

LAS CIENCIAS SOCIALES Y EL PROBLEMA DE LA COMPLEJIDAD

Myriam Cardozo Brum

La ciencia moderna se especializa continuamente, dando lugar a múltiples disciplinas separadas entre sí; cuando lo que se requiere es un enfoque que las articule, apropiado para captar la complejidad creciente de nuestras sociedades. Los estudios de dicha complejidad pueden realizarse desde diversas perspectivas; en particular, desde las matemáticas que estudian sistemas animados por dinámicas no lineales, enfoque a cuyo tratamiento se dedica el artículo. El mismo se pregunta: ¿qué se entiende por complejidad?, ¿cómo se la puede estudiar? y ¿qué aportes puede realizar al desarrollo de las ciencias sociales como tales y a la solución de problemas sociales concretos? Se concluye dando respuesta a ellas después de revisar los siguientes apartados: 1) perspectivas de estudio de la complejidad, 2) antecedentes de la perspectiva matemática, 3) desarrollo de las ciencias sociales y enfoque matemático, 4) actual enfoque matemático de las ciencias de la complejidad, 5) aportes de los estudios de la complejidad a la comprensión y solución de problemas sociales, 6) emoción y procesos decisivos, y 7) enseñanza no disciplinaria de la complejidad.

Palabras clave: complejidad, sistemas complejos, ciencias sociales, interdisciplinariedad, perspectiva matemática.

ABSTRACT

The increasing specialization of modern science is generating a wide variety of new disciplines that are rarely combined in research projects. It is argued that it is necessary to combine disciplines in order to have a comprehensive understanding of complex social phenomena. Although research projects can be approached from different perspectives, this article focuses mainly on potential contributions from mathematical non-linear dynamic systems. We posed questions such as: What is it understood by complexity? How can it be studied? How can it contribute to Social Science and to solve specific social problems? We conclude the article by answering these questions based on a review of the following topics: 1) different approaches to the study of complexity, 2) background of the mathematical perspective, 3) development of social sciences and their relation to the mathematical approach, 4) state of the art of the mathematical approach to complexity sciences, 5) contributions from studies of complexity to

the understanding and solving social problems, 6) emotional behavior and decision making, and 7) non-disciplinary teaching of complexity.

Key words: complexity, complex systems, social science, interdisciplinary, mathematical perspective.

INTRODUCCIÓN

La ciencia moderna se especializa continuamente dando lugar a múltiples disciplinas, separadas entre sí, que estudian la creciente complejidad de nuestras sociedades. Así, la sociedad es concebida como una suma de partes elementales, en lugar de hacerlo como un todo o sistema de elementos fuertemente interrelacionados. Sin embargo, en muy diferentes disciplinas y temas se han detectado isomorfismos o problemas que presentan la misma estructura teórica, que están siendo estudiados desde las perspectivas de la complejidad, que asumen la complementación de las disciplinas.

Si bien estos desarrollos se presentan especialmente en física, biología, ecología, entre otras, también la mayoría de las ciencias sociales (antropología, sociología, economía, política, administración, lingüística) se han interesado en los estudios de la complejidad.¹ Surgen así diversas preguntas: ¿qué se entiende por complejidad?, ¿cómo se la puede estudiar?, y ¿qué aportes puede realizar al desarrollo de las ciencias sociales como tales y a la solución de problemas sociales concretos? Para intentar contestarlas será necesario empezar por identificar los enfoques existentes sobre el tema, pero por razones de espacio, en el presente artículo sólo se podrá considerar una de sus perspectivas de estudio.

En síntesis, el artículo se propone: 1) mostrar la pertinencia de la articulación entre las matemáticas de la complejidad y la investigación en ciencias sociales; 2) señalar cómo podría efectuarse esta articulación; 3) ilustrar algunos casos concretos, apoyados en investigaciones empíricas de otros autores, del uso de las matemáticas de la complejidad en las ciencias sociales; 4) identificar el nivel de desarrollo alcanzado por los trabajos realizados en México; y, 5) señalar los aportes, pero también las limitaciones y los riesgos del uso de las matemáticas de complejidad en ciencias sociales, de manera de avanzar hacia una valoración sustentada de su contribución.

¹ Si bien después de la Segunda Guerra Mundial se han utilizado diversos modelos matemáticos, como los aplicados a la toma de decisiones en el campo administrativo, éstos son en su mayoría de carácter estático y lineales, como la programación lineal, por lo que distan mucho de los modelos dinámicos y no lineales, propios de las ciencias de la complejidad.

PERSPECTIVAS DE ESTUDIO DE LA COMPLEJIDAD

Al acercarnos al tema de la complejidad, nos encontramos con múltiples perspectivas sobre la misma, “lejos de ofrecer una teoría unificada, completa y consistente”:² enfoque de sistemas, pensamiento complejo, sistemas complejos y dinámicas no lineales, entre otras. Además, si bien nos presentan caracterizaciones diversas de la complejidad, no nos ofrecen una verdadera definición ni una enumeración de condiciones necesarias y suficientes para que un fenómeno sea considerado complejo.

A mediados del siglo XX, el enfoque de sistemas se nutrió del trabajo de uno de sus precursores, Ludwig Von Bertalanffy,³ quien trabajó en el campo de la biología e identificó importantes paralelismos o isomorfismos entre el comportamiento de ésta y el de otras disciplinas,⁴ describiendo las principales características de los sistemas (equifinalidad, retroalimentación, entropía, entropía negativa, homeostasis, etcétera).

Von Bertalanffy definió un sistema como un conjunto de elementos interrelacionados y los clasificó en abiertos y cerrados. Los primeros realizan intercambios de materia, información, ideas, emociones, con el medio que los rodea; mientras los segundos permanecen aislados. En estos últimos es posible efectuar predicciones lógicas, ya que la evolución del estado inicial al final está plenamente establecida por un principio determinista: las relaciones de causalidad en un contexto de equilibrio estático, derivado de la segunda ley de la termodinámica.⁵ Estos casos en que el sistema se puede representar matemáticamente tuvieron mucho éxito en la predicción de fenómenos naturales, especialmente en el corto plazo, lo que llevó también a las ciencias sociales a intentar su aplicación.

² Raymundo Mier, “Notas sobre la complejidad en las ciencias sociales: de la formalización a las metáforas”, en Fernando López y F. Brambilia (eds.), *Antropología fractal*, CIMAT-Sociedad Matemática Mexicana, México, 2007, p. 33.

³ Ludwig Von Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*, Trillas, México, 1990.

⁴ Un concepto fundamental del modelo biológico que sería posteriormente desarrollado por Varela y Maturana es el de autopoiesis (posibilidad de los seres vivos de crearse a sí mismos) que aparece en la vida biológica y vuelve a encontrarse tanto en la vida de las máquinas como en los procesos sociales. Véase Humberto Maturana y F. Varela, *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo*, Editorial Universitaria, Chile, 1997.

