

Los MODELOS de simulación

Sus aportes a las ciencias sociales

Joel **Ruiz Sánchez**

Desde Wilfredo Pareto, las ciencias sociales han utilizado el concepto de sistema como un importante instrumento teórico para analizar un sinnúmero de fenómenos sociales. Sin embargo, con las aportaciones de Ludwig von Bertalanffy, así como las de Talcott Parsons, un número cada vez más elevado de científicos sociales han adoptado definitivamente el vocablo, siendo un factor decisivo para ello la enorme influencia que tuvieron éstos en el pensamiento social desarrollado en las décadas sucesivas. Sin embargo, fue con Niklas Luhmann que la Teoría General de Sistemas se erigió como una de las vertientes epistémicas más representativas de los últimos años.¹

En términos generales, la Teoría General de Sistemas se postuló como un instrumento de representación, aproximación y sistematización científica de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica para formas de trabajo transdisciplinarias. A su vez, como paradigma científico, se caracteriza por su perspectiva holista e integradora, en la cual lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. En tanto práctica, la teoría ofrece la posibilidad de la interrelación y comunicación entre especialistas y especialidades, así como el diseño de modelos de explicación a partir de la utilización de las nuevas técnicas computacionales.

Ahora bien, tomando como punto de partida lo anterior, en este escrito examinamos y sometemos a evaluación los aportes y pertinencia de los procesos de modelación sistémica dentro de la investigación social. Se abordan desde una posición analítica los alcances y límites de un modelo en particular, el *Sugarscape*. Por ser una vertiente metodológica emergente en el ámbito de las ciencias sociales, fue interesante examinar cuáles han sido sus contribuciones, así como las limitaciones inherentes a su aplicación.

I. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LOS MODELOS BASADOS EN AGENTES

Las primeras corrientes teóricas que abordaron los sistemas complejos surgieron en la década de los cuarenta del siglo pasado. Los marcos conceptuales surgidos de ellas se pueden ubicar en dos grandes segmentos: los paradigmas globales de la complejidad y, por otro lado, la serie de algoritmos que permiten modelizar procesos emergentes.² Ambos se manifestaron como principios reunidos alrededor del concepto de sistema, siendo precisamente uno de sus postulados básicos la idea de que la complejidad es una de sus características fundamentales. Actualmente, una vez que han sido analizadas y discutidas a profundidad estas propuestas, tenemos una percepción más clara de ellas, a partir de la cual se pueden sintetizar sus argumentos centrales:

1) La cibernética propuesta por Norbert Wiener en los años cuarenta se basa en los mecanismos de retroalimentación y control.³

2) La Teoría General de los Sistemas, propuesta por Ludwig von Bertalanffy en la década de los cincuenta, pone el acento en la organización de la estructura y la dinámica de los sistemas como un conjunto de componentes y relaciones con propiedades distintas a las de sus componentes aislados.⁴

3) Las teorías de las estructuras disipativas formuladas por Prigogine en el decenio de los sesenta, privilegian el estudio del desequilibrio, así como la participación del individuo en este proceso.⁵

4) Y por último, la Teoría de Catástrofes, que deriva de las matemáticas, pone especial atención en los

procesos de ruptura y crisis. Estas ideas fueron desarrolladas por René Thom a mediados de la década de los sesenta.⁶

En términos generales, todas las vertientes de pensamiento enumeradas conciben la complejidad⁷ como la aparición de propiedades emergentes provenientes de la interacción local de un número de componentes determinado. El comportamiento complejo representa así una situación intermedia entre un estado ordenado y otro totalmente desordenado. El crecimiento de una ciudad, por ejemplo, obedece a causas transicionales entre una distribución completamente aleatoria y otra caracterizada por una estaticidad absoluta. Una gran cantidad de fenómenos sociales parecería regirse por este frágil equilibrio entre el orden y el desorden.

