

# Herramientas de complejidad para el análisis y el diseño urbano

Jornada – Universidad Veracruzana en Xalapa  
21 de noviembre de 2017

Carlos Reynoso  
Universidad de Buenos Aires  
<http://carlosreynoso.com.ar>  
[billyreyno@hotmail.com](mailto:billyreyno@hotmail.com)

## Objetivos

El programa aquí propuesto está primariamente orientado a brindar una introducción teórica y práctica del modelado de un amplio conjunto de problemas urbanos en base a herramientas de complejidad. La idea es encaminar a los especialistas en la realización de trabajos de diseño y análisis a escala real operando sobre programas especializados en estado de arte con plena comprensión de los factores técnicos y epistemológicos involucrados. De tal modo, y a cabo de una compenetración ulterior en las prácticas que aquí se introducen, los asistentes serán capaces de aplicar los conocimientos adquiridos en sus proyectos de investigación e incorporar opciones de complejidad a sus alternativas metodológicas.

## Justificación

Desde fines del siglo XX y en lo que va del milenio, se han desarrollado diversos métodos algorítmicos innovadores que usualmente se refieren como teorías de la complejidad y el caos determinista. Paralelamente se ha consolidado lo que muchos consideran la nueva ciencia de las redes, en las que las que el análisis de redes sociales y la teoría de grafos (asimismo de gran impulso como orientación matemática) se aplican a configuraciones con distribuciones de ley de potencia, una distribución que se sabe característica de los fenómenos complejos.

En poco tiempo, modalidades de investigación y herramientas usuales en la investigación convencional se han visto sustituidas o complementadas ventajosamente por sus equivalentes complejos y no lineales: la identificación de sistemas en estadística matemática se complementa ahora con la reconstrucción de sistemas dinámicos de la dinámica no lineal; las geometrías euclidianas con la geometría fractal; los métodos convencionales de los sistemas de información geográficos con los grafos primales y duales de la sintaxis del espacio; donde antes había simulaciones con movimiento browniano y camino al azar, ahora hay además vuelos de Lévy; donde antes se diseñaban los modelos urbanos y arquitectónicos con plantillas y procesos informáticos de gestión manual, ahora se aplican patrones y gramáticas complejas; y así sucesivamente.

Desarrolladas sobre todo en la última década, las variedades algorítmicas que integran los dos conjuntos complementarios (complejidad y redes) han llegado a ser innumerables: metaheurísticas evolucionarias, sistemas complejos adaptativos (incluyendo autómatas celulares y modelos basados en agentes), gramáticas recursivas (sistemas de Lindenmayer y *shape-grammars*), sociedades artificiales, vida artificial, análisis de redes complejas, criticalidad auto-organizada y en los últimos pocos años una poderosa combinación de teoría de grafos y sintaxis espacial. Más importante aun, las diversas familias de algoritmos de la complejidad están atravesadas y unificadas no sólo por distribuciones estadísticas características, sino por el uso de instrumentos conceptuales que se manifiestan (o que resultan productivos) en todos y cada uno de los miembros del conjunto: modelos de percolación, modelos de transiciones de fase de segundo orden, cálculo multifractal y análisis de ondículas, gráficos de recurrencia. A todo ello se agrega una reciente preocupación por los aspectos cognitivos, sociales y culturales de la organización del espacio construido, que recién ahora se están integrando a los modelos de complejidad basados en teoría de grafos, comenzando por el inmenso campo que se ha generado en torno de la sintaxis espacial.

En la jornada introductoria cuyo programa se adjunta se propone concentrar el foco en sólo seis conjuntos algoritmos y metodologías de complejidad que son los que se describen en el programa analítico. Tratándose de un seminario teórico práctico, y siendo necesario definir un conjunto acotado de posibilidades aplicativas de interés transdisciplinario, se propone organizar el campo empírico en torno de problemáticas de *análisis y diseño urbano* (incluyendo diseño urbano y planificación de configuraciones espaciales y servicios, modelos de crecimiento urbano, modelos de contingencia de evacuación, tráfico, sustentabilidad, calidad de vida, impacto ambiental, resiliencia, integración, epidemiología y difusión, factores sociales y cognitivos).

Se suministrará a los asistentes el conjunto de programas de computación de código abierto y/o dominio público que se indica en las referencias analíticas, así como la bibliografía licenciada correspondiente en soporte binario y los archivos para implementar ulteriores prácticas.