⁵ La segunda ley de la termodinámica alude a que, en un sistema aislado, la entropía tiende a incrementarse con el tiempo, es decir, que existe una tendencia hacia la degradación progresiva o la destrucción de las estructuras propias de dicho sistema, de tal forma que, cuando ésta llega a su máximo valor, alcanza un estado de equilibrio. En el caso de los sistemas vivientes el proceso es más complejo, puesto que toman entropía negativa del entorno (alimentación, por ejemplo), lo que les permite resistir la ley en cuestión y prolongar su vida.

El enfoque de sistemas aporta al estudio de la complejidad, entre otros, la idea de que el todo es diferente de la suma de las partes debido a la importancia de las relaciones entre éstas; lo que se traduce en el concepto de sinergia, es decir, la conjunción de esfuerzos que permite obtener resultados superiores a la mera suma de los aportes individuales. Pero, estrictamente, este enfoque considera que las relaciones y dinámicas del sistema confluyen en una totalidad coherente y ordenada, asunto que será cuestionado desde los estudios de la complejidad.

En particular, la teoría de los sistemas sociales de Niklas Luhmann⁶ ha permitido estudiar a las sociedades modernas y sus formas de operar (su diferenciación del entorno, génesis, creación y recreación de los procesos sociales, así como el sentido de su comunicación); sin embargo, en América Latina, las implicaciones de las sociedades complejas, su integración segmentada y su diferenciación social, son aún poco conocidas y empleadas en sus análisis.⁷ De igual forma, el trabajo de Easton ha entendido a la política, la sociedad y el gobierno como sistemas.⁸

Más allá de los enfoques sistémicos, entre los estudios propios de la complejidad pueden identificarse enfoques que, si bien comparten algunas ideas básicas comunes, también asumen posiciones diferentes frente a ciertos temas. Identificamos dos claramente diferenciados:⁹

- La corriente identificada con el desarrollo del Pensamiento Complejo, actualmente compuesta por autores franceses como Morin, Le Moigne y Roggero, que reconocen la importante contribución de otros como Simon, Piaget y Prigogine.¹⁰
- El enfoque matemático, también llamado de las ciencias “duras” debido a la influencia de la física, que entiende a la complejidad como una ciencia, desarrollada principalmente en el Instituto de Santa Fe (EUA) y la Escuela de Bruselas, e impulsada en México por

⁶ Niklas Luhmann, *Teoría de los sistemas sociales*, Uia, México, 1998.

⁷ René Millán, “Sociedad compleja ¿cómo se integra?”, en *Desacatos. Revista de antropología social*, núm. 28, CIESAS, México, 2008, pp. 69-88.

⁸ David Easton, *Enfoque sobre teoría política*, Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1967; y *Esquema para el análisis político*, Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1969.

⁹ En México podría diferenciarse un tercero que, a partir de los trabajos de Jean Piaget ha sido desarrollado por Rolando García en la solución de problemas aplicados en campos científicos como la meteorología. Véase Rolando García, *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*, Gedisa, Barcelona, 2000; y *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Gedisa, Barcelona, 2006.

¹⁰ Citados en Myriam Cardozo, “Gestión pública: complejidad y modelación”, *Revista Administración y Organizaciones*, núm. 25, UAM-Xochimilco, México, 2010.

autores como Cocho, Miramontes, Gutiérrez, Mansilla, Martínez y Contreras, que también reconocen los antecedentes de Simon y Prigogine.¹¹ A continuación nos referiremos sólo a este enfoque.

ANTECEDENTES DE LA PERSPECTIVA MATEMÁTICA

La matemática ha ido evolucionando en forma lenta y progresiva: surge en la Grecia antigua y permanece casi estancada hasta fines de la Edad Media (siglo XII) en que Occidente adopta el sistema arábigo de numeración y el concepto y número “cero”. A partir de ahí, la modernidad enfrentará los desarrollos de lo infinitamente pequeño y grande. Recientemente, los grandes avances provocados por el advenimiento de las computadoras y el incremento de las posibilidades de modelizar objetos y procesos, están permitiendo el desarrollo de las matemáticas de la complejidad.

En el Congreso Mundial de Matemáticas realizado en París en 1900, Hilbert propuso que las matemáticas dejaran de pensar fórmulas y ecuaciones y lo hicieran mejor en torno a ideas, conceptos y teorías más abstractas. Por su parte, el *Teorema de la incompletitud* de Gödel concluyó sobre la imposibilidad de que los sistemas formales demuestren completamente la coherencia lógica de sus teorías y la verdad de sus afirmaciones, ya que habrá al menos una proposición que, siendo verdadera, no sea demostrable. Asimismo, Henri Poincaré caracterizó a los sistemas dinámicos no lineales de trayectorias irregulares como una mezcla de orden y desorden, determinismo y aleatoriedad. En su ensayo “Ciencia y método” de 1903, adelantó que causas muy pequeñas podían producir efectos muy grandes y, puesto que las primeras no eran identificadas, se consideraba que los últimos eran debidos al azar.

De esta forma, en el cambio de los siglos XIX a XX, se produjo una crisis en las matemáticas como consecuencia de las contradicciones y paradojas acumuladas, lo que dio nacimiento a las nuevas matemáticas.

En 1963, Edward Lorenz confirmó la conclusión de Poincaré en el sentido de que pequeños cambios en las condiciones iniciales de un sistema pueden producir modificaciones de magnitudes importantes en el resultado final (“efecto mariposa”).¹² Estas relaciones de no proporcionalidad entre la “causa” y el “efecto” impiden prácticamente la realización de predicciones que no sean inmediatas.¹³

¹¹ *Idem.*

¹² Expresa la idea de que el aleteo de una mariposa en Brasil podría provocar un huracán en Estados Unidos.

¹³ Edward Lorenz, “Deterministic nonperiodic flow”, *Journal of Atmospheric Sciences*, 20, 1963.

Como ya mencionamos, a mediados del siglo XX, se produjeron las aportaciones sistémicas de Von Bertalanffy, a las que se agregaron las de Jay Forrester, quien desarrolló una metodología de dinámica de sistemas aplicada al análisis de la estructura de una empresa estadounidense y de las fuertes oscilaciones en sus ventas, enfatizando el estudio de los “efectos contraintuitivos”.¹⁴ También Herbert Simon, Premio Nobel de Economía, estudió ampliamente el comportamiento administrativo y organizacional,¹⁵ avanzado posteriormente en su modelación matemática.¹⁶

En 1970, apareció “El modelo del mundo”, trabajo que sirvió de base al Primer Informe al Club de Roma. Por su parte, Ilya Prigogine, Premio Nobel de Química, centró su trabajo en el estudio de las estructuras disipativas (sistemas abiertos) en procesos que se encuentran lejos del equilibrio.

