

VOLUMEN 10 NÚMERO 1

Revista Internacional de

Ciencias Sociales Interdisciplinares

Sociología computacional

Conceptos, métodos y retos

ANTONIO AGUILERA ONTIVEROS Y NORMA LETICIA ABRICA JACINTO



INTERDISCIPLINASOCIAL.COM

**REVISTA INTERNACIONAL DE
CIENCIAS SOCIALES INTERDISCIPLINARES**

Primera Edición Common Ground Research Networks 2022
University of Illinois Research Park
2001 South First Street, Suite 202
Champaign, IL 61820 USA
Tel.: +1-217-328-0405
www.cgespanol.org

ISSN: 2474-6029 (versión impresa)
ISSN: 2254-7207 (versión electrónica)

Derechos de autor:
2022



Sociología computacional: conceptos, métodos y retos

(Computational Sociology: Concepts, Methods and Challenges)

Antonio Aguilera Ontiveros,¹ El Colegio de San Luis, A.C., México
Norma Leticia Abrica Jacinto, El Colegio de San Luis, A.C., México

Resumen: En este trabajo se aborda el campo de la sociología computacional estableciendo sus principales conceptos y métodos para la construcción de teoría social. Se ejemplifica con un modelo simple el uso de la sociología computacional llamado el modelo de El Farol. Dicho modelo es un ejemplo del uso de la racionalidad limitada de Simon (1955). Por último, se establecen los retos de la sociología computacional en el quehacer sociológico haciendo un conjunto de reflexiones al respecto.

Palabras clave: sociología computacional, metodología sociológica, ciencia social generativa, NetLogo

Abstract: In this work the field of computational sociology is approached, establishing its main concepts and methods for the construction of social theory. He exemplifies himself with a simple model using computational sociology called El Farol Model. This model is an example of Simon's (1955) use of bounded rationality. Finally, the challenges of computational sociology in sociological work are established by making a set of reflections on the matter.

Keywords: Computational Sociology, Sociological Methodology, Generative Social Science, Netlogo

Introducción

Herbert Simon aseveraba que las verdaderas ciencias duras eran las ciencias sociales (Squazzoni 2012). Esto debido a que, dentro del pensamiento de Simon, la autonomía e inteligencia de los actores sociales representaba todo un reto para su estudio y comprensión. Así, la idea de estudiar lo social a través de modelos formales se fundamenta en un proyecto intelectual que se basa en la idea de que las herramientas y conceptos, *i.e.* matemáticas y modelos computacionales de la cognición, para estudiar los sistemas complejos adaptativos son adecuados para su uso en las ciencias sociales (Simon 1979: xi). La creatividad, la intuición y el juicio no son sino etiquetas confusas que ocultan procesos cognitivos para los cuales Simon buscaba modelos formales y precisos. El advenimiento de las computadoras y su cada vez más patente capacidad y poder de cómputo, aunado al surgimiento de lenguajes específicos para el paradigma de programación basada en agentes, ha permitido un gran avance en la formulación de modelos computacionales de fenómenos sociales (Macy y Willer 2002; Squazzoni 2012) tales como la formación de la opinión (Deffuant *et al.* 2000; Hegselmann y Krause 2002; Deffuant *et al.* 2002; Abrica-Jacinto *et al.* 2017), las rebeliones (Epstein 2008; Abrica y Aguilera 2021, 201–225; España *et al.* 2021) y el clientelismo político (Rodríguez-Zoya *et al.* 2018), por mencionar algunos.

Este trabajo pretende establecer qué es la sociología computacional y mostrar, mediante un ejemplo sencillo, su utilidad tanto en la construcción de teorías sociales como en el

¹ Autor de Correspondencia: Antonio Aguilera, Parque de Macul 155, Fracc. Colinas de Parque. Programa de Estudios Políticos e Internacionales, El Colegio de San Luis, A.C. San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78294, México. email: antonio.aguilera@colsan.edu.mx

entendimiento de la relación agente–estructura y la relación micro–macro. Se establecen, además, los retos de la disciplina.

¿Qué es la sociología computacional?

