

Modelado de complejidad agroalimentaria: Epistemología y metodología

Propuesta de taller de posgrado

Dr. Carlos Reynoso
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
<http://carlosreynoso.com.ar>

Objetivos

Esta propuesta de materia concierne a una introducción a las teorías y métodos de la complejidad, orientada tanto a graduados procedentes de las ciencias formales como de las ciencias humanas y aplicada a las problemáticas de agroalimentación. El propósito es proporcionar una adecuada visión epistemológica de los conceptos complejos y elaborar una práctica intensiva de modelado transdisciplinario sobre herramientas de complejidad de estado de arte.

Fundamentación

Aun cuando existe una nutrida bibliografía especializada en diversos aspectos de las ciencias de la complejidad, la dinámica no lineal, el caos determinista o la geometría fractal, no abundan las ocasiones de abordaje teórico-práctico que al mismo tiempo proporcionen una fundamentación epistemológica robusta y permitan aplicar las nociones complejas a los asuntos empíricos de un extenso campo disciplinario.

Tanto a nivel de los estudios publicados como de la oferta académica, no es común que se examine el campo de la complejidad sin trivializar ya sea su fundamentación matemática o su dimensión filosófica. A menudo, cuando es menester impartir una visión que sea cabalmente introductoria, resultan ser ambos campos los que resultan objeto de distorsión. Ante este escenario, el presente documento apunta a proponer una experiencia de introducción a las ciencias, métodos y técnicas de referencia avalada por numerosos seminarios, talleres y materias curriculares que abordaron un campo temático semejante a niveles de grado, posgrado, doctorado e investigación, orientado a estudiosos de diversas disciplinas, desde las matemáticas y la computación hasta la biología, la antropología, las artes y el diseño.

Se ha prestado también particular atención a la estricta actualidad, instrumentalidad metodológica y relevancia conceptual de los modelos incluidos en el programa, reduciendo la exploración de los desarrollos precursores, colaterales, rudimentarios

o derivativos al mínimo posible. Coincidentemente, todo cuanto concierne a complejidad desorganizada, termodinámica convencional, distribuciones normales y modelos estocásticos, por más relevante que resulte todo eso en su propio contexto, se ha dejado prolijamente al margen; habrá oportunidad para tratar esas temáticas en materias y seminarios específicos. Se ha buscado asimismo un equilibrio expositivo entre la visión de conjunto (que ha de brindar el contexto en el que los procedimientos complejos devienen inteligibles) y la profundización instrumental (que permite modelar los procesos complejos con vistas a intervenir en ellos). Más allá de la bibliografía señalada, se orientará caso por caso la orientación bibliográfica y la realización de actividades prácticas individualizadas conforme a la disciplina de especialización de los cursantes.

Dado que el campo complejo está atravesado de un extremo a otro por un conjunto estable de pautas algorítmicas, de distribuciones estadísticas, de constantes geométricas y topológicas y de principios de organización (no linealidad, leyes de potencia, invariancia, emergencia, atractores, dimensionalidad fractal), el programa propuesto ha utilizado estos principios como elemento radical de estructuración, a fin de evitar el efecto de dispersión que se manifiesta con cierta frecuencia en textos y cátedras ante modelos de un alto grado de heterogeneidad aparente, engranados en disciplinas inherente y constitutivamente disímiles.

Requisitos, dictado y régimen de aprobación

La materia propuesta demanda entre 15 y 18 horas de dictado efectivo, requiriéndose el uso constante de computadoras para la especificación y la realización de los ejercicios de práctica. Se suministrará a los asistentes el repertorio completo existente de herramientas de modelado complejo de dominio público, con especial preferencia por los productos de nivel probada excelencia, de código abierto y en desarrollo activo.

Aun cuando la materia está proyectada para graduados formados en cualquier disciplina (incluyendo matemáticas y ciencias formales) no se requiere formación técnica específica, aunque sí práctica razonable de trabajo como usuario de computadoras. Sería beneficiosa, aunque no excluyente, alguna noción de programación en cualquier lenguaje de propósito general. El régimen de asistencia, carga de trabajo, realización de trabajos curriculares y promoción se articula conforme a la reglamentación usual que se defina para la institución.

