cognitivo que contribuya a un mejor entendimiento de las relaciones entre la movilidad de la población y la magnitud de la pandemia del virus SARS-CoV-2, para contribuir a la sostenibilidad y resiliencia de la ciudad desde el enfoque de los sistemas complejos y la dinámica urbana.

Palabras clave: *movilidad, resiliencia, SARS-CoV-2, sistemas complejos, dinámica urbana.*

Cuando iniciaba el proceso de contagios del nuevo virus descubierto en Wuhan, China, a finales del 2019, nadie pensaba que éste fuera a alcanzar los niveles tan altos de contagio ni las consecuencias negativas que iba a tener en las formas de vida posmoderna. Una vez que la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 pasó de ser noticia a objeto de estudio en los trabajos de investigación, se empezaron a analizar las consecuencias sociales, económicas y políticas que esta situación podría acarrear en el futuro inmediato. Las disciplinas relativas a la salud, por su misma pertinencia disciplinaria fueron las primeras en avocarse al estudio del virus tanto en su propagación como en tratamientos y la creación de infraestructura hospitalaria. Siguieron en turno las indagaciones relacionadas con la economía, la sociología, la psicología, etc. en el afán de conocer los impactos que la pandemia podía y estaba causando en el comportamiento humano.

En cuanto al campo disciplinario de la arquitectura y el urbanismo, en relativamente poco tiempo de la pandemia se abonó al campo de la investigación sobre ésta con trabajos, en su mayoría especulativos, sobre los efectos del virus en los diversos ámbitos de la vida urbana. Se argumentaba mucho sobre las condiciones que esta situación de salud traería para la población mundial en las formas de vida urbana prevalecientes (Honey-Roses *et al.*, 2020; Aloï *et al.*, 2020; Herriges, 2020; O'Sullivan, 2020; Null y Smith, 2020). Han pasado hasta la fecha casi dos años a partir del reconocimiento de la pandemia, la cual, a finales de septiembre de 2021, había alcanzado los 236 millones de contagios, con casi cinco millones de decesos a nivel mundial. En México las cifras alcanzaban a la fecha casi 3.7 millones

de contagios y 280 000 muertes asociadas con el virus. A la fecha mencionada se habían aplicado más de 6 000 millones de vacunas a nivel mundial, contribuyendo de esta manera a la reducción en el ritmo de contagios y muertes; sin embargo, el pronóstico es todavía preocupante en el mediano plazo¹ (WHO, 2021; Johns Hopkins University, 2021).

Los impactos negativos de la pandemia han sido variados dependiendo de los factores geográficos, económicos, sociales, culturales y de la infraestructura, en especial de la de salud, entre los diversos países y regiones del mundo. Si bien se ha logrado un control relativo de la pandemia, todavía se insiste en aplicar las reglas de la sana distancia, el cuidado en el contacto interpersonal y los patrones de movilidad de la población, procurando reservar los movimientos e interrelaciones a los esenciales tanto a nivel local como regional y mundial. De la misma manera, se va avanzando en la distribución de vacunas y en el perfeccionamiento de tratamientos médicos en contra del virus.

La idea de que los efectos del virus tienen implicaciones sustantivas en las formas de vida social en los diversos tipos de espacio urbano —público y privado— y la movilidad individual y colectiva, conlleva a la intención de investigar las relaciones entre la incidencia del virus y los factores asociados con las características del espacio-territorio y la movilidad de la población. El trabajo que se presenta aquí es resultado parcial de una investigación en proceso que busca plantear un marco cognitivo para entender el esparcimiento del virus en el ámbito urbano y encontrar los factores relacionados con el espacio habitable y la movilidad de la población que inciden en éste fenómeno pandémico (De Hoyos, Jiménez y Álvarez, 2022).

Metodología

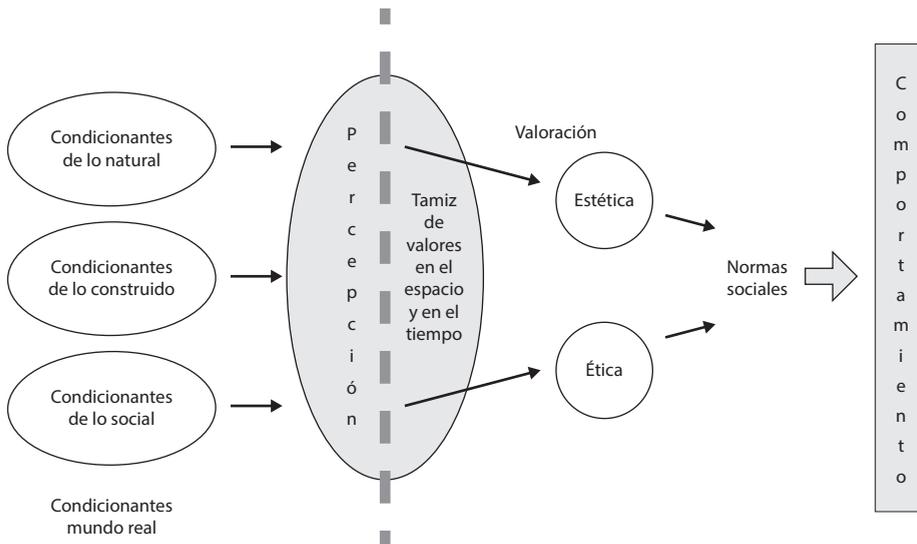
Las relaciones entre la expansión del virus y el comportamiento humano