Todos los estudios mencionados contribuyeron a popularizar la Dinámica de Sistemas a nivel mundial y a promover la emergencia de la ciencia de los sistemas complejos como un paradigma alternativo al tradicional, que se ha ido construyendo a partir de la crítica al determinismo lineal, reduccionista y estrechamente unidisciplinario, y se define, por oposición, como no lineal, interdisciplinaria, integradora, cualitativa y dialéctica.¹⁹

DESARROLLO DE LA RELACIÓN ENTRE LAS CIENCIAS SOCIALES Y EL ENFOQUE MATEMÁTICO

Las ciencias sociales nacieron en el siglo XIX, cuando las físicas y naturales tenían ya un avance importante, basado en buena parte en la objetividad y reproductibilidad de sus observaciones, la cuantificación de sus fenómenos y el empleo del razonamiento matemático, que les permitió establecer leyes precisas y predicciones sólidas, despreciando todo lo que no fuera mensurable. Esto llevó a muchos autores a considerar que las ciencias

¹⁴ Jay Forrester, *Policy analysis using the systems dynamics national model*, System Dynamics Group, Alfred Sloan School of Management, Cambridge, Massachusetts, 1978; y *Dinámica industrial*, El Ateneo, Buenos Aires, 1981.

¹⁵ Herbert Simon, *Models of man, social and rational*, Wiley, Nueva York, 1957.

¹⁶ Herbert Simon, *Las ciencias de lo artificial*, UAM-Cuajimalpa, México, 2006.

¹⁷ Donella Meadows et al., *Los límites del crecimiento*, Primer Informe al Club de Roma, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1972.

¹⁸ Ilya Prigogine, “Order through fluctuations: self-organization and social system”, en Erich Jantsch y Conrad Hal Waddington (eds.), *Evolution and consciousness: human systems in transition*, Addison-Wesley, Londres, 1976; y *El fin de las certidumbres*, Andrés Bello, Santiago de Chile, 1997.

¹⁹ José Luis Gutiérrez Sánchez, “Sociedad, política, cultura y sistemas complejos”, *Revista Ciencias*, núm. 59, UNAM, México, 2000.

sociales presentaban un atraso relativo y que su rigurosidad y prestigio se ganarían por el mismo camino, enfatizando la experimentación y el control. En particular, lo creyeron los autores de la escuela neoclásica de la economía.²⁰

Las demás ciencias sociales, y otros enfoques de la economía misma, se han mantenido relativamente alejados del instrumental matemático clásico, si bien encontramos en su formación profesional cursos de álgebra básica, álgebra lineal, cálculo integral y diferencial, programación lineal, estadística, entre otras. Las razones de esta distancia van desde el rechazo de los métodos cuantitativos por muchos especialistas y estudiantes de ciencias sociales, hasta motivos más fuertes, vinculados a las diferencias epistemológicas y metodológicas entre dichas disciplinas.

Desde la antigüedad griega, la matemática pura establece un conjunto de axiomas²¹ y, a partir de éste, demuestra sus proposiciones mediante el método deductivo, logrando un conjunto sólido y riguroso de conocimientos en un contexto determinístico. En cambio, las ciencias sociales han construido su conocimiento en forma inductiva, por la vía de la observación y el análisis de casos, cuya generalización permite identificar algunas regularidades probables (aunque sin la pretensión de las leyes físico-naturales), conocimiento siempre provisorio en el sentido planteado por Popper.

Esta profunda diferencia en la forma de acceder y desarrollar su conocimiento hace prácticamente incompatibles sus métodos, razón por la que en ciencias sociales ha sido más común el empleo de métodos estadísticos para describir datos y realizar inferencias a partir de un conjunto incompleto de ellos (muestra), por lo tanto, no determinístico, sino basado en la teoría de las probabilidades y el riesgo. Sin embargo, la estadística sólo ofrece resultados en términos de asociación entre variables; no demuestra relaciones causa-efecto.²²

Además de las matemáticas puras y la estadística, las ciencias sociales cuentan con las matemáticas aplicadas. Éstas constituyen un conjunto de herramientas muy utilizadas en

²⁰ Dicha escuela estableció un conjunto de supuestos sobre el cual elaboró su teoría hipotética deductiva con base en la lógica formal clásica, pagando un alto precio por su amplio alejamiento del funcionamiento real de la economía, ya que las expectativas humanas, el orden de sus preferencias, el cálculo de sus ganancias, las decisiones de sus agentes, no se definen en forma deductiva, mediante un ideal normativo y controlador al que la realidad debe adecuarse.

²¹ Por ejemplo, el desarrollo de geometrías no euclidianas a partir de eliminar el supuesto de que las rectas paralelas nunca se cortan. Actualmente, un ejemplo de este tipo de estudios lo constituyen los trabajos en espacios n -dimensionales donde n es mayor a 3 o bien es fraccionario (caso de los fractales).

²² “Predecir no es explicar”, en palabras de Thom; o bien, “de la experiencia no se extrae sino experiencia”, expresión de Kant.

economía y administración (teoría de la decisión, teoría de juegos, programación lineal, etcétera), que intentan modelar el comportamiento de los fenómenos sociales. Tienen una gran utilidad en el sentido de que los estudiantes aprenden, prácticamente por vez primera, a plantear un problema con base en funciones y ecuaciones;²³ sin embargo, tienen una enorme limitación: la excesiva simplificación a que someten a la realidad, como por ejemplo, la linealidad de las relaciones de la programación, muy alejadas de la forma en que se comportan las funciones de costos y ganancias en la realidad.

En ese sentido, el propio Einstein afirmó que las matemáticas son verdaderas cuando no se aplican a la naturaleza y viceversa. Al respecto existe un extenso debate sobre las relaciones entre matemáticas y realidad, su independencia relativa del observador, su consideración como ciencia o como lenguaje, así como su criterio de demarcación de lo que se considera “verdad”.

Una posibilidad más realista y esperanzadora que las anteriores para tender el puente entre las ciencias sociales y las matemáticas, la constituyen las matemáticas propias de las ciencias de la complejidad, acunadas a partir del estudio de las topologías,²⁴ mismas que se describirán a continuación.

ACTUAL ENFOQUE MATEMÁTICO DE LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Este enfoque está constituido por nuevas alternativas, opuestas al análisis que separa arbitrariamente la realidad y la estudia en forma aislada por disciplinas especializadas, que acepta la lógica determinista y la proporcionalidad entre causas y efectos.

Se trata de matemáticas que estudian la variabilidad, la evolución de sistemas complejos alejados del equilibrio (al borde del caos), en lugar de buscar estructuras, leyes y relaciones estables. Se enfocan al estudio de las relaciones entre los componentes de sistemas abiertos, más que a éstos en sí mismos, y han sido posibles gracias a los grandes avances de las nuevas tecnologías y la computación. Estas matemáticas incluyen diversidad de desarrollos: leyes de potencias, estructuras disipativas, transiciones de fase, bifurcaciones, irreversibilidad, teoría del caos, atractores extraños, fractales, teoría de redes, mundo pequeño, protectorados, etcétera.