No obstante, es necesario aclarar que la complejidad es un efecto del abordaje aplicado a los objetos de estudio concebidos a partir de un modelo, no una propiedad ontológica intrínseca de aquello que se analiza. Así pues, la complejidad es un constructo teórico y el efecto circunscrito de una aplicación modélica, pero también un dispositivo analítico de extraordinaria ubicuidad epistemológica, ya que pretende dar cuenta de procesos y fenómenos totalmente disímiles entre sí.⁸ De esta forma, la utilización del concepto desde el punto de vista heurístico no implica que mediante sus reglas todo tipo de conclusión sea válida, por el contrario, al aplicarlo, se puede incurrir en muchos equívocos, pues se trata de una mera aproximación a ciertos elementos de la realidad.

Ello nos indica, por otro lado, que los fenómenos que se analizan utilizando esta herramienta conceptual deben examinarse con cuidado, considerando a su vez lo que se pierde y lo que se obtiene en dicho proceso.

Lo anterior incita a revisar cuáles son los significados epistemológicos de los modelos basados en agentes, pues constituyen un nuevo tipo de pensamiento que está cuestionando los cimientos del método científico tradicional. Esta polémica está afectando a las ciencias sociales, las cuales se han enfrentado desde hace mucho tiempo a dos formas de hacer ciencia, por cierto disímiles y antagónicas entre sí. Por un lado están los que consideran que el método hipotético deductivo es la mejor vía para acceder al conocimiento y, por otro, aquellos que piensan que el método inductivo es el camino correcto para establecer generalizaciones de

carácter empírico a partir de las cuales conocemos nuestro objeto de estudio.

De manera particular, el método deductivo es el que más se ha utilizado para producir explicaciones y consideraciones causales de los fenómenos de estudio, sin embargo, se necesita a su vez un conocimiento detallado de la empírica de los objetos analizados, de tal forma que se puedan establecer las consecuencias deducibles de los mismos. De este modo, si las hipótesis son deductivas, la contrastación debe ser deductiva, y si son inductivas, ésta debe ser del mismo tipo, o en otras palabras, la contrastación debe ser estadística.

En este tenor, para los especialistas en simulación, el diseño de modelos basados en agentes representa una tercera vía de hacer ciencia, pues se ha tomado a partir de ellos una posición intermedia entre los dos procedimientos ya explicados. En general, son construcciones que el propio investigador realiza estableciendo de antemano las reglas de conducta a investigar, acercándolas al método deductivo, pero como modelo, no significa que tengan valor de verdad absoluta, sino que son una evidencia más acerca de la validez de las reglas establecidas por el investigador. Los modelos ofrecen una descripción simplificada de la realidad; se utilizan para propósitos de predicción y control, permitiendo mejorar la comprensión del comportamiento de la realidad estudiada de una forma más efectiva que si se la observara directamente.

2. EL SUGARSCAPE: UNA NUEVA PERSPECTIVA DE ANÁLISIS SOCIAL.

El modelo de la complejidad que se toma como ejemplo es un diseño de simulación con soporte computacional que intenta representar sistemas basados en agentes, emulando procesos que se manifiestan en la realidad. Lo anterior no quiere decir que se intente igualarlos o explicarlos a detalle, sino más bien arrojar luz sobre el posible comportamiento de fenómenos que a juicio del investigador puedan ser abordados desde una perspectiva compleja. Se trata de una herramienta más que, con el conocimiento técnico suficiente y la exploración adecuada, se puede erigir en un instrumento de valioso provecho para las ciencias sociales en general, y de manera particular para la sociología.



© Enrique Soto. Delaserie Máquinas, 2008.