Es amplísima la gama de factores asociados con el crecimiento de la pandemia, considerando en general factores de orden biológico y social. Desde el

¹ Actualmente se concuerda que a nivel mundial se pasa por una tercera ola de contagios.

punto de vista de la Arquitectura y el Urbanismo se puede argumentar, en principio, que las formas de uso del espacio y sus características, así como los patrones de movilidad, están asociadas con el esparcimiento del virus independientemente de los otros factores que inciden en el comportamiento de la pandemia. Es argumento del trabajo que las formas de vida son a final de cuentas los detonadores de la fenomenología urbano-territorial. Éstas se traducen en comportamientos que dependen de las visiones de los marcos estético y ético de los individuos, los cuales establecen patrones de valores que condicionan el comportamiento psicosocial de la población. Nos enfrentamos a las visiones que a nivel individual y colectiva se tienen del mundo que nos rodea y de las respuestas de acción que se llevan a cabo para responder a la satisfacción de nuestras necesidades —reales o sentidas— y a resolver las problemáticas derivadas de este proceso (véase la figura III.1).

Figura III.1. Relaciones entre la dimensión estética y ética en la toma de decisiones y el comportamiento individual y colectivo



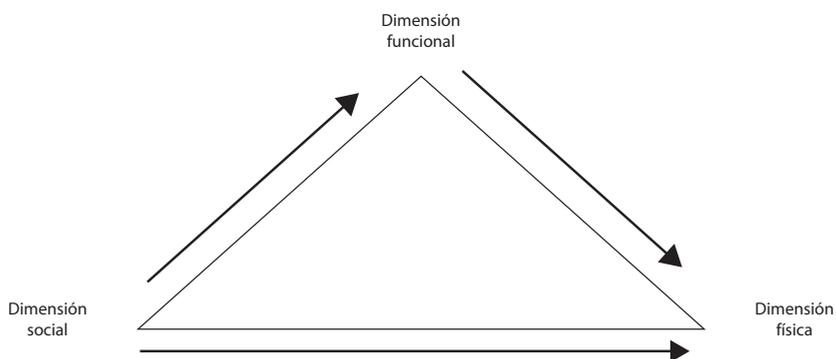
FUENTE: Elaboración propia.

Del gráfico se induce que la relación entre lo que se cree que existe en la realidad (estética) y las formas de actuación (ética) es determinante en el

comportamiento de los individuos. En la toma de decisiones para la acción se considera que intervienen tres grupos de factores: (a) los relacionados con el medio ambiente natural, (b) el medio ambiente construido y (c) el medio social. El ambiente natural está determinado por aspectos fuera del control del ser humano, el medio artificial o construido es todo aquel en el que el ser humano ha puesto su mano y lo ha adaptado a sus necesidades, mientras que el medio social es el que determina las necesidades (reales y sentidas) de los individuos y sus características (usos, costumbres, organización, cultura, educación, etc.). Estas características se pueden sintetizar en cuatro grupos de atributos que se busca cultivar en la corriente constructivista de la educación de los individuos; a saber: conocimientos, habilidades, actitudes y valores.

Los factores sociales se consideran componentes de orden moral lo cual implica un abanico muy amplio de pautas de comportamiento en los individuos. Esta condición complejiza el sistema de toma de decisiones para controlar el esparcimiento del virus y prevenir las consecuencias negativas de éste. Dada la amplitud de factores bio-psico-sociales que se asocian con el comportamiento de la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2, se propone una trilogía de factores, a saber: físicos, funcionales y sociales, para estudiar el comportamiento de los fenómenos urbano territoriales y abonar en la construcción de una base epistémica que soporte un análisis comprensivo de los factores y actores asociados a dicha fenomenología (véase la figura III.2).

Figura III.2. *Las tres dimensiones para el análisis de la fenomenología urbana*



FUENTE: Elaboración propia.

En la figura el sentido de las flechas indica la codependencia de un grupo de factores y actores sobre otro. Se argumenta en este trabajo que la dimensión social es la que detona el proceso de codependencia; esto es así simplemente porque la acción concreta de los individuos y las colectividades responde a una visión de lo que se necesita y de las formas de resolver esa necesidad. La dimensión física, que abarca todos los componentes construidos en la ciudad, es el resultado de la construcción de espacios habitables para albergar las actividades humanas en sus diversas categorías. En realidad, todos los factores se condicionan unos a otros, pero las influencias de los componentes se proponen en el sentido que muestran las flechas en el gráfico.