Programa analítico

1. Introducción a los modelos de complejidad organizada. Demarcación en el campo filosófico y sociocultural. Modelos discursivos de la complejidad: epistemología de la complejidad de Edgar Morin, paradigma de Fritjof Capra y autopoiesis: principales argumentos y revisión crítica. Propiedades de los modelos algorítmicos y definición de las herramientas para su implementación práctica.
2. No-linealidad. Dinámica no lineal y caos determinista. Ecuaciones de diferencia (mapa logístico) y ecuaciones diferenciales no lineales (Lorenz). Sensitividad extrema a las condiciones iniciales. Emergencia. Atractores extraños. Análisis de recurrencia. Nociones de teoría de la bifurcación. Sincronización y control de caos – Teoría y práctica. Criticalidad auto-organizada. Práctica de modelado de escenarios caóticos. Práctica de análisis de series temporales. Diagnóstico de no linealidad. Discusión de los aspectos teóricos y lineamientos de aplicación práctica.
3. Sistemas complejos adaptativos. Contrastación con modelos macroscópico de dinámica de sistemas y afines. Tipología básica de SCA: autómatas celulares, redes booleanas aleatorias y modelos basados en agentes. Modelos complejos ligados a dominio. Vida, sociedades y culturas artificiales. Aplicaciones en ciencias humanas. Práctica de modelado de problemas urbanos y territoriales con autómatas celulares y MBA. Modelos de uso de la tierra en perspectiva dinámica. Modelos microscópicos de predicción, contingencia y sostenibilidad. Discusión de los aspectos teóricos y lineamientos de aplicación práctica.
4. Geometría fractal. Métodos de cálculo y campos de uso de la dimensión fractal. Tipos fractales y sus aplicaciones. Sistemas de funciones iteradas. (IFS): teorema del collage. Modelos de crecimiento multifractal: agregación limitada por difusión (DLA). Plasmas y modelos de generación de *terrains*. Geometría fractal en la ciencia y la cultura. Nociones de análisis espectral. Alternativas al cálculo de la DF: análisis basado en *wavelets*. Prácticas de diagnóstico de multifractalidad en sistemas de gestión geográfica, biología, economía y finanzas. Discusión de los aspectos teóricos y lineamientos de aplicación práctica.
5. Gramáticas recursivas complejas. Introducción a la jerarquía de la complejidad de Chomsky. Nociones básicas de lenguajes formales y teoría de autómatas aplicadas a la problemática generativa. Sistemas de Lindenmaier. *Shape grammars*. Práctica de modelado y diseño urbano con gramáticas complejas. Discusión de los aspectos teóricos y lineamientos de aplicación práctica.

6. Metaheurísticas complejas. Algoritmo genético. Algoritmos basados en la sociedad y la cultura. Inteligencia de enjambre, colonias de hormigas, algoritmo cultural de Reynolds. Metaheurísticas y tratabilidad. Práctica de diseño y resolución de problemas a escala real con algoritmo genético. Discusión de los aspectos teóricos y lineamientos de aplicación práctica en diversas disciplinas.
7. Redes complejas. Distribuciones de ley de potencia. Ley de Zipf. Invariancia de escala. Modelos de grafos en redes sociales y sintaxis espacial. Modelos reticulares de epidemiología y difusión de innovaciones. Aplicaciones en ciencias sociales. Analogías y especificidades de las redes sociales y las redes químicas o biológicas. Análisis y visualización de redes de alta complejidad con ORA, Cytoscape y Network Workbench. Práctica de aplicación de análisis de redes a la ecología, la biología y la espacialidad. Discusión de los aspectos teóricos y lineamientos de aplicación práctica.

Referencias bibliográficas.

1. Introducción

- Allman, Elizabeth y John Rhodes. 2004. *Mathematical models in biology. An introduction*. Cambridge (USA), The MIT Press.
- Bonchev, Danail y Dennis Rouvray (editores). 2005. *Complexity in chemistry, biology, and ecology*. Nueva York, Springer.
- Byrne, David. 1998. *Complexity theory and the social sciences: An introduction*. Londres y Nueva York, Routledge.
- Flake, Gary William. 1999. *The computational beauty of nature. Computer explorations of fractals, chaos, complex systems, and adaptation*. Cambridge (USA), The MIT Press.
- de Vries, Gerda, Johannes Müller, Thomas Hillen, Birgitt Schönfisch y Mark Lewis. 2006. *A course in mathematical biology: Quantitative modeling with mathematical and computational methods*. Filadelfia, SIAM.
- Edelstein-Keshet, Leah. 2005. *Mathematical models in biology*. Filadelfia, Siam.
- Kaneko, Kunihiko. 2006. *Life: An introduction to complex system biology*. Berlín y Heidelberg, Springer Verlag.
- Meyers, Robert A. (editor). 2009. *Encyclopedia of complexity and systems science*. Berlín-Nueva York, Springer.
- Reynoso, Carlos. 2006. *Complejidad y caos: Una exploración antropológica*. Buenos Aires, Editorial Sb, *passim*.
- Reynoso, Carlos. 2008. *Modelos o metáforas: Crítica del paradigma de la complejidad de Edgar Morin*. Buenos Aires, Editorial Sb.