Por sociología computacional entenderemos el estudio de fenómenos y procesos sociales a través del modelado y simulación por computadora de estos. Se pueden rastrear los orígenes de la sociología computacional a los primeros modelos reticulares establecidos por Schelling (1971) y Sakoda (1971). En dichos modelos, agentes sociales, autónomos y con reglas de evolución espacial eligen su ubicación con base en la interacción con sus vecinos cercanos y el ambiente que los rodea. Dichos modelos son todavía usados para el estudio de la segregación espacial y sus causas (Aguilera y Ugalde 2007). Así mismo, el trabajo pionero de James Coleman (1961) debe ser resaltado como precursor del uso de las computadoras para modelar estructuras y procesos sociales.

Dentro de los modelos originales de Schelling y Sakoda están enraizadas las ideas básicas de la sociología computacional; esto es, la existencia de agentes autónomos, heterogéneos, que interactúan entre sí y mediante reglas simples toman decisiones respecto a ellos mismos, su ubicación y sus creencias y toman posiciones sociales. Existe un ambiente que puede ser una red social y a través de dicha red se da la interacción. Los primeros modelos usaban redes reticulares, como el modelo de Axelrod (1997), que estudia la diseminación cultural, mientras los modelos más avanzados usan redes de diversas topologías como redes aleatorias, completas, de mundo pequeño y libre de escala para el análisis de diversos fenómenos sociales: propagación de epidemias (Warren *et al.* 2002; Weeden y Cornwell 2020), dinámica de opinión (Amblard y Deffuant 2004, 725–38; Kurmyshev *et al.* 2011), diseminación cultural (Xiao *et al.* 2009; Flache y Macy 2011; Kim *et al.* 2011), etcétera.

La sociología computacional trata de modelar y simular fenómenos sociales que involucran a individuos en entornos sociales específicos. Así, el individuo es visto como detentor de reglas y normas sociales, las cuales aplica de forma deliberativa o bien de forma automática–heurística, siguiendo la idea de cómo los seres humanos seguimos las normas sociales (Bicchieri 2006).

Abordar los diversos fenómenos sociales (movimientos sociales, difusión de opinión, influencia de los medios de comunicación, actitudes políticas, el voto, toma de decisiones, etc.) a través de la sociología computacional permite realizar, en escenarios artificiales, simulaciones de fenómenos que en vida y tiempo real no serían fáciles de estudiar. Con los modelos de sociología computacional es posible entender cómo estos escenarios simulados brindan información para establecer teorías o reglas con el objetivo de comprender la naturaleza del sistema y sus consecuencias, contribuyendo así a la toma de decisiones. Por ejemplo, en el trabajo de Sosa *et al.* (2021) se presenta un modelo computacional para evaluar diversas estrategias de control de una especie en el Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay, señalando, a través de las simulaciones, la no factibilidad de la erradicación de la especie estudiada, de manera que la gestión y toma de decisiones debe centrarse en evitar la propagación de la especie invasora. Y por ello, parte del objetivo de ese trabajo fue desarrollar un modelo que permita evaluar la definición de nuevos escenarios de gestión integrando conservación y producción en el marco de un modelo sostenible.

Es importante señalar la diferencia entre sociología computacional y cibernociología. Esta última es el estudio de las interacciones sociales que tienen objeto en el ciberespacio, mediadas por las computadoras y dispositivos inteligentes. Así, el uso de analizadores de tuits, o de amistades en Facebook, es campo de la cibernociología, la cual se ha venido ampliando gracias al uso de analizadores de contenido basados en *Deep Learning*.

También es relevante especificar que la sociología computacional es diferente de la sociología matemática. La sociología matemática implica el uso de las matemáticas para

formular la teoría sociológica con mayor precisión de lo que pudiera hacerse con métodos menos formales. Por tanto, el término se refiere a un enfoque de construcción de teorías más que a un campo sustantivo de investigación o una metodología de recopilación o análisis de datos; tampoco es lo mismo que los métodos estadísticos, aunque está estrechamente relacionada. En cuanto a la formalización, la sociología matemática y la sociología computacional están hermanadas: ambas pretenden desarrollar teoría social basadas en lenguajes formales, así como producir resultados similares a los del mundo real a través de los modelos y simulaciones computacionales, siendo integrados de forma explicativa para los sociólogos teóricos.