Aunque son fundamentales en el análisis de la dinámica urbana, el estudio disciplinario de los factores sociales no es objeto de estudio de la arquitectura y del urbanismo, sin embargo, es un referente para enmarcar las alternativas de diseño para atender las necesidades de espacios construidos y adaptados a las necesidades y actividades humanas. En el diseño del espacio habitable la metodología nos exige considerar las características y el comportamiento de los individuos para relacionar los criterios funcionales y plásticos (formas, colores, texturas, proporciones, escalas, etc.), sin embargo, ello no implica un dominio de las disciplinas abocadas al estudio de estos factores.

Por lo anteriormente mencionado en torno a las limitaciones disciplinarias referidas, se plantea en este trabajo que este tipo de factores y actores se ubica en el sistema de valores estético-éticos que determina las formas de actuación y, por lo tanto, el quehacer humano (véase la figura III.1). Dado que la ciudad es el resultado de la vida en comunidad transformada en espacios habitables (adaptados) y la intercomunicación entre ellos (física y no física) resulta conveniente para el marco cognitivo aplicar el enfoque de sistemas para iniciar el análisis funcional del espacio en general y cada uno de sus tipos en lo particular. La tecnología será una mera herramienta que se puede utilizar de muchos modos de acuerdo con la percepción y los valores de actuación del individuo o el grupo social respectivo, finalmente, queda su uso condicionado a los objetivos particulares y de grupo.

Resultados

La dinámica urbana, la movilidad y la expansión de la pandemia SARS-CoV-2: un enfoque de sistemas

El objetivo del presente trabajo es elaborar un marco teórico-cognitivo para referenciar el nivel de esparcimiento del virus SARS-CoV-2 en el ámbito urbano territorial en función de los factores asociados a la movilidad de la población. El abordaje implica un discurso teórico-metodológico que contemple de manera breve cuestiones filosóficas, epistemológicas y teóricas en torno al fenómeno de la Dinámica Urbana y su relación con la expansión del virus. En cuanto a la postura filosófica, se presume aquí que es una visión positivista para la indagación de la realidad y en particular para el análisis espacial-territorial de las incidencias del virus. Los epistemes básicos se consideran así: pandemia, espacio, ciudad, territorio, dinámica, función, movilidad y sistema, los cuales personifican los conceptos a interrelacionar para elaborar un discurso que los integre para describir, explicar y normar el fenómeno de la expansión del virus en función de la movilidad de la población. La movilidad incluye la infraestructura de transporte y los servicios disponibles, así como los patrones de desplazamiento determinados por la tipología de viajes en función de las actividades a realizar por la población. Se tomará como base el enfoque general de sistemas aplicado a la ciudad y se aplicará para explorar el funcionamiento de la ciudad a través del concepto de la dinámica urbana.

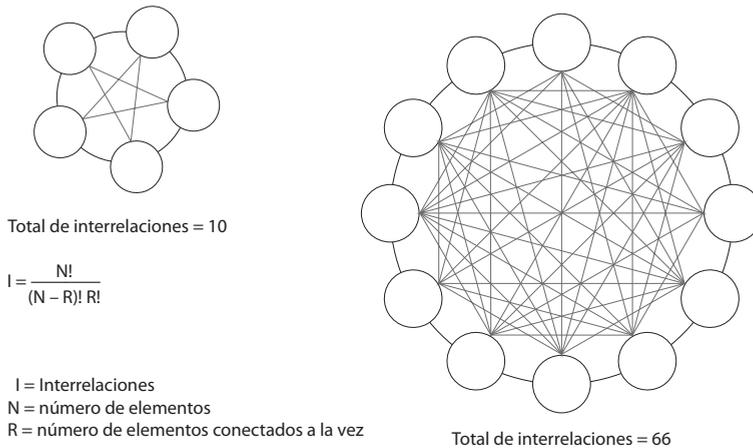
La base metodológica del trabajo es acercarse al fenómeno del esparcimiento del virus SARS-CoV-2 considerando que la expansión de los contagios está relacionada con las características del espacio y de la movilidad urbanas. Se plantea aquí que el fenómeno de los contagios es directamente proporcional a las formas de comportamiento humano y que éstas se asocian con el funcionamiento de la ciudad, para lo cual requerimos apropiarnos del enfoque de sistemas y escudriñar las características de la dinámica urbana y asociarla con la pandemia.

En este sentido, las ideas planteadas en el ámbito de la dinámica de los sistemas por Jay Forrester en la década de 1960 pueden considerarse como

los cimientos que sostienen el marco cognitivo-filosófico-epistémico, teórico-sistémico para entender el funcionamiento de la ciudad (Forrester, 1969). Estas ideas se amalgaman para dar las bases del entendimiento racional del funcionamiento de la ciudad bajo el concepto de “dinámica urbana”. El enfoque de Forrester se puede relacionar con métodos y modelos cuantitativos; sin embargo, su trabajo seminal permitió la profundización filosófico-epistémica que llevó al planteamiento de teorías sobre el fenómeno del funcionamiento de los sistemas en todos los campos disciplinarios de las ciencias, las artes y las humanidades.

Desde esta perspectiva, aplicando el enfoque a la ciudad, entendemos a ésta como un sistema urbano cuyo comportamiento se puede describir, entender, discutir y explorar a través de las diversas teorías asociadas con el funcionamiento de la ciudad y sus características.