Los elementos que conforman un modelo basado en agentes son los siguientes: los agentes en sí mismos, quienes poseen estados internos y reglas de conducta; estos estados internos pueden ser fijos o cambiantes. Las reglas de conducta pueden referirse a la interacción entre los agentes o entre los agentes y el entorno, pues toda sociedad artificial posee alguna clase de contexto que funciona como el medio en el que los agentes operan y con el que interactúan. Y por último, las reglas, que se aplican a los agentes entre sí, a la interacción de los agentes con el medio ambiente, y al propio entorno.⁹

Lo que acabamos de describir permite representar una gran variedad de fenómenos sociales, limitados únicamente por la imaginación, con el necesario rigor con el que debe contar un trabajo de esta naturaleza. Para la elaboración de este tipo de modelos, las fuentes de datos empíricas no se hallan limitadas a las de un solo tipo. De acuerdo con las necesidades del investigador, los datos pueden ser cualitativos, cuantitativos o combinados, recolectados de primera mano o de fuentes secundarias. Desde el punto de vista epistemológico, la adecuación de la información empírica a la forma teórica que subyace en la construcción del modelo, puede ser utilizada dinámicamente en la implementación computacional de la sociedad artificial.



© Enrique Soto. De la serie *Máquinas*, 2008.

Nuestro propósito principal es tratar de destacar las posibilidades de las aplicaciones de modelos basados en sociedades artificiales¹⁰ para el estudio de sociedades humanas reales. Para ofrecer una idea clara acerca de estos modelos examinamos uno en particular, el modelo *Sugarscape*. Éste consiste en una implementación computacional de un modelo basado en agentes, orientado hacia las sociedades artificiales. El propósito fundamental del sistema es poner a prueba distintos escenarios, vinculados con procesos que tienen que ver con la ecología, la economía, la cultura, entre otros temas de carácter social. La idea que sustenta al *Sugarscape* es que el comportamiento de los individuos sigue reglas específicas, por lo que la sociedad concebida macroestructuralmente debe mostrar ciertas propiedades particulares.¹¹

La pregunta fundamental que se plantea dicho modelo tiene que ver con la diversidad de los comportamientos individuales, es decir, cómo es que se generan

regularidades macroestructurales de la sociedad sustentadas en realidades heterogéneas.¹² De esta forma, el *Sugarscape* pretende modelizar las características de los fenómenos sociales para posibilitar con ello un cierto entendimiento de los resultados a que dan lugar. Para ello se requiere del uso de técnicas computacionales avanzadas que permitan la manipulación de las distintas variables a trabajar, obteniendo así un escenario aproximado al sector de la realidad que se está analizando.

En el *Sugarscape*, la visión, el sexo y el metabolismo son genéticos. Los agentes contienen atributos culturales más flexibles que son transmitidos “verticalmente” de padres a hijos, pero luego cambian “horizontalmente” mediante el contacto con otros agentes. Asimismo, las preferencias económicas individuales están determinadas culturalmente y pueden cambiar al mismo tiempo que los agentes se mueven y tropiezan con otros que poseen otros gustos.¹³ Los agentes se rigen, además, por reglas de comportamiento definidas. Por ejemplo: el movimiento se rige por lo que los agentes observan a su alrededor; esto les permite encontrar

el sitio más rico en azúcar, dirigirse hasta él y comer lo más que puedan. Lo anterior pone en contacto a todos los agentes del sistema, desarrollándose la interacción.

Además, existen normas que regulan el sexo, el combate, el comercio, la transmisión de enfermedades, el intercambio cultural y la herencia. En cualquier momento, los agentes, al interactuar, difieren sustancialmente entre sí, debido en lo fundamental a la edad, la cultura, la riqueza, la visión, los gustos económicos, la inmunocompetencia, entre otros factores. La vida social se desenvuelve dentro de un ambiente que se erige en un recurso renovable, el azúcar, que les gusta comer a los agentes y que metabolizan, pues la necesitan para vivir. El ambiente puede tener contaminación, elemento que los agentes producen como resultado directo de sus actividades de consumo. Cada lugar del ambiente tiene reglas que gobiernan el crecimiento del recurso y el transporte de la contaminación.