## Programa analítico

1. Introducción a la complejidad. Aspectos y dinámicas complejas en las estructuras y los procesos urbanos: fractalidad, no-linealidad, emergencia, auto-organización, sensibilidad a las condiciones iniciales, distribución de ley de potenci, sincronización, resiliencia. Principales algorítmicas e instrumentos de complejidad. Guías para la demarcación: Modelos microscópicos *versus* holística y dinámica de sistemas. Algorítmicas de la complejidad *versus* pensamiento complejo.
2. Sistemas complejos adaptativos I: Autómatas celulares. Modelado de crecimiento urbano y de proyección ambiental con AC. Estándares y ambientes de trabajo de propósito general u orientados a la disciplina. Modelos de microsimulación celular de tráfico. Modelos celulares de difusión de innovaciones. Demostración práctica. Simulación de crecimiento de ciudades con SLEUTH.
3. Sistemas complejos adaptativos II. Modelos basados en agentes, vida, cultura y sociedades artificiales. Conceptos generales y productos. Usos de modelos de agentes para modelado de tráfico, modelos de evacuación y flujo peatonal. Modelos de agentes autónomos para la simulación de procesos de innovación, cambio urbano e impacto económico. Estudios de casos y demostraciones prácticas con entornos de simulación.
4. Dimensión fractal y problemáticas de escala. Modelos de crecimiento fractal basados en DLA y otros principios algorítmicos. Usos del concepto en el análisis estructural, en el diagnóstico y planificación del crecimiento urbano, en el estudio y proyección los gradientes de precio y uso de la tierra y el impacto ecológico. Vinculación del análisis basado en ondículas (*wavelets*) con tecnologías de GIS y *remote sensing*. Casos de uso y demostraciones prácticas.
5. Gramáticas de la complejidad. Sistemas-L. *Shape-grammars*. La perspectiva del actor: Aspectos cognitivos del diseño gramatical. Prácticas de diseño de parques, marinas o laberintos con curvas tipo FASS en programas de sistemas-L. Diseño de ciudad futura con CityEngine según modelos predeterminados. Uso de gramáticas para la producción a bajo costo de proyecciones de reconstrucción y puesta en valor del patrimonio arquitectónico. Estudios de casos y demostraciones prácticas.
6. Sintaxis espacial. Modelos de isovista y GIS y modelos de grafos primales y duales. Usos del modelo en el diseño y análisis de estructuras organizacionales, modelado urbano y problemáticas sociales (ergonomía, caminabilidad, inteligibilidad, segregación, prevención del crimen). Rudimentos de teoría de grafos aplicada a las problemáticas urbanas de alta complejidad combinatoria (sincronización de semáforos, recolección de residuos, asignación de recursos). Prácticas de análisis de sintaxis espacial con AJAX, DepthMapX y Mindwalk.

# Referencias bibliográficas

## 1. Introducción y demarcación

Portugali, Juval. 2009. "Complexity theories of cities: Achievements, criticism and potentials". [Bajar](#).

Reynoso, Carlos. 2009. *Análisis y diseño de la ciudad compleja*. Buenos Aires, Editorial Sb, passim. [Bajar](#).

## 2. Autómatas celulares.

Barredo, José, Marjo Kasanko, Niall McCormick y Carlo Lavalle. 2003. "Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata". *Landscape and Urban Planning*, 64: 145-160.

Batty, Michael. 1999. "Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata". *Computers, environment and urban systems*, 23.

Clarke, Keith. 2002. "A decade of SLEUTHing: Lessons learned from application of a cellular automaton land use change model".

Liu, Jan. 2009. *Modelling urban development with Geographic Information Systems and cellular automata*. Boca Raton, CRC Press.

Reynoso, Carlos. 2009. *Análisis y diseño de la ciudad compleja*. Capítulo 1, pp. 6-33.

## 3. Modelos basados en agentes, vida, cultura y sociedades artificiales.

Barrett, C.L., R.J. Beckman, K.P. Berkebigler, K.R. Bisset, B.W. Bush, K. Campbell, S. Eubank, K.M. Henson, J.M. Hurford, D.A. Kubicek, M.V. Marathe, P.R. Romero, J.P. Smith, L.L. Smith, P.E. Stretz, G.L. Thayer, E. Van Eeckhout y M.D. Williams. 2001. "TRANSPORTATION ANALYSIS SIMULATION SYSTEM (TRANSIMS)". Portland Study Reports. Los Alamos National Laboratory Reports LA-UR-01-5711, 5712, 5713, 5714, 5715. LA-UR-01-5711, 5712, 5713, 5714, 5715. Los Alamos, Los Alamos National Laboratory.

Namazi-Rad, Mohammad Reza, Lin Padgham, Pascal Perez, Kai Nagel y Ana Bazzan (editores). 2016. *Agent-Based modelling of urban systems. First International Workshop, ABMUS 2016*. Berlín, Springer.