Figura III.3. *La complejidad en el sistema con base en el número de componentes y las interacciones entre ellos*



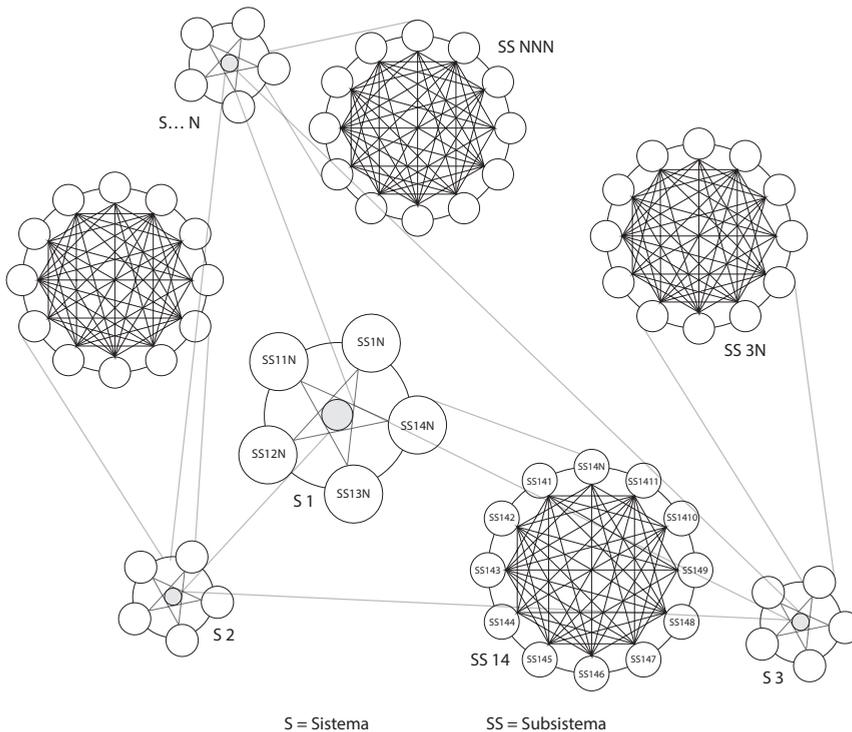
FUENTE: Elaboración propia.

Dado que este documento se limita al desarrollo de un marco cognitivo que encuadre el fenómeno de la pandemia en relación con las características de movilidad de la población, la estrategia es explorar la incidencia de contagios con la disponibilidad de infraestructura y servicios de transporte para la población. Esta correlación pandemia-movilidad es claramente demos-

trada de manera teórica a la luz de los conceptos asociados con los sistemas y con la dinámica urbana, a través de los cuales se puede visualizar la complejidad del sistema en función del número de elementos y sus interacciones (McLoughlin, 1971; Chadwick, 1982) (véase la figura III.3).

El enfoque de sistemas permite adelantar que la complejidad en el sistema depende del número de componentes; sin embargo, en un análisis más profundo los niveles de intercambios, así como el tamaño de las actividades (intensidad) y el perfil de la demanda estacional (frecuencia y ritmo), según Jiménez, Álvarez y De Hoyos (2009), son determinantes en el nivel de complejidad del sistema. La cantidad de escenarios posibles crece exponencialmente con los cambios que se puedan presentar en los atributos de cada uno de los elementos del sistema, como se ilustra a continuación en la figura III.4.

Figura III.4. La complejidad del sistema urbano a nivel regional territorial



FUENTE: Elaboración propia.

El propósito de interpretar a la ciudad como un ecosistema complejo es tratar de comprender que el comportamiento de ciertos fenómenos es más complicado de lo que parece; sin embargo, la necesidad de contar con alternativas concretas para la solución de los problemas y la satisfacción de necesidades obliga a considerar una reducción de la complejidad para poder manipular las variables y llegar al control del sistema —y, por lo tanto, del fenómeno—. Claro está que el abanico de resultados puede ser muy amplio y que el determinismo en el control del sistema es al final relativo y, consecuentemente, el éxito en el logro de los objetivos resulta variable.

Un sistema complejo es por definición adaptativo y autoregurable, pues se considera que su estructura funcional se ajusta a los cambios y mejora su comportamiento con base en la experiencia a lo largo del tiempo (Siegenfeld y Bar-Yam, 2020). Esta condición se relaciona con el concepto de resiliencia que orienta la percepción de que el sistema es capaz de soportar los embates negativos del cambio y se ajusta su funcionamiento para asegurar su pervivencia.

Los sistemas complejos, *per se*, son difíciles de modelar debido a la gran cantidad de elementos que los conforman y que obligan al desarrollo de técnicas e instrumentos de análisis más complejos. El comportamiento es sumamente difícil de determinar, sin embargo, el manejo de epistemes sobre la resiliencia, la entropía, el caos-orden conforma un marco cognitivo más amplio que permite una mejor aproximación al comportamiento del sistema y, asimismo, que permita el desarrollo de técnicas de análisis más completas que conlleven al mejor modelaje del sistema.