Los sistemas complejos se caracterizarían fundamentalmente por la aparición de fenómenos de emergencia que los hacen impredecibles, pero también, por su no-

²³ Hasta ese momento de su formación, se han dedicado casi exclusivamente a resolverlas.

²⁴ Matemáticas cualitativas, basadas en la idea de Russell de que su concepto central está constituido por el orden, no por el número.

linealidad, alta sensibilidad a las condiciones iniciales y autoorganización, lo que justifica el rechazo de todo reduccionismo y la necesidad del trabajo interdisciplinario en torno a problemas de frontera, altamente contraintuitivos. La emergencia se refiere a la aparición en un sistema de fenómenos o propiedades que no son producidos por agentes externos ni pueden explicarse como consecuencia de sus elementos aislados, sino sólo en función de las interrelaciones no lineales que se producen entre ellos. La aparición de nuevas estructuras o patrones de comportamiento en estas condiciones son fruto de procesos de autoorganización del sistema. Implican cambios que no se explican en términos de causalidad ni de gradualidad, que surgen en forma espontánea; en consecuencia, generan transiciones impredecibles entre el orden y el desorden.

Los problemas complejos no pueden ser estudiados con las matemáticas del siglo XIX, requieren de un tipo de matemáticas que analice su evolución en el tiempo, fundamentalmente las ecuaciones diferenciales y en diferencias o las llamadas matemáticas cualitativas. No permiten realizar predicciones detalladas, sino identificar tendencias, patrones y regularidades que ayudan a conjeturar cuál puede ser la dinámica de sus procesos y consecuencias, en un mundo de contingencias acotadas o de incertidumbre relativa.

Con dicha matemática se busca incrementar el valor descriptivo, explicativo y, hasta cierto punto, predictivo de los modelos diseñados para captar la complejidad antes mencionada, especialmente en los sistemas abiertos o estructuras disipativas, cuyos elementos sufren una tendencia a la entropía máxima, la cual trata de contrarrestarse mediante el intercambio (importación y exportación) de entropía negativa (materia, información, emociones, sentimientos, ideas) con su entorno inmediato.²⁵

Maldonado²⁶ identifica seis componentes de las ciencias de la complejidad, con sus diferentes explicaciones de porqué los fenómenos se vuelven complejos y cómo se producen las transiciones orden/desorden: 1) la termodinámica alejada del equilibrio desarrollada por Prigogine; 2) la teoría del caos debida a Lorenz; 3) la teoría de las catástrofes de Thom; 4) la geometría fractal iniciada por Mandelbrot; 5) las lógicas no clásicas; y 6) la ciencia de las redes. Se trata de sistemas sometidos a complejidad creciente, la que es directamente proporcional a sus grados de libertad.

Maldonado afirma también que

[...] la complejidad del mundo es el resultado de que vivimos justamente en un universo probabilístico, en el que, consiguientemente, de un lado, los temas de decisión, juegos

²⁵ José Luis Gutiérrez Sánchez, "Sociedad, política, cultura y sistemas complejos", *op. cit.*

²⁶ Carlos Maldonado, "La complejidad es un problema, no una cosmovisión", *UCM Revista de Investigación*, núm. 13, 2009a, pp. 42-54.

y tipos y modos de racionalidad son determinantes, y en el que, al mismo tiempo, de otra parte, la incertidumbre constituye un rasgo ontológico y no simplemente epistemológico, en el conocimiento, explicación y comprensión de los que es real y posible, en general.²⁷

Así, la historia de la ciencia muestra que las aplicaciones más desarrolladas de las ciencias de la complejidad corresponden al campo de las ciencias “duras”, más simples que los fenómenos sociales. Pero ¿cómo trabajar con problemas de difícil solución, como es el caso de la complejidad social? Un método que ha contribuido significativamente es la heurística, teoría iniciada en la Grecia clásica y redescubierta en la segunda mitad del siglo XX, que se utiliza en casos como los siguientes: no existe un método exacto de resolución, no se necesita una solución óptima, los datos son poco fiables, existen limitaciones de tiempo o espacio de almacenamiento de datos, o como paso intermedio a la aplicación de otro algoritmo.²⁸

APORTES DE LOS ESTUDIOS DE LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD A LA COMPRESIÓN Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS SOCIALES

Los sistemas sociales son abiertos debido a que intercambian materia, energía e información con su entorno y presentan una multitud de elementos individuales que influyen de manera no lineal en el estado general del sistema.²⁹ La aplicación de las matemáticas a su estudio permite plantear conjeturas y verificarlas mediante un método de investigación riguroso.

El objetivo fundamental de la investigación en ciencias sociales no es encontrar leyes y predecir eventos, como en la física de Galileo, Newton o Laplace, sino que el fin último es la comprensión de los fenómenos y la solución de los problemas sociales, es decir, la transformación de la realidad mediante la acción comprometida de los seres humanos para mejorar sus niveles de bienestar actual, de las generaciones futuras, y de armonía con la naturaleza.

²⁷ Carlos Maldonado, “Complejidad y ciencias sociales, desde el aporte de las matemáticas cualitativas”, *Cinta de Moebio*, núm. 33, 2008, p. 162.

²⁸ Carlos Maldonado, “Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS”, en I. Hernández (comp.), *Estética, ciencia y tecnología. Creaciones electrónicas y numéricas*, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2005, pp. 98-127.

²⁹ José Luis Gutiérrez Sánchez, “Sociedad, política, cultura y sistemas complejos”, *op. cit.*

En los últimos 20 años, los centros de investigación dedicados al estudio de la complejidad en el mundo han crecido en forma importante, dedicándose tanto al estudio del funcionamiento de la bolsa de valores como a los fenómenos lingüísticos y antropológicos, pasando por el psicoanálisis y los trabajos de Piaget. Dentro de esta perspectiva, existen múltiples trabajos dirigidos a mejorar la comprensión de los fenómenos sociales; citaremos algunos relevantes:

Peter Allen, destacado alumno de la Escuela de Bruselas, desarrolló una serie de modelos coevolutivos para el desarrollo económico regional, que mediante un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales refleja la red de interdependencias existente entre los factores ecológicos, económicos, sociales y culturales de una economía real, lo que permite, por ejemplo, sugerir estrategias dinámicas de control del crecimiento urbano o de aprovechamiento de recursos.³⁰

Otra serie de estudios se ha centrado en los problemas relativos a la tolerancia/intolerancia social (por ejemplo, no convivencia entre judíos y árabes, diferente grado de tolerancia entre negros y blancos en Londres y EUA), los fenómenos de sincronización (como el nacimiento espontáneo de la “ola mexicana” durante el mundial del fútbol México 86), de imitación (en caso de incendio, por ejemplo, todos tienden a correr en el mismo sentido), el desarrollo computacional de “modelos de agentes o basados en individuos” (conjunto de agentes que tienen reglas de conducta y que pueden interactuar entre sí en un cierto espacio para modificarlas), desarrollo de fenómenos de marginación/exclusión, fenómenos de “mundo pequeño”, entre otros.³¹

Por su parte, las redes sociales son casos típicos de estructuras no totalmente regulares u ordenadas, pero tampoco totalmente desordenadas con conexiones al azar (redes de internet, cadenas tróficas, redes neuronales del cerebro, redes de conexiones sociales dentro de una organización, etcétera). La burocracia de nuestros países es un contraejemplo por su ineficiencia y distribución centralizada y jerárquica de las conexiones sociales.