En un experimento típico de sociedad artificial, una población inicial de agentes son colocados en un ambiente simulado: uno puede observar su comportamiento, en una búsqueda por descubrir cómo los agentes van de una autoorganización hacia patrones sociales reconocibles, como por ejemplo, la formación de grupos culturales distintos, la emergencia de distribuciones de la riqueza teriversadas, o la aparición de centros de población. De este modo, el carácter definitorio del modelo de una sociedad artificial es precisamente que las estructuras sociales fundamentales y los comportamientos de grupos emergen de la interacción de los agentes individuales operando en un terreno artificial bajo normas internas.

Así pues, los elementos indispensables y básicos del *Sugarscape* son los siguientes:

- Reglas. Son normas de comportamiento para los agentes y para los sitios del entorno.
- Entorno. Medio en el cual el agente opera e interactúa
- Agentes. Son entendidos como la población de la sociedad artificial. Su representación gráfica son puntos que se desplazan por el territorio del *Sugarscape*. Tiene estados internos y reglas de comportamiento.

Muchos de estos estados internos pueden experimentar cambios en el proceso de interacción con otros agentes, lo que incidirá en el comportamiento general del sistema y los posibles resultados a que dé lugar

la combinación de las variables interactuantes.¹⁴ Por el contrario, otros estados internos se mantienen en el agente sin sufrir modificaciones sustanciales, a pesar de los procesos de interacción a los que se ven sometidos. Sin embargo, el hecho de que no haya cambios en esos estados no significa que los atributos no puedan modificar su distribución en la estructura resultante. Es en este cambio de posición donde podemos predecir medianamente cierto aspecto del comportamiento del sistema analizado.

Así pues, cuando las técnicas y herramientas de los modelos basados en agentes se aplican al análisis de procesos sociales es cuando nacen las sociedades artificiales. Esta nueva perspectiva, inédita en las ciencias sociales, permite observar de cierta forma la emergencia de fenómenos que a simple vista resultan por demás difíciles de captar. Los comportamientos grupales, así como las estructuras de carácter social representan parte de esa complejidad que estudian los modelos en cuestión.

3. SU IMPACTO Y RELEVANCIA EN LAS CIENCIAS SOCIALES

Los modelos basados en sociedades artificiales pueden ser aplicados en una gran cantidad de situaciones de carácter social desde diversos enfoques. Una cuestión por demás interesante es que lo primordial en el caso del *Sugarscape* es definir y examinar los atributos del sistema, ya que éstos son puestos en juego a partir de la perspectiva que tenga el investigador. De igual importancia es identificar las variables a desarrollar, pues son las que permiten diseñar y programar una sociedad artificial. Esto requiere un importante esfuerzo de sistematización cuantitativa y cualitativa que devenga en un ejercicio de síntesis que permita acceder a los resultados esperados.

A su vez, se le ha definido como una herramienta metodológica con un enorme potencial para la generación de investigaciones novedosas que trasciendan los enfoques y visiones tradicionales vigentes, los cuales han privilegiado el carácter formal e institucional de la ciencia.¹⁵ La propuesta actual considera que mediante

este recurso de simulación, el investigador construye su propio modelo con el que puede percibir determinados segmentos de la realidad sociocultural.¹⁶ Todo depende de la creatividad que muestre el investigador con respecto a la manera en que ponga en juego los elementos necesarios para acercarnos a un conocimiento más adecuado de la sociedad estudiada.

Lo anterior significa no sólo la presencia de un nuevo enfoque, sino la emergencia de un discurso que pretende renovar las reglas y consideraciones fácticas sobre las que se ha venido sustentando el quehacer de las ciencias sociales y, en particular, de las ciencias del comportamiento. No obstante, su incidencia aún es baja, puesto que las características del enfoque limitan su adopción, ya que se considera que es una herramienta propia de las ciencias naturales o exactas, y que el campo específico de éstas no corresponde con las actividades que realiza el científico social, motivo suficiente para dudar de su pertinencia y viabilidad.