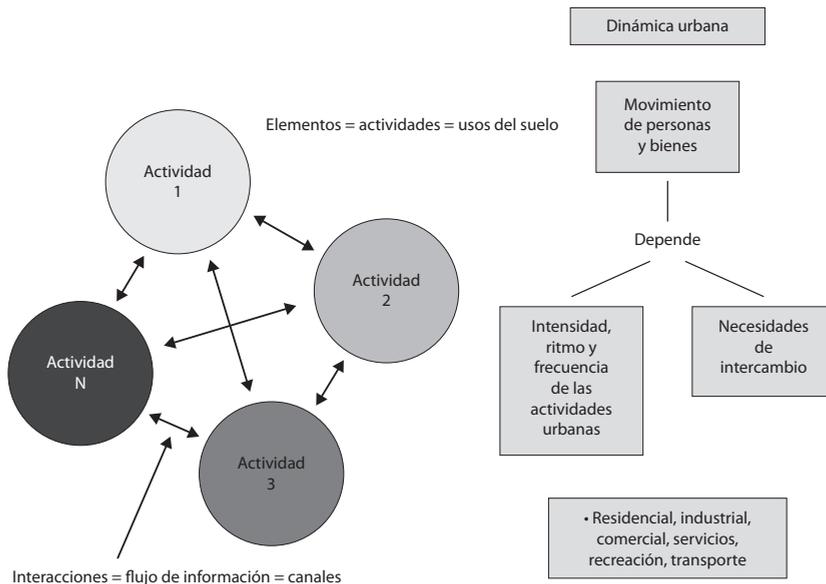
La dinámica urbana y la complejidad del sistema

Toda actividad urbana requiere de un espacio físico para ser realizada; esto implica que en la medida que aumentan las actividades también aumenta el uso del suelo, el cual, bajo una misma densidad, conlleva a un uso mayor del espacio y a una mayor intercomunicación en cantidad —vehículos, personas, mercancías— y en distancia —kilómetros, tiempo— debido a la expansión física. Esta argumentación conlleva a un aumento en la complejidad del sistema simplemente considerando la intensidad de las actividades y los flujos; sin embargo se mencionó en párrafos anteriores que se aumenta la dificultad en el análisis cuando se consideran las formas de vida y el com-

portamiento de la población, que se relacionan con la dimensión moral en la dinámica urbana comentada previamente.

La aplicación del enfoque de sistemas a la dinámica urbana nos acerca hacia una visión del funcionamiento de la ciudad en función de las actividades urbanas y los intercambios que se realizan entre ellas. Los elementos que componen al sistema urbano son las actividades humanas (trabajo, educación, recreación, circulación, etc.) y las interacciones comprenden los flujos de información entre ellas. Estas actividades se traducen en su versión espacial como los usos del suelo, los cuales se asocian a la ocupación de un territorio geográfico y permiten la construcción de una imagen físico-espacial-territorial de la ciudad. En cuanto a los flujos se contempla la información física y no física. Para el propósito de esta investigación los flujos de interés son de carácter físico, tales como el número de viajes realizados, la cantidad de pasajeros, la cantidad de carga desplazada, el número de vehículos, etc. La figura III. 5, a continuación, muestra la asociación de los elementos del sistema urbano con las actividades humanas-usos del suelo, y las interrelaciones como flujos a través de canales de comunicación.

Figura III.5. Esquema de la dinámica urbana en función de las actividades y los flujos de intercambio entre ellas



FUENTE: Elaboración propia.

A partir de este esquema básico se puede asociar el nivel de complejidad en el funcionamiento de la ciudad con el tipo de infraestructura y los servicios de transporte. Hay una relación directa entre las características de éstos y los usos del suelo en cuanto a su tipología y la demanda derivada por los niveles de interacción entre las actividades en cuanto a su intensidad, su frecuencia y su ritmo (Jiménez, 1996).

Es claro que tratamos con un sistema complejo desde el mero enfoque cuantitativo y esto se debe simplemente al incremento en el número de actividades y las relaciones entre ellas; sin embargo, al incluir los diversos factores sociales asociados con el comportamiento humano se complican más los escenarios de funcionamiento y, en consecuencia, resulta más difícil el análisis del funcionamiento de la ciudad. Por esta razón es que Jiménez *et al.* (2009) plantean tres dimensiones o categorías de análisis en el estudio de la dinámica urbana, éstas son: la dimensión física, la dimensión funcional y la dimensión moral. Esta última es la que busca considerar las formas y actitudes de la población en la cotidianidad y que permite la inclusión de factores cualitativos en el análisis de las características de la dinámica urbana.

La movilidad en la dinámica urbana, su papel en la expansión de la pandemia

El esparcimiento del virus en el ámbito urbano depende de los factores físico-funcionales, así como del comportamiento de los individuos. Como se mencionó anteriormente, las pautas de comportamiento de los individuos tienen que ver con los atributos de orden moral de los individuos y de las colectividades. Para mantener al sistema dentro de los parámetros convenientes de funcionamiento es necesario incidir en los tres tipos de factores —físicos, funcionales y sociales (dentro de los cuales se ubican los valores morales)—. El análisis del primer tipo y del tercer tipo de factores escapa a los alcances del presente trabajo, el cual se pivotea sobre los factores relacionados con la movilidad de la población que se encuadran dentro de la dimensión funcional de la dinámica urbana.