En materia antropológica, incluso la cultura ha sido estudiada con este enfoque a partir del reconocimiento de que:

- 1) los actores sociales están inmersos en una extensa red de interconexiones; 2) el cambio en el estado de uno de sus elementos implica cambios en toda la red; y 3) la dinámica produce el surgimiento de propiedades nuevas que modifican aspectos esenciales del sistema

³⁰ *Idem.*

³¹ Pedro Miramontes, en Enrique Ruelas y Ricardo Mansilla, *Las ciencias de la complejidad y la innovación médica*, UNAM/CEIICH/SSA/Plaza y Valdés, México, 2005.

[...] Por ejemplo, Tom Abel, antropólogo de la Universidad de Florida, ha estudiado la interacción de las comunidades y los recursos energéticos disponibles en el hábitat y ha simulado computacionalmente la evolución cultural de los grupos humanos desde la organización en clanes del paleolítico hasta la aldea global de nuestros días.³²

Otro tanto ha sucedido con la crítica a las relaciones de poder entre dominantes y dominados, basadas en la aspiración al equilibrio producido mediante mecanismos de planeación y control, propio de las tendencias conservadoras que fundamentan una organización política elitista, destinada a preservar la estabilidad y reprimir las fuerzas sociales internas que impulsan el cambio.³³

Actualmente, Maldonado³⁴ plantea que los sistemas sociales evolucionan hacia niveles de complejidad crecientes y presentan tres dimensiones en fuerte interacción: los sistemas sociales naturales (ecología), los sistemas sociales humanos (definición decimonónica) y los sistemas sociales artificiales (redes complejas, robótica, ciencias de la información). También considera que recientemente se ha empezado a reconocer la importancia de la acción y la racionalidad colectivas a partir del modelo de los sistemas sociales biológicos, que estudia el problema de la relación entre individuo y sociedad. Pero las ciencias sociales trabajan a nivel macroscópico o a lo sumo mesoscópico, no incorporan la escala microscópica, en que emerge realmente la vida, y los seres humanos toman decisiones en función de la información que disponen y su nivel de racionalidad, tema que se ampliará en el siguiente apartado.

En México, tanto la Escuela Nacional de Antropología e Historia como el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) en su Unidad Iztapalapa, han realizado estudios desde el enfoque de la complejidad.

Por otro lado, Germinal Cocho, del Instituto de Física de la UNAM, promueve su desarrollo desde 1973. En 1977 dio inicio el programa “Dinámica de sistemas complejos”, que en 1989 se transformó en el Departamento de Sistemas Complejos, dedicado especialmente al estudio de fenómenos físicos y biológicos. También dentro de la UNAM, en la Facultad de Ciencias, funcionó el programa “Ciencia y Sociedad” que puso en práctica el posgrado de sistemas complejos abiertos, físicos, biológicos y sociales. A partir de 1995, Pablo González Casanova impulsó los estudios de la complejidad y

³² José Luis Gutiérrez Sánchez, “Sociedad, política, cultura y sistemas complejos”, *op. cit.*

³³ *Idem.*

³⁴ Carlos Maldonado, “Complejidad de los sistemas sociales: un reto para las ciencias sociales”, *Cinta de Moebio*, núm. 36, 2009b, pp. 146-157.

el diálogo entre las disciplinas en el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH).

Recientemente fue creado el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), en la Facultad de Física de la UNAM, que en octubre de 2010 realizó el Primer Congreso Mexicano de Ciencias de la Complejidad. En el mismo se realizaron 159 presentaciones, de las cuales sólo cinco versaron en campos de las ciencias sociales (psicología social, teoría de la información, y ciencias políticas): comportamiento de multitudes en que las actuaciones individuales se sincronizan (Pisarchik y otros), redes sociales de información (Carreón), posible cambio económico, político y social en las elecciones presidenciales del 2012 (Díaz Mata), modelación multiagentes de procesos electorales (Mansilla y Urbina), importancia de los intercambios de opiniones y el papel de los medios de comunicación en los procesos electorales (Neme y otros).³⁵

Todos los trabajos mencionados, como se señaló al inicio del apartado, contribuyen a comprender mejor el funcionamiento de lo social complejo, e incluso a hacer algunas previsiones acotadas como en el caso de las elecciones del 2012, lo que sin duda es muy útil; sin embargo, en materia de solución de problemas públicos complejos no se conocen contribuciones importantes de este enfoque. En teoría habría que aprovechar los estados críticos de los sistemas complejos, sus bifurcaciones, atractores extraños, para intervenir en el momento oportuno de manera de facilitar la emergencia de eventos o procesos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la sociedad. Se ha tenido conocimiento de proyectos de investigación vinculados a grandes problemas sociales de la Ciudad de México, con fuerte componente técnico, como los relacionados con transporte, vialidades, o servicios de agua potable, pero no de resultados que coadyuven a su solución. Tampoco parece haberlos en temas más importantes, vinculados con la pobreza, la educación, la alimentación, la vivienda o la salud.

Por último, en relación con la intervención para cambiar comportamientos sociales aparece un proyecto interesante, dirigido a conformar “comunidades de prácticas”,³⁶ con la intención de modificar las conductas de las personas que padecen diabetes, que se encuentra actualmente en proceso de modelación en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM).

No obstante, los estudios realizados sobre comportamientos masivos (imitaciones, sincronizaciones, influencia de otros en las opiniones propias y hasta eventos como los

³⁵ Véase resúmenes en [<http://c3.fisica.unam.mx>], fecha de consulta: 14 de diciembre de 2010.

³⁶ Germinal Cocho, “Sociedades complejas”, en Enrique Ruelas y Ricardo Mansilla, *Las ciencias de la complejidad y la innovación médica*, UNAM/CEIICH/SSA/Plaza y Valdés, México, 2005, pp. 111-132.

linchamientos) no identifican las características profundas del ser humano individual, en función de las cuales debieran definirse las formas de intervención. Por ejemplo, no es lo mismo pensar en políticas para modificar comportamientos en un ser humano asumido como sensible, altruista, comprometido con la sociedad, que hacerlo para uno egoísta, motivado sólo por sus intereses personales. Son evidentes las reacciones diferentes que ambos individuos tendrían ante un determinado incentivo social; sin embargo, los supuestos asumidos en cuanto a la naturaleza humana están ausentes de explicitación en las ciencias de la complejidad. Por ello, se considera necesario que, al interior de las mismas, se realice más investigación que recupere los aspectos psicológicos, individuales y sociales, que están en la base de las decisiones y acciones humanas, los que, en cambio, han sido estudiados desde otras perspectivas de la complejidad.