Reynoso, Carlos. 2009. *Análisis y diseño de la ciudad compleja*. Capítulo 2.

## 4. Dimensión fractal, multifractalidad y análisis de ondulaciones

Albeverio, Sergio, Denise Andrey, Paolo Giordano y Albeto Vancheri (editores). *The dynamics of complex urban systems: An interdisciplinary approach*. Heidelberg y Nueva York, Springer.

Arlinghaus, Sandra Lach. "Fractals take a central place". *Geografiska Annaler B: Human Geography*, 67(2): 83-88.

Arlinghaus, Sandra Lach. 1993. "Central Place fractals: theoretical geography in an urban setting". En: N. Siu-Ngan Lam, L. DeCola (compiladores), *Fractals in Geography*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, pp. 213-227

Batty, Michael y Paul Longley. 1994. *Fractal cities: A geometry of form and function*. Londres y San Diego, Academic Press.

- Frankhauser, Pierre. 1997. "Fractal geometry of urban patterns and their morphogenesis". *Discrete dynamics in nature and society*, 2: 127-145.
- Frankhauser, Pierre. 1998. "The Fractal Approach. A New Tool for the Spatial Analysis of Urban Agglomerations". *Population: An English Selection*, Vol. 10, No. 1, *New Methodological Approaches in the Social Sciences*, pp. 205-240.
- Frankhauser, Pierre y Denise Pumain. 2007. "Fractals and geography". En: Lena Sanders (compiladora), *Models in spatial analysis*. Londres, ISTE.
- Norte Pinto, Nuno y António Pais Antunes. 2007. "Modeling and urban studies: An introduction". *Architecture, City and Environment*.
- Reynoso, Carlos. 2009. *Análisis y diseño de la ciudad compleja*. Capítulo 3, pp. 42-60.
- Reynoso, Carlos. 2017. *Dilemas de la comparación, la similitud y la diferencia*. En curso de publicación. Capítulo 9: Autosimilitud y mediciones en condiciones de fractalidad. [Bajar](#).

## 5. Gramáticas de la complejidad. Sistemas-L. *Shape-grammars*.

- Müller, Pascal, Tijn Vereenoghe, Andreas Ulmer y Luc Van Gool. 2005. "Automatic reconstruction of Roman housing architecture". *Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage*, Ascona, Suiza.
- Müller, Pascal, Tijn Vereenoghe, Peter Wonka, Iken Papp y Luc Van Gool. 2006. "Procedural 2D reconstruction of Puuc buildings in Xkipché". En: M. Ioannides, D. Arnold, F. Niccolucci y K. Mania (compiladores), *The 7th International Symposium on virtual reality, archaeology and cultural heritage*, VAST, pp. 139-146.
- Müller, Pascal, Peter Wonka, Simon Haegler, Andreas Ulmer, Luc van Gool. 2006. "Procedural modeling of buildings". *Proceedings of ACM Siggraph 2006 / ACM Transactions on Graphics*, 26(3), Nueva York, ACM Press.
- Ramli, Moh Adib y Mohamed Rashid Embi. 2008. "The shape grammar of Rudinara Residence". *Jurnal Alam Bina*, Jilid 13(4): 53-61.
- Reynoso, Carlos. 2009. *Análisis y diseño de la ciudad compleja*. Capítulo 4, pp. 61-79.
- Reynoso, Carlos. 2008. "Diseño artístico y arquitectónico con gramáticas complejas". Trabajo presentado en el Workshop de Arte, Estética y Complejidad en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, 8 al 12 de setiembre de 2008. <http://carlosreynoso.com.ar/diseño-artístico-y-arquitectónico-con-gramáticas-complejas-2008/>.

## 6. Redes y Sintaxis espacial.

- Barabási, Albert-László. 2003. *Linked: How everything is connected to everything else and what it means*. Nueva York, Plume Books.
- Blanchard, Philippe y Dimitri Volchenkov. 2009. *Mathematical analysis of urban spatial networks*. Berlín y Heidelberg, Springer.
- Hillier, Bill. 2007a. *The space is the machine: A configurational theory of architecture*. Londres, UCL.
- Reggiani, Aura y Peter Nijkamp (editores). 2009. *Complexity and spatial networks: In search of simplicity*. Dordrecht, Springer Verlag.
- Reynoso, Carlos. 2009a. *Análisis y diseño de la ciudad compleja*. Capítulo 5, pp. 80-103.

Toker, Umut y Zeynep Toker. 2003. "Family structure and spatial configuration in Turkish house form in Anatolia from late nineteenth century to late twentieth century". *Proceedings, 4th International Space Syntax Symposium*, Londres, pp. 55.1-55.16.