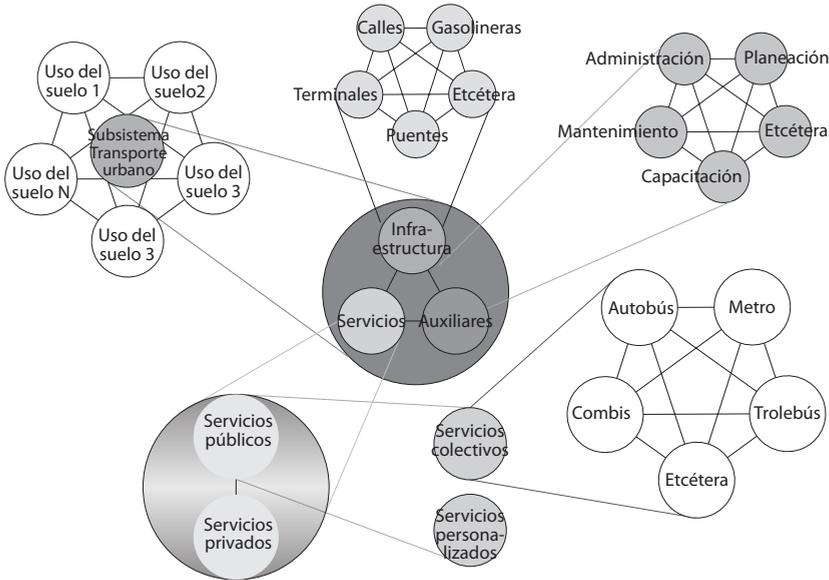
Desde el ángulo de la arquitectura y el urbanismo se concibe al diseño como un instrumento que contribuye a la educación y orientación en el uso

y manejo de los espacios adaptados para control para la vida urbana en comunidad. Desde el punto de vista de la movilidad, esto significa inducir algunos cambios en la forma en que las personas se mueven en la ciudad para modificar los parámetros de intensidad, frecuencia y ritmo de los intercambios entre las actividades urbanas y de esta manera ordenar los flujos de información física en la ciudad. Hay muchas evidencias de los efectos positivos en el número de contagios debidos a los movimientos masivos de la población —flujos peatonales, flujos vehiculares, flujos de pasajeros en metro y en autobús y otros medios masivos de transporte (Aloi *et al.*, 2020). Esto ha conducido a los gobiernos a reducir la movilidad de la población en cuanto al número de servicios disponibles y a imponer reglas de comportamiento que conduzcan a la reducción del riesgo de contraer el virus mientras se viaja en los servicios de transporte público, a saber, autobuses, metro, taxis y furgonetas, entre otros. Todas estas medidas independientemente de las restricciones de orden social y productivo en las comunidades.

Bajo el anterior razonamiento, no cabe duda de que la intensidad de la pandemia está directamente relacionada con el dinamismo que la ciudad manifiesta en un momento determinado. Entre más actividades humanas se realicen, más interconexiones se darán entre ellas y los flujos de información crecerán en la misma medida; entre más grande sea el tamaño de la actividad, esa misma actividad aumentará el flujo de información intra e interactividades; entre más propensión se tenga hacia la movilidad, más intensos serán los movimientos intra e interactividades. De esta manera, se reflejan los tres conceptos antes mencionados —intensidad, frecuencia y ritmo de la dinámica urbana— que conducen a la idea de la complejidad del sistema. Podemos relacionar esto con el fenómeno denominado “fricción del espacio”, muy aplicado en estudios de movilidad urbana y regional, que implica una alta cantidad de información que se desplaza en un tiempo determinado y que denota problemas de saturación y congestión en los canales de comunicación.

A manera de ilustración en cuanto a la cantidad de componentes que pueden ser asociados al sistema de transporte urbano en particular se ofrece a continuación la siguiente figura que pretende incorporar los elementos principales que conforman una parte de la movilidad urbana.

Figura III.6. Desglose de los componentes del sistema de transporte urbano de pasajeros



FUENTE: Elaboración propia.

De este esquema se puede deducir la gran complejidad que implica la modelación del sistema y que necesariamente se tiene que llegar a una reducción de esa complejidad en aras de ofrecer alternativas prácticas que conlleven a la modelación para dar solución a las problemáticas que aquejen el funcionamiento del sistema.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación ya mencionada (De Hoyos, Jiménez y Álvarez, 2022), de donde se deriva el presente trabajo, se destaca, en efecto, que los factores asociados con la movilidad de la población están fuertemente correlacionados con la cantidad de contagios registrados en el territorio (véase la tabla III.1). Desde el punto de vista determinista, estos son factores que tienen que modificarse a corto plazo para reducir la expansión de la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2. Independientemente de las demás acciones relativas al control de la pandemia, esta acción *per se* contribuirá a la reducción de contagios y contribuirá al principio de la resiliencia de la ciudad. En la tabla III.1 se destaca la alta correlación que se da entre los contagios por COVID y las variables Autos con 0.96%, Viajes/Día con 0.95% y Viajes/Hab con 76%.