En sociología computacional se utilizan conceptos tales como agentes, ambiente o entorno y reglas de interacción. Cada uno de estos describe el sistema social a modelar. Uno de los lenguajes de programación más utilizado para desarrollar y simular modelos basados en agentes es NetLogo (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>), con el cual es posible dar instrucciones a muchos agentes con la finalidad de explorar las conexiones entre los comportamientos a nivel micro (de los agentes) y los patrones a nivel macro (del sistema) que surgen debido a tales interacciones y reglas.

¿Qué es un agente?

En sociología computacional se usa el concepto de agente para representar a los individuos. Dicho agente es un programa computacional, algunas veces cargado con inteligencia artificial, que tiene creencias, deseos e intenciones. Los agentes son los bloques de construcción de la sociología computacional. Dependiendo del sistema o fenómeno social a modelar, los agentes son dotados de características o variables (edad, opinión, creencia, orientación sexual, régimen político, etc.), las cuales cambiarán de acuerdo con las reglas establecidas, esto también es conocido como *estado del agente*.

Dentro de los agentes, los más avanzados son aquellos que contemplan el uso de emociones (Aguilera y Contreras 2006; Maria y Zitar 2007). Los agentes con emociones permiten llegar a un nivel más profundo de la cognición humana y de la toma de decisiones.

Ambiente o entorno

Los agentes son agrupados en un ambiente o entorno artificial representado como un mundo con características diversas. Generalmente son producidos a través de redes reticulares, redes de mundo pequeño, libre de escala, aleatoria o representando algún lugar geográfico específico. En el caso de redes, se emplea el concepto de grafo (Bondy y Murty 1976) donde los nodos del grafo representan a los agentes, y las aristas representan las relaciones entre dichos agentes.

Cuando se utiliza una zona geográfica específica, existen diversas herramientas para “mapearla” y usarla como el ambiente de los agentes. Por ejemplo, la extensión GIS (Sistemas de Información Geográfica) de NetLogo ofrece la capacidad de cargar datos vectoriales (puntos, líneas y polígonos) y datos ráster (cuadrículas) en el modelo.

Reglas de interacción

Las creencias, deseos e intenciones de los agentes son muchas veces sustituidos por reglas de interacción, las cuales pueden ser racionales, racionales limitadas o bien de tipo automático–heurístico. Las reglas le permiten al agente tres cosas: a) cambiar sus estados propios; b) interactuar con los demás agentes, c) interaccionar con el ambiente que le rodea. En modelos más avanzados también es posible que tales reglas permitan la evolución del propio agente y del entorno; es decir, interacciones mutuas entre las variables del ambiente con la dinámica de los agentes.

A los agentes que siguen reglas específicas (en ocasiones de tipo probabilístico) al momento de interactuar se les conoce como agentes reactivos. Así, un agente que encuentra a otro en el espacio, geográfico o social, reacciona siguiendo alguna regla (por ejemplo, cambiando su predilección hacia algún partido político). Un agente cognitivo, por el contrario, llevará a cabo un proceso de deliberación interna para tomar una decisión respecto a qué hacer en una situación dada como, por ejemplo, saber si se va a un lugar específico o si se coopera o no con otro agente.

¿Qué es un modelo basado en agentes?

Modelar implica reducir y simplificar, pero no en exceso. Todos los modelos son erróneos, pero al mismo tiempo son de utilidad. La construcción de un modelo computacional de la sociedad implica que la variable independiente ya no es el individuo, sino el sistema social mismo. La idea subyacente en un modelo basado en agentes (ABM, por sus siglas en inglés) es que lo social es una propiedad emergente de la interacción del sistema de individuos que la conforman y estructuran (Epstein 2006; Salgado y Gilbert 2013).

El modelado basado en agentes (ABM) es una metodología basada en las computadoras que permite a los investigadores diseñar, analizar e investigar modelos, realizados como mundos artificiales habitados por agentes que interactúan entre sí siguiendo reglas simples preespecificadas. Los modelos basados en agentes varían considerablemente, pero todos consisten en conjuntos de unidades autónomas. El modelado de estas unidades como países, individuos, corporaciones, grupos étnicos, aldeas o grupos de parentesco dependerá del experimentador y su dominio teórico de interés. Las unidades en un ambiente ABM buscan adaptarse a su entorno en función de los objetivos a perseguir, para los cuales están programados. Aunque las acciones individuales están totalmente determinadas a nivel micro, cuando son grandes números de tales agentes operan, interactuando entre sí, el estado macro del conjunto como un todo no es predecible (Lustick y Miodownik 2009).