EMOCIÓN Y PROCESOS DECISORIOS

Mientras la racionalidad del ser humano ha sido un supuesto básico de la teoría neoclásica de la economía, la teoría de la elección pública, el modelo racional de toma de decisiones, la programación lineal y la teoría de juegos; el papel de las emociones ha sido largamente relegado del estudio de lo económico, lo social, lo político y lo cultural, incluso desde la perspectiva de las ciencias de la complejidad. En los últimos 20 años se reconoce una intensificación del número de estudios en el tema en contextos organizacionales. En trabajos de sociología relacional,³⁷ Laflamme caracteriza al ser humano como “emoracional”, reconociendo así su doble naturaleza, frente a la dicotomía del ser humano heredada de Aristóteles y Descartes.

En el contexto mexicano, llama la atención un estudio de Aguilera y Contreras, quienes intentan modelizar la toma de decisiones colectiva en un medio organizacional complejo, recuperando el papel de las emociones en el proceso. Para ello retoman autores como Simon, March, Ortony, Howard, O’Rorke, Fineman, Elster, Frijda y Goleman,³⁸ que han estudiado la influencia de las emociones tanto para reforzar como para inhibir el pensamiento, las decisiones y las acciones de los individuos, así como las nuevas reacciones emocionales provocadas por las dos últimas. Si bien los autores mencionados responden en su mayoría a la escuela cognitiva, es necesario reconocer que no existe un

³⁷ Simon Laflamme, *Communication et émotion. Essai de microsociologie relationnelle*, L’Harmattan, París, 1995; y *Suites sociologiques*, Prise de Parole, Sudbury, 2006.

³⁸ Citados en Antonio Aguilera y Julio Contreras, *La influencia de las emociones en la toma de decisiones conjuntas: una aproximación modelica*, El Colegio de San Luis, México, 2008.

único concepto de emoción ni una única teoría que la explique, por lo que recuperar otros enfoques para estudiar su complejidad (psicoanálisis, por ejemplo) sería de gran utilidad, aunque de muy difícil modelación.³⁹

Dichas emociones se basan en el conocimiento de personas, hechos, objetos; pero también de sus creencias a propósito de las mismas,⁴⁰ lo que refuerza la idea de inexistencia de una única verdad objetiva en los campos en que las emociones están presentes. Un tema en que ellas desempeñan un papel fundamental es el de la motivación de los individuos para participar en las organizaciones o modificar sus comportamientos.

Si en el campo de lo social, lo político o lo cultural se enfrentan dificultades para efectuar mediciones o establecer relaciones entre variables que permitan avanzar en su modelación matemática, tratándose de emociones el problema es aún más difícil ya que ni siquiera podemos observarlas directamente y a menudo no vemos de ellas más que sus manifestaciones corporales; además, no siempre son manifiestas, sino que pueden ser controladas y hasta ocultas por las personas. Por otra parte, la naturaleza agradable o desagradable de un evento depende de las características individuales que varían en función de las historias personales (vivencias previas, patrones de interacción aprendidos, etcétera).

Además de la expresión y regulación de las emociones y el tema de la motivación, las emociones se relacionan con otros temas organizacionales como satisfacción y estrés laboral, decisión, control, coordinación, procesos de conflicto y negociación, liderazgo, aprendizaje, entre otros. En el caso de los procesos decisorios afectan la estimación de probabilidades y la valoración de resultados posibles, así como el orden de preferencias del decisor (si es que tiene uno claro), por lo que la decisión puede cambiar.

Howard describe la manipulación que de estos procesos puede hacerse en las organizaciones para modificar comportamientos de la siguiente manera: se trata de la “construcción de argumentos racionales de interés común (siempre y cuando sean conducidos) con amenazas y promesas apropiadas, acompañadas de emociones

³⁹ Otro trabajo a revisar en torno a la preocupación por generar inteligencia artificial, que también considera diversas variables psicológicas (incluido el dolor) desde la psicología cognitiva es Marvin Minsky, *The Emotion Machine*, Pantheon, Nueva York, 2006.

⁴⁰ Graham Allison, al aplicar sus tres modelos para comprender las decisiones tomadas se refiere a un cuarto, que no desarrolla, que recuperaría la diversidad de elementos “no racionales” en el proceso, donde tienen especial cabida las emociones. “Conceptual models and the Cuban Missile crisis”, *The American Political Science Review*, LXIII, núm. 3, 1969. John Steinbruner también desarrolla al respecto uno de sus modelos específicos. *The Cybernetic Theory of Decision: New Dimensions of Political Analysis*, Princeton University Press, Nueva Jersey, 1973.

apropiadas”.⁴¹ De esta manera, las emociones no sólo pueden ser controladas por el individuo, sino también por las reglas del juego y las estructuras del sistema, presentes o pasadas.

Recuperando las aportaciones de Ortony y de O’Rorke,⁴² Aguilera y Contreras se refieren a siete tipos de emociones que, en este trabajo, interesa reorganizar en tres:

1. Las provocadas por situaciones que nos afectan a nivel individual:

- las emociones más simples referidas a nuestro bienestar: alegría y angustia,
- las que surgen como consecuencia de la confirmación o no de un evento: satisfacción, miedo, alivio o decepción,
- las que se generan ciertos objetos: gusto o aversión, y
- las que se basan en la prospección de una situación: esperanza o temor.

2. Las relacionadas con otros individuos:

- generadas por sus posesiones (bienes, poder, afectos, etcétera): alegría, envidia, celos, resentimiento, y
- provocadas por sus situaciones o actos: orgullo, admiración, vergüenza, reprobación.

3. Las emociones compuestas: gratitud, ira, amor, odio, remordimiento, entre otras.

Con base en estas categorías, los autores mencionados proponen realizar un modelo de agentes que, si bien es un excelente esfuerzo por modelar las emociones humanas, en el trabajo publicado sólo se muestra el camino a seguir y un ejemplo muy simplificado (dos agentes, en relación de amistad y un recurso que ambos necesitan para llevar a cabo una tarea). La posibilidad de pasar a modelar situaciones más complejas en que se considere una amplia gama de emociones está aún por mostrar su factibilidad y, más aún, su utilidad para resolver problemas sociales y mejorar la eficacia organizacional.

⁴¹ Citado en Antonio Aguilera y Julio Contreras, *La influencia de las emociones en la toma de decisiones...*, *op. cit.*, p. 32.

⁴² Ortony y otros, *The cognitive structure of emotions*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988. O’Rorke y Ortony, “Explaining emotions”, *Cognitive Science*, núm. 18, 1994, pp. 283-323.