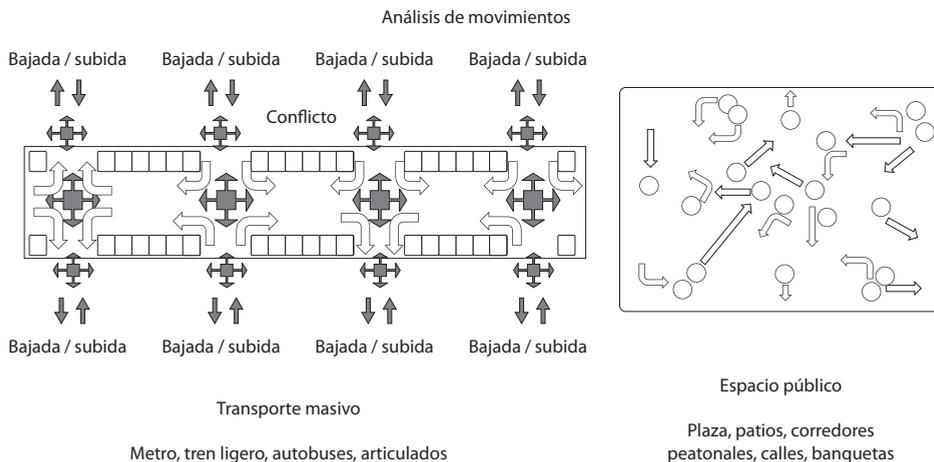
Tabla III.1. *Matriz de correlaciones entre los contagios por COVID y las variables de movilidad física en el territorio*

	Casos COVID	Caminos sin peaje	Núm. de autos	Viajes en el origen/día	Viajes/Hab
COVID	1	0.03	0.95	0.95	0.76
Caminos	0.03	1	0.05	0.04	-0.07
Auto	0.96	0.05	1	0.89	0.74
Viaje_Día	0.95	0.04	0.89	1	0.84
Viaje_Hab	0.76	-0.07	0.74	0.84	1

FUENTE: De Hoyos, Jiménez y Álvarez (2022).

Por ello se insiste en que las pautas de comportamiento de la sociedad a nivel individual y colectivo complican enormemente el encuentro de una solución definitiva al problema de la movilidad y su relación con el funcionamiento de los espacios públicos en la ciudad. Bajo el paradigma de libertad de movimiento, la siguiente figura ilustra la amplitud de los conflictos de circulación de pasajeros en el transporte público, así como de los flujos peatonales en el espacio público (véase la figura III.7). Es por ello necesario el ordenamiento de los flujos para evitar contactos directos entre los individuos como parte de una estrategia integral para la reducción de contagios.

Figura III.7. *Conflicto en los flujos de pasajeros y peatones bajo el paradigma de la libertad de movimiento*



FUENTE: Elaboración propia.

La amplia variedad de manifestaciones de la vida urbana se ha visto sacudida por las limitaciones de la movilidad y por las actividades que lleva a cabo la población. Tanto las actividades sociales como las económicas son las que más han sufrido en la dinámica de la ciudad. Estos impactos negativos han transformado singularmente los patrones de actividad y movilidad contemporáneos de la población. Esto es tanto como decir que la forma de vida tradicional ha cambiado a una nueva donde todavía no hay escenario final, sino que sigue en proceso de transformación hacia lo que se le ha denominado “la nueva normalidad”, en donde se puede presumir de la especulación en cuanto al futuro de los procesos bio-psico-sociales de la humanidad. Se puede argumentar que la forma de vida ha cambiado permanentemente y que hoy en día están surgiendo nuevos patrones en los usos y costumbres de la población.

El paradigma de las teorías de diseño urbano posmoderno están fundamentadas en el respeto a la libertad de acción y a la movilidad de la gente. Es un bastión de las sociedades democráticas el evitar limitaciones en sus derechos. Estos dos criterios se ven amenazados por la pandemia, ya que en la intención de controlar el esparcimiento del virus, esos dos principios se modifican en su concepto para generar un diseño que limite el contacto físico en general, lo que conlleva a redireccionar flujos, ampliar la separación física entre las personas, limitar los movimientos masivos, introducir tecnologías que dispersen el virus, etc. Este conjunto de criterios en el extremo representa una antítesis del diseño moderno.

Conclusiones

El fenómeno de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 se relaciona con factores causales de orden bio-psico-social, los cuales en su conjunto se identifican como componentes de un sistema complejo difícil de controlar. Dentro del abanico de factores se encuentran aquellos asociados a las características del espacio urbano, así como a la movilidad en el territorio, los cuales se pueden abordar desde los paradigmas de diseño de la arquitectura y el urbanismo.