Los ABM se basan en el uso del enfoque *bottom-up*, se considera a los agentes de manera individual con la flexibilidad de establecer características particulares y relaciones con otros agentes y el entorno. De manera global se genera nueva información, caracterizada en nuevas propiedades del sistema, las cuales no son deducidas de los objetos constituyentes del sistema. Esta propiedad de los modelos realizados en el ABM se conoce como propiedades emergentes. Dichas propiedades en los sistemas sociales han sido establecidas en el trabajo de Luhmann (cfr. Salgado y Gilbert 2013). Los ABM son adecuados para modelar fenómenos colectivos (muchos agentes interactuando) y descentralizados (sin un aparente líder o guía). La agregación de agentes permite observar dinámicas de autoorganización, de emergencia de patrones y comportamientos en una escala de organización superior. Por lo tanto, la modelación basada en agentes da una representación natural del sistema, es flexible y además captura la presencia de fenómenos emergentes.

El Farol: un ejemplo de sociología computacional

El Farol es un bar en Santa Fe, Nuevo México. El bar es muy popular, especialmente los jueves por la noche, pero a veces está abarrotado y es desagradable asistir. De hecho, si los clientes del bar creen que habrá demasiada gente, se quedan en casa; de lo contrario, asisten al bar.

El modelo de El Farol fue un ejemplo propuesto originalmente por Brian Arthur (1994) de cómo se pueden modelar sistemas económicos de agentes racionales, pero con racionalidad limitada (Simon 1955; Campitelli y Gobet 2010), y que usan el razonamiento inductivo. La racionalidad limitada de Simon se basa en la idea de que tomamos decisiones racionales, pero dentro de los límites de la información disponible para nosotros y nuestras capacidades mentales. Así, la racionalidad limitada nos ve como satisfactores, como personas que eligen la

opción que satisfará sus necesidades y deseos sin esforzarse demasiado en asegurarse de que están considerando todas las posibilidades (Simon 1955; Campitelli y Gobet 2010).

El modelo explora lo que sucede con la asistencia general al bar en dicho jueves por la noche, ya que los clientes utilizan diferentes estrategias para determinar qué tan lleno creen que estará el bar (Ginovart 2013, 217). Suponiendo que la información de asistencia en el bar cada semana estaba disponible, pero que cada ciudadano solo podía recordar un número limitado de semanas de asistencia, Arthur planteó la hipótesis de que una forma de modelar esta situación sería darle a cada agente una bolsa de estrategias. Cada una de estas estrategias sería una regla general sobre cuál fue la asistencia esa semana; por ejemplo, “dos veces la asistencia de la semana pasada”, “la mitad de la asistencia de hace dos semanas” o “un promedio de asistencia de las últimas tres semanas”. Cada agente tenía un grupo de estas estrategias, y vería qué tan bien funcionarían si las hubiera usado en las semanas anteriores. Los agentes usarían cualquier estrategia que hubiera funcionado mejor para predecir la asistencia de la próxima semana, y decidirían asistir o no al bar basándose en esta predicción. Cuando Arthur escribió esto como un modelo basado en agentes y examinó los resultados, descubrió que la asistencia promedio al bar era de alrededor de 60. Entonces, a pesar de que todos los agentes usaban estrategias diferentes y no tenían información perfecta, lograron utilizar de manera óptima el bar como un recurso (Wilensky y Rand 2015).

El modelo fue programado en el lenguaje NetLogo (Wilensky 1999) por Rand y Wilensky (2007). En la biblioteca de modelos de NetLogo, dentro de la carpeta de “Social Science” se encuentra el modelo del Bar El Farol. En dicho lenguaje un agente irá al bar el jueves por la noche si cree que no habrá más de un cierto número de personas en el bar, un número dado por una variable representada con el botón OVERCROWDING–THRESHOLD, es decir, esto mide el umbral del tamaño del grupo. Dicha variable es igual a 60 en los modelos de Arthur (1994) y de Fogel et al. (1999). Dicho valor representa el número máximo de personas que un agente toleraría en el bar para considerarlo agradable. En el modelo de NetLogo se permite variar dicho umbral con el objeto de poder experimentar con diferentes valores.