2. No linealidad

- Ausloos, Marcel y Michel Dirickx. 2006. *The logistic map and the route to chaos. From the beginnings to modern applications*. Berlín-Heidelberg, Springer.

- Aziz-Alaoui, M. A. y Cyrille Bertelle (compiladores). 2006. *Emergent properties in natural and artificial dynamical systems*. Berlín-Heidelberg, Springer Verlag.
- Bak, Per. 1996. *How nature works. The science of organized criticality*. Nueva York, Springer Verlag.
- Bertuglia, Cristoforo Sergio y Franco Vaio. 2005. *Nonlinearity, chaos, and complexity: The dynamics of natural and social systems*. Oxford, Oxford University Press.
- Boccaletti, Stefano. 2008. *The synchronized dynamics of complex systems*. Amsterdam, Elsevier.
- Boccaletti, Stefano, Celso Grebogi, Ying-Cheng Lai, H. Mancini y Diego Maza. 2000. "The control of chaos: Theory and applications". Amsterdam, Elsevier, *Physics Reports* 329: 103-197.
- Kiel, L. Douglas y Euel Elliott (comps.). 1997. *Chaos theory in the social sciences. Foundations and applications*. Ann Arbor, The University of Michigan Press.
- Lorenz, Edward. 1995. *La esencia del caos*. Barcelona, Debate.
- Reynoso, Carlos. 2006. *Complejidad y caos: Una exploración antropológica*. Buenos Aires, Editorial Sb. Capítulo 4.
- Small, Michael. 2005. *Applied nonlinear time series analysis: Applications in physics, physiology and finance*. Singapur, World Scientific.
- Strogatz, Steven. 1994. *Nonlinear dynamics and chaos. With applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. Cambridge, Westview Press.
- 2003. *Sync: The emerging science of spontaneous order*. Nueva York, Theia.

3. Sistemas complejos adaptativos

- Agar, Michael. 2003. "My kingdom for a function: Modeling misadventures of the innumerate". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 6(3), <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/3/8.html>.
- 2005. "Agents in living color: Towards emic agent-based models". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8(1), <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/1/4.html>.
- Deutsch, Andreas y Sabine Dormann. 2005. *Cellular automaton modeling of biological pattern formation: Characterization, applications, and analysis*. Boston, Birkhäuser.
- Epstein, Joshua y Robert Axtell. 1996. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. The Brookings Institution Press, Washington, D. C. & The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hoyle, Rebecca. 2006. *Pattern formation*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Johnston, John. 2005. *The allure of machinic life: Cybernetics, artificial life, and the new AI*. Cambridge (USA), The MIT Press.
- Reynoso, Carlos. 2006. *Complejidad y caos: Una exploración antropológica*. Buenos Aires, Editorial Sb. Capítulo 3.
- Schelling, Thomas. 1971. "Dynamic Models of Segregation". *Journal of Mathematical Sociology*, 1 (versión abreviada, "Models of Segregation". *The American Economic Review*, 59(2), Mayo 1969.)
- Sun, Ron (editor). 2006. *Cognition and multi-agent interaction: From cognitive modeling to social simulation*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Wolfram, Stephen. 2002. *A new kind of science*. Champaign, Wolfram Media.

4. Geometría fractal

- Edgar, Gerald. 2008. *Measure, topology, and fractal geometry*. 2ª edición, Nueva York, Springer.
- Eglash, Ron. 1999. *African fractals. Modern computing and indigenous design*. New Brunswick, Rutgers University Press.
- Mandelbrot, Benoit. 1999. *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona, Tusquets.
- Mandelbrot, Benoît y Richard L. Hudson. 2006. *Fractales y finanzas: Una aproximación matemática a los mercados*. Barcelona, Tusquets.
- Peitgen, Heinz-Otto, Hartmut Jürgens y Dietmar Saupe. 2004. *Chaos and fractals: New frontiers of science*. Nueva York, Springer-Verlag.
- Schroeder, Manfred. 1990. *Fractals, chaos, power laws: Minutes from an infinite paradise*. Nueva York, W. H. Freeman and Company.