ENSEÑANZA NO DISCIPLINARIA DE LA COMPLEJIDAD

Una característica fundamental de la enseñanza de la complejidad es que requiere de la superación de los límites disciplinarios, lo que también puede implicar diferentes alcances y posturas: multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad. Mientras la primera implica el tratamiento aislado de un mismo problema desde diferentes disciplinas, que conservan sus métodos propios, yuxtapuestas en forma meramente aditiva; la interdisciplinariedad alude a la previa integración de diferentes enfoques disciplinarios que comparten sus métodos. García aclara que mientras los equipos de investigación son multidisciplinarios, la metodología de estudio de sistemas complejos es interdisciplinaria, implica la existencia de un marco conceptual común entre los investigadores.⁴³ En cuanto a la transdisciplinariedad, término introducido por Piaget en 1970, implica aquello que está al mismo tiempo entre las disciplinas, a través de las diferentes disciplinas, y más allá de cada disciplina individual. Refiere a un principio de unidad del conocimiento más allá de las disciplinas, culturas y religiones.⁴⁴

Si bien en campos como la educación o la antropología existen escritores que cuestionan la inter y transdisciplinariedad,⁴⁵ tanto autores del pensamiento complejo⁴⁶ como de las ciencias de la complejidad⁴⁷ se manifiestan, por lo menos, a favor de la primera (si bien algunos pueden tener divergencias en relación con la opción transdisciplinaria); sin embargo, sus grados de flexibilidad para acercarse a otras disciplinas se muestran variables en la práctica, existiendo algunas resistencias por conservar el papel hegemónico de las disciplinas de su primera formación. Dicha interdisciplina constituye una “verdadera revolución cultural” en cuanto a las relaciones entre la ciencia y la sociedad.⁴⁸ Plantea

⁴³ Rolando García, *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Gedisa, Barcelona, 2006.

⁴⁴ Véase Basarab Nicolescu, *Manifiesto of Transdisciplinarity*, State University of New York Press, Estados Unidos, 2002.

⁴⁵ Roberto Follari, “La interdisciplina revisitada”, en *Filosofía política de la enseñanza*, 2005, pp. 65-73.

⁴⁶ Nos referimos a Edgar Morin, Jean-Louis Le Moigne, Robert Delorme, Gérard Mégie, etcétera.

⁴⁷ En el contexto mexicano se incluye a Germinal Cocho, Pedro Miramontes, José Luis Gutiérrez, Gustavo Martínez Mekler, Ricardo Mansilla, entre otros.

⁴⁸ Programme Européen Modélisation de la Complexité y Association pour la Pensée Complexe, *La lettre chemin faisant*, núm. 39, (noviembre, 2001): “L’interdisciplinarité, est d’abord affaire de culture épistémologique et d’obstination rigueur, et donc de civisme” [www.mcxapc.org], fecha de consulta: 23 de marzo de 2008.

“un problema epistemológico clave para el conocimiento y la acción, requiere de una reforma del pensamiento”.⁴⁹

Proyectos como el sistema modular de la UAM, en su Unidad Xochimilco, se han esforzado por superar la separación de las disciplinas; objetivo que, en la práctica, ha enfrentado muchas dificultades. En particular, se pretende establecer puentes entre las disciplinas sociales y las matemáticas en búsqueda de soluciones más fructíferas para los problemas que se desarrollan en sistemas abiertos y complejos. Se trata incluso de superar la multidisciplinaria para impulsar la interdisciplina y la transdisciplina, que traspase sinérgicamente las fronteras disciplinarias, mediante la disposición de los investigadores a estudiar lo necesario de otras disciplinas diferentes a su especialidad, para avanzar hacia la comprensión mutua⁵⁰ y el estudio integral de los fenómenos sociales.

Como ya mencionamos, los conocimientos cuantitativos que los estudiantes de la UAM-Xochimilco reciben durante su formación en licenciaturas como economía, administración, sociología o política y gestión social se refieren a una estadística que no permite ir más allá de la asociación entre variables y a unas matemáticas aplicadas en las que no ven posibilidades de resolver los problemas reales por su excesiva simplificación. Es necesario preguntarse seriamente si no estamos enseñando unas matemáticas equivocadas, si es posible enseñar otra alternativa que estudie la complejidad sin reducirla exageradamente. Esto implica ¿avanzar más por el camino actual para poder modelar con ecuaciones diferenciales y en diferencias? De ser así, parece un objetivo muy difícil de alcanzar, dadas las dificultades de los estudiantes para adquirir mayores conocimientos matemáticos. Sin embargo, un camino alternativo podría ser enseñar una matemática de ideas y conceptos (como señalaba Hilbert en 1900), propia de los estudios de complejidad con acercamiento cualitativo.⁵¹

Si la interdisciplinariedad es un cambio de paradigma que requiere la voluntad de los profesores para trabajar problemas en equipo; la complejidad también lo implica y demanda la realización de experiencias piloto como la recién mencionada.

⁴⁹ Programme Européen Modélisation de la Complexité y Association pour la Pensée Complexe, *La lettre chemin faisant*, núm. 36 (marzo, 2000): “Relier les connaissances pour comprendre la complexité” [www.mcxapc.org], fecha de consulta: 23 de marzo de 2008.

⁵⁰ Elke Kopen, Ricardo Mansilla y Pedro Miramontes, “La interdisciplina desde la teoría de los sistemas complejos”, *Revista Ciencias*, núm. 79, UNAM, México, 2005.

⁵¹ Una experiencia de este tipo se encuentra en proceso de desarrollo desde hace algunos años en la licenciatura en biología de la UNAM.

CONCLUSIONES

Las sociedades actuales pueden ser caracterizadas por su alta complejidad y estudiadas desde diferentes perspectivas, en particular, la proveniente de la investigación matemática *ad hoc*, aunque tomando en cuenta sus particularidades.

Todas las ciencias tienen como primer objetivo el de “comprender”, pero difieren sustantivamente en los siguientes: las ciencias “duras”, muy especialmente la física y la astronomía, se desarrollaron con la intención de descubrir regularidades que permitieran “predecir” en un mundo natural en que el ser humano no ha tenido posibilidades ni motivos para transformarlo; en cambio, las ciencias sociales estudian un mundo creado y recreado mediante la agregación e interrelación de las acciones de los seres humanos, con distintos grados de poder y capacidad de influencia. Pocas son las regularidades que pueden surgir de tantos comportamientos “emocionales”; en todo caso, anticipar posibles eventos puede ser de sumo interés (ej. resultados de futuros procesos electorales, riesgos de una tercera guerra mundial, etcétera), pero el objetivo final es “transformar” esa realidad mediante intervenciones que mejoren la calidad de vida en el planeta. A diferencia de las ciencias duras, en ciencias sociales hay pocas regularidades por descubrir, muy limitadas posibilidades de predecir y muchos motivos para querer transformar.