Además, un argumento adicional que ha mellado sus posibilidades metodológicas y epistémicas está presente en el presupuesto de que las ciencias sociales trabajan con conductas, representaciones y acciones humanas, por lo que es muy difícil predecir cabalmente los comportamientos mediatizados por la subjetividad de los individuos. A ello habría que agregar que los valores, las reglas y en general el sistema normativo no son asumidos e internalizados de manera pasiva, dando origen con ello a manifestaciones y comportamientos humanos esencialmente distintos en un mismo contexto sociocultural con reglas bien definidas. Por tal motivo, la simulación se ha tomado con recelo y desconfianza por un sector de académicos de las ciencias sociales.

Sin embargo, cada día son más los científicos sociales que consideran que el instrumental teórico-metodológico proveniente de las ciencias duras puede ser de gran ayuda para analizar problemáticas sociales complejas y de difícil exploración. Es allí donde la simulación, y de manera particular, el modelo *Sugarscape*, pueden representar una opción por demás interesante para el analista social. Pensar lo contrario sería negar la posibilidad de la interdisciplinariedad y la transdiscipli-

nariedad; hecho que por supuesto nadie pone en tela de juicio hoy en día.

Lo anterior no significa que estemos afirmando que la simulación sea una panacea para las ciencias sociales. Más bien lo que se sugiere es que evaluemos la posibilidad de que esta herramienta teórico-conceptual represente una alternativa que coadyuve al desentrañamiento de fenómenos sociales proclives a ser analizados desde una perspectiva distinta a la que tradicionalmente utilizan éstas. Tal procedimiento dependerá del investigador y de la delimitación del objeto de estudio a investigar.

Así pues, el impacto es cada día mayor, debido en lo fundamental a la disolución de las fronteras epistémicas y, por el otro, al auge que han alcanzado los programas especializados en simulación. Tal situación evidencia que el avance progresivo de la ciencia y la tecnología posibilita la generación de nuevos prototipos de investigación que han venido a enriquecer los métodos tradicionales de hacer ciencia. En consecuencia, las ciencias sociales han convertido esos conocimientos en oportunidades para ampliar y perfeccionar su núcleo epistémico general sin modificar su cometido original. A pesar de ello, no debemos perder de vista que el análisis cualitativo sigue siendo muy importante en la conducción de toda investigación social.

CONCLUSIONES

En términos generales, los modelos basados en agentes se han propuesto como una nueva alternativa dentro de la investigación social. Esto está abriendo la posibilidad de que las ciencias sociales incluyan la experimentación como una fórmula adicional para generar nuevos desarrollos teóricos que faciliten el entendimiento de problemáticas sociales específicas. Si bien dicho procedimiento no es como el de un laboratorio, sí permite de cierto modo la manipulación de un número determinado de variables en el proceso de simulación. Permite ensayar y predecir las probables pautas de comportamiento que desarrollan individuos y su repercusión en ciertos segmentos de la realidad social.

Asimismo, su incidencia para el análisis de factores económicos, desarrollo sustentable y problemas de medio ambiente es por demás sugerente, de allí que se

esté utilizando ya para tratar de predecir los impactos de sistemas que funcionan a partir de reglas simples, pero que generan patrones complejos difíciles de estudiar por parte de las ciencias sociales. Es en casos como éstos donde los modelos pueden constituirse en alternativas viables para el analista social, tomando en consideración, por supuesto, que los resultados que arroje no son definitivos, por lo que deben ser sometidos a contrastación.