Con respecto a la movilidad, en este trabajo se planteó un marco cognitivo que permita describir el funcionamiento de la ciudad —en lo general— y la movilidad —en lo particular— para encontrar las relaciones entre ésta y la expansión del virus SARS-CoV-2 en el territorio. Se presume aquí que dicho marco cognitivo puede desarrollarse con base en el enfoque de sistemas, y en particular con base en la teoría de los sistemas complejos, para aterrizarlos en los conceptos de la dinámica urbana. De acuerdo con la teoría de sistemas, la complejidad hace difícil encontrar una solución determinista para combatir el esparcimiento del virus, por lo que la solución debe ser multifactorial y multidisciplinaria en los órdenes biológico, social, económico y político.

Se ha destacado el papel de la movilidad en la dinámica urbana y se ha asociado con la intensidad de la pandemia. Con base en los resultados obtenidos a través de un modelo de correlación simple, se concluye que reducciones en la movilidad de la gente conlleva a fuertes reducciones en el número de contagios. Con base en el marco cognitivo desarrollado y en los resultados del modelo de correlación, se concluye que es necesario limitar la libertad de movimiento de que goza la población en aras de controlar la pandemia. A pesar de que este criterio confronta la pertinencia del paradigma de la libertad y la vida en comunidad, los criterios de diseño deben revisar los parámetros de aglomeración, de encuentro y contacto social, de orden en los patrones de movimiento, etc., en aras de salvaguardar la vida humana. El diseño urbano-arquitectónico pospandemia tendrá que cambiar su paradigma para alcanzar los objetivos de convivencia y contacto social sin arriesgar la salud de los individuos. El punto de partida en la concepción de la ciudad ha sido la vida en comunidad, por lo que debemos regresar a éste principio en el proceso de planeación urbana respetando los intereses de la comunidad con espacios autosuficientes y promoviendo los valores y recursos del barrio (Lloyd, 2020). En particular, orientar los flujos y la intensidad de los movimientos intra e interurbanos, acompañados de la introducción de tecnologías apropiadas para favorecer el combate del virus en los espacios adaptados y en los vehículos de transporte. Todo ello sin menoscabo de las demás acciones de orden biológico, social, económico y político que pueden implementarse para el control de la pandemia.

Bibliografía

- Aloi, A. et al. (2020). *Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain)*. <https://core.ac.uk/download/pdf/344894306.pdf>.
- Alter, L. (2020). *The 15-Minute City Is Having a Moment*. <https://www.treehugger.com/the-15-minute-city-is-having-a-moment-5071739>
- Chadwick Fletcher G. (1982). *A Systems View of Planning: Towards a Theory of the Urban and Regional Planning Process*. 2ª Ed. Nueva York/Massachusetts: Pergamom Press.
- De Hoyos Martínez, J. E., Jiménez Jiménez, J. J., y Álvarez Vallejo, A. (2022). *Los efectos de la pandemia covid/SARS-CoV-2 en la dinámica urbana: criterios de diseño del espacio y la movilidad hacia la resiliencia de la ciudad post-covid*. Investigación en proceso (Clave 6191/2020CIB). Toluca: Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- Forrester Wright, J. (1969). *Urban Dynamics*. Massachusetts: Pegasus Communications.
- Herriges, D. (2020). *Let's Not Forget What We Build Cities For*. <https://www.strongtowns.org/journal/2020/3/18/lets-not-forget-what-we-build-cities-for>
- Honey-Roses, J., Anguelovski, I., Chireh, V. K., Daher, C., Konijnendijk van den Bosch, C., Litt, J. S., Mawani, V., McCall, M. K., Orellana, A., Oscilowicz, E., Sánchez, U., Senbel, M., Tan, X., Villagómez, E., Zapata, O., y Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). The Impact of COVID-19 on Public Space: An early review of the emerging questions – design, perceptions and inequities. *Cities and Health*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1780074>
- Jiménez Jiménez J. (1996). El transporte y los usos del suelo: Un marco para el análisis de sus relaciones e interdependencias. *Revista IDEAS*, (12).
- Jiménez Jiménez, J., Álvarez Vallejo, A. y De Hoyos Martínez, J. E. (2009). Las dimensiones física y moral en las políticas de desarrollo sustentable y la competitividad urbanas. En N. S. Niño Gutiérrez et al. (Coords.), *Antología de estudios territoriales: fomento de los estudios territoriales en Iberoamérica*. La Habana, Cuba: Casa Editora Geotech.
- Johns Hopkins University (2021). COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE). *Johns Hopkins University & Medicine*. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- McLoughlin, J. B (1971). *Planificación Urbana y Regional. Un enfoque de sistemas*. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local.
- Null, S., y Smith, H. (2020). COVID-19 Could Affect Cities for Years. Here Are 4 Ways They're Coping Now. *World Resources Institute*. <https://www.wri.org/insights/covid-19-could-affect-cities-years-here-are-4-ways-theyre-coping-now>
- O'Sullivan, F. (2020). How to Safely Travel on Mass Transit during Coronavirus. *Bloomberg*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-27/trains-planes-and-buses-how-to-avoid-coronavirus>

- Siegenfeld, F. A., y Bar-Yam, Y. (2020). An Introduction to Complex Systems Science and Its Applications. *Complexity*, 2020, artículo ID 6105872. <https://doi.org/10.1155/2020/6105872>
- WHO (2021). *WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard*. World Organization Health. <https://covid19.who.int>