Una situación intermedia la ocupan las ciencias de la vida, en que si bien existen regularidades importantes en el funcionamiento de los seres vivos, cuyo estado interesa estudiar y predecir, también existe motivación humana para querer intervenir en la búsqueda de mejores condiciones de salud, física y mental, que por otra parte, ha ido reconociendo su importante afectación por las condiciones económicas y sociales en que se desarrolla, así como los hábitos y costumbres culturales, familiares e individuales. En fin, en ciencias de la vida, hay una parte que escapa a nuestra voluntad y otra que podemos controlar, por lo que predecir y transformar están entre sus objetivos.

En consecuencia, en las ciencias “duras” y, en menor grado, en biología y medicina, existen importantes aplicaciones de las matemáticas de la complejidad; mientras que en el campo de las ciencias sociales, éstas se muestran mucho más prometedoras que las aproximaciones lineales y estáticas a que estamos habituados, ya que han contribuido a la mejor comprensión de los fenómenos, pero aún no han demostrado plenamente su utilidad en la solución de problemas y sus aportes para mejorar las condiciones de vida de la sociedad.

En síntesis, el principal aporte de los estudios de la complejidad, independientemente de la perspectiva adoptada, es la generación de una nueva forma de pensar en los más diversos campos y sus potenciales aplicaciones, incluido el social. Asumir esta aproximación en la investigación, la docencia y la intervención social, permite aumentar las expectativas de contribuir a la solución de nuestros graves problemas actuales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, Antonio y Julio Contreras, *La influencia de las emociones en la toma de decisiones conjuntas: una aproximación modelica*, El Colegio de San Luis, México, 2008.
- Allison, Graham, "Conceptual models and the Cuban Missile crisis", *The American Political Science Review*, LXIII, núm. 3, 1969.
- Cardozo, Myriam, "Gestión pública: complejidad y modelación", revista *Administración y Organizaciones*, núm. 25, UAM-Xochimilco, México.
- Cocho, Germinal, "Sociedades complejas", en Ruelas, Enrique y Ricardo Mansilla, *Las ciencias de la complejidad y la innovación médica*, UNAM/CEIICH/SSA/Plaza y Valdés, México, 2005.
- Easton, David, *Enfoque sobre teoría política*, Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1967.
- , *Esquema para el análisis político*, Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1969.
- Follari, Roberto, "La interdisciplina revisitada", en *Filosofía política de la enseñanza*, 2005.
- Forrester, Jay, *Policy analysis using the systems dynamics national model*, System Dynamics Group, Alfred Sloan School of Management, Cambridge, Massachusetts, 1978.
- , *Dinámica industrial*, El Ateneo, Buenos Aires, 1981.
- García, Rolando, *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*, Gedisa, Barcelona, 2000.
- , *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Gedisa, Barcelona, 2006.
- Gutiérrez Sánchez, José Luis, "Sociedad, política, cultura y sistemas complejos", *Revista Ciencias*, núm. 59, UNAM, México, 2000.
- Kopen, Elke, Ricardo Mansilla y Pedro Miramontes, "La interdisciplina desde la teoría de los sistemas complejos", *Revista Ciencias*, núm. 79, UNAM, México, 2005.
- Laflamme, Simon, *Communication et émotion. Essai de microsociologie relationnelle*, L'Harmattan, París, 1995.
- , *Suites sociologiques, Prise de Parole*, Sudbury, 2006.
- Lorenz, Edward, "Deterministic nonperiodic flow", *Journal of Atmospheric Sciences*, Col. 20, 1963.
- Luhmann, Niklas, *Teoría de los sistemas sociales*, Uia, México, 1998.
- Maldonado, Carlos, "Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS", en I. Hernández (comp.), *Estética, ciencia y tecnología. Creaciones electrónicas y numéricas*, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2005.
- , "Complejidad y ciencias sociales, desde el aporte de las matemáticas cualitativas", *Cinta de Moebio*, núm. 33, 2008.
- , "La complejidad es un problema, no una cosmovisión", *UCM Revista de Investigación*, núm. 13, 2009a.
- , "Complejidad de los sistemas sociales: un reto para las ciencias sociales", *Cinta de Moebio*, núm. 36, 2009b.
- Maturana, Humberto y F. Varela, *De máquinas y seres vivos, autopoiesis de la organización de lo vivo*, Editorial Universitaria, Chile, 1997.

- Meadows, Donella *et al.*, *Los límites del crecimiento*, Primer Informe al Club de Roma, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1972.
- Mier, Raymundo, “Notas sobre la complejidad en las ciencias sociales: de la formalización a las metáforas”, en López, Fernando y F. Brambilia (eds.), *Antropología fractal*, CIMAT-Sociedad Matemática Mexicana, México, 2007.
- Millán, René, “Sociedad compleja ¿cómo se integra?”, *Desacatos. Revista de Antropología Social*, núm. 28, CIESAS, México, 2008.
- Minsky, Marvin, *The Emotion Machine*, Pantheon, Nueva York, 2006.
- Miramontes, Pedro, en Ruelas, Enrique y Ricardo Mansilla, *Las ciencias de la complejidad y la innovación médica*, UNAM/CEIICH/SSA/Plaza y Valdés, México, 2005.
- Nicolescu, Basarab, *Manifesto of Transdisciplinarity*, State University of New York Press, 2002.
- Ortony *et al.*, *The cognitive structure of emotions*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
- O’Rorke y Ortony, “Explaining emotions”, *Cognitive Science*, núm. 18, 1994.
- Prigogine, Ilya, “Order through fluctuation: self-organization and social systems”, en Erich Jantsch y Conrad Hal Waddington (eds.), *Evolution and consciousness: human systems in transition*, Addison-Wesley, Londres, 1976.
- , *El fin de las certidumbres*, Andrés Bello, Santiago de Chile, 1997.
- Primer Congreso Mexicano de Ciencias de la Complejidad, Facultad de Física, UNAM [<http://c3.fisica.unam.mx>], fecha de consulta: 14 de diciembre de 2010.
- Programme Européen Modélisation de la Complexité y Association pour la Pensée Complexe, *La lettre chemin faisant*, núm. 36, marzo de 2000: “Relier les connaissances pour comprendre la complexité”, núm. 39, noviembre de 2001: “L’interdisciplinarité, est d’abord affaire de culture épistémologique et d’obstinée rigueur, et donc de civisme” [www.mcxapc.org], fecha de consulta: 23 marzo de 2008.
- Simon, Herbert, *Models of man, social and rational*, Wiley, Nueva York, 1957.
- , *Las ciencias de lo artificial*, UAM-Cuajimalpa, México, 2006.
- Steinbruner, John, *The Cybernetic Theory of Decision: New Dimensions of Political Analysis*, Princeton University Press, New Jersey, 1973.
- Von Bertalanffy, Ludwig, *Teoría general de los sistemas*, Trillas, México, 1990.