Los nuevos discursos que ponen el acento en la transdisciplinariedad enfatizan el hecho de que es a partir de estas ideas que los desarrollos epistémicos actuales y futuros pueden posibilitar la emergencia de recursos alternativos con los cuales se modifique la percepción ortodoxa que sostiene que el método científico heredado de la tradición positivista es la única forma viable para acceder al conocimiento. De tal modo que las ciencias sociales no están exentas de este debate, por lo que tienen que incorporarlo y a su vez generar sus propias alternativas de conocimiento, retomando los aportes de otras disciplinas, pero también resignificando sus postulados básicos. De esta forma estarán en condiciones de acrecentar sus posibilidades epistémicas frente a una variedad de fenómenos cada vez más heterogéneos y complejos, los cuales demandan sobre todo la utilización de recursos que hasta hace algunos años eran patrimonio exclusivo de las ciencias duras.



© Enrique Soto. De la serie Máquinas, 2008.

R E F E R E N C I A S

¹ Niklas Luhmann fue profesor de sociología en la Universidad de Bielefeld, Alemania. Elaboró una teoría con pretensiones de universalidad y que demanda su aplicación para todo fenómeno social. Su variedad conceptual permite dar cuenta de los fenómenos sociales de una manera novedosa, lo que facilita el diálogo interdisciplinario al incluir elementos de otras áreas del saber, como la cibernética, la biología o las matemáticas. Luhmann N. *Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general*, Editorial Anthropos, Madrid (1995) 35-90.

² Estos métodos, materializados generalmente en modelos de simulación utilizados para describir fenómenos acotados, se fueron desarrollando de manera pausada para luego estallar en la década de los noventa. Hoy son dominantes dentro del campo de las teorías de la complejidad y están siendo considerados al mismo tiempo como una herramienta para las ciencias sociales. Reynoso C. "Teorías y métodos de la complejidad y el caos: una exploración antropológica", *Teorías antropológicas contemporáneas*, Editorial Biblos, Buenos Aires (1998) 28-49.

³ Weiner N. *Cibernética*, Tusquets, Barcelona, (1985) 33-64

⁴ Bertalanffy L. *Teoría General de los Sistemas*, FCE, México (1976) 40-110.

⁵ Prigogine, I. *La estructura de lo complejo*, Madrid, Alianza Editorial, (1997) 60-95.

⁶ Thom R. *Paraboles et Catastrophes*, Flammarion, París (1983) 30-50.

⁷ Se concibe la complejidad no como una mera sumatoria de variables. Esta noción, muy extendida en las ciencias sociales clásicas, no se ajusta ni al comportamiento ni a la ontología de tales sistemas, que pueden surgir de la interacción de muy pocas variables. De hecho, y en su versión más rica, el estudio de la complejidad puede partir de sistemas muy sencillos. Se asume entonces que el comportamiento complejo obedece a causas que pueden ser muy simples en su estructura interna. Se refiere, además, a propiedades emergentes que resultan de la interacción entre los elementos del sistema.

⁸ Reynoso C. *Op.cit.*, 32-34.

⁹ Axtell R y Eptein J. *Growing Artificial Societies: Science from the Bottom Up*, DC Brookings Institution Press (1996) 58-93.

¹⁰ La sociedad artificial es un modelo de simulación computacional que consiste en una población de agentes autónomos y un ambiente separado en el que estos agentes habitan. Los agentes son "ciberpersonas" de las sociedades artificiales. Cada agente tiene atributos genéticos que han sido heredados y fijados de por vida. Terna P. Creating Artificial Worlds: A Note on Sugarscape and Two Comments. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 4, año II, 6-32

¹¹ Terna P. *Op.cit.*, 10-12.

¹² *Ibid.*

¹³ *Ibid.*

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ *Ibid.*

¹⁶ San Miguel M. Redes complejas en la dinámica social. INGURUAK, *Revista Vasca de Sociología y Ciencia Política* 17, año II, 5-26.

**Joel Ruiz Sánchez, Universidad del Papaloapan
Campus Tuxtepec. email: jruiz@unpa.edu.mx**