5. Gramáticas recursivas complejas

- Prusinkiewicz, Przemyslav. 1986. "Score generation with L-systems". *Proceedings of the International Computer Music Conference '86*, pp 455–457.
- Prusinkiewicz, Przemyslav y Jim Hanan. 1998. *Lindenmayer systems, fractals, and plants*. Nueva York, Springer Verlag.
- Prusinkiewicz, Przemyslav y Aristid Lindenmayer. 1990. *The algorithmic beauty of plants*. Nueva York, Springer Verlag.
- Prusinkiewicz, Przemyslav, Kamala Krithivasan y M. G. Vijayanarayana. 1989. "Application of L-systems to algorithmic generation of South Indian folk art patterns and karnatic music". En: R. Narasimhan (comp.), *A perspective in theoretical computer science — commemorative volume for Gift Siromoney*, pp. 229–247. World Scientific, Singapur, 1989. Series in Computer Science, Vol. 16.
- Reynoso, Carlos. 2008. *Diseño artístico y arquitectónico con gramáticas complejas*. <http://carlosreynoso.com.ar/disenio-artistico-y-arquitectonico-con-gramaticas-complejas-2008/>
- Reynoso, Carlos. 2010. *Análisis y diseño de la ciudad compleja: Perspectivas desde la antropología urbana*. Buenos Aires, Editorial Sb.
- Stiny, George y James Gips. 1971. "Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture". En: C. V. Freiman (compilador), *Proceedings of IFIP Congress 71*, Amsterdam, pp. 1460–1465, 1971.

6. Metaheurísticas

- Bäck, Thomas, David Fogel y Zbigniew Michalewicz (compiladores). 1997. *Handbook of evolutionary computation*. Oxford, Oxford University Press.
- Bäck, Thomas, David Fogel y Zbigniew Michalewicz (compiladores). 2000a. *Evolutionary computation 1: Basic algorithms and operators*. Bristol y Filadelfia, Institute of Physics Publishing.
- Bäck, Thomas, David Fogel y Zbigniew Michalewicz (compiladores). 2000b. *Evolutionary computation 2: Advanced algorithms and operators*. Bristol y Filadelfia, Institute of Physics Publishing.
- Bentley, Peter J. 1999. *Evolutionary Design by Computers*. San Francisco, Morgan Kaufmann.
- Holland, John. 1992a. "Genetic algorithms". *Scientific American*, julio, 267(1): 44-50.

- 1992b [1975]. *Adaptation in natural and artificial systems*. Cambridge (USA), The MIT Press.
- Miranda, Eduardo Reck y John Al Biles (compiladores). 2007. *Evolutionary computer music*. Nueva York, Springer.
- Mitchell, Melanie. 1999. *An introduction to genetic algorithms*. 5ª impresión, Cambridge (USA), The MIT Press.
- Reynoso, Carlos. 2008. *Artes visuales y sonoras con metaheurísticas evolucionarias*. <http://carlosreynoso.com.ar/artes-visuales-y-sonoras-con-metaheuristicas-evolucionarias/>
- Romero, Juan y Penousal Machado (compiladores). 2008. *The art of artificial evolution: A handbook on evolutionary art and music*. Nueva York, Springer.
- Wolpert, D.H. y W. G. Macready. 1995. "No Free Lunch Theorems for Search". *Technical Report SFI-TR-95-02-010*, Santa Fe Institute.
- Zomaya, Albert (compilador). 2006. *Handbook of nature-inspired and innovative computing: Integrating classical models with emerging technologies*. Nueva York, Springer Science+Business Media.

7. Redes complejas

- Barabási, Albert-László. 2003. *Linked: How everything is connected to everything else and what it means*. Nueva York, Plume Books.
- Newman, Mark, Albert-László Barabási y Duncan Watts (compiladores). 2006. *Structure and dynamics of networks*. Princeton, Princeton University Press.
- Reynoso, Carlos. 2011. *Redes y complejidad: Modelos interdisciplinarios para la gestión sostenible de la sociedad y la cultura*. Buenos Aires, Editotial Sb.
- Watts, Duncan. 2004. *Six degrees: The science of a connected age*. Londres, Vintage.



Dr. Carlos Reynoso
Profesor Titular Regular
Facultad de Filosofía y Letras – Facultad de Ingeniería
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
<http://carlosreynoso.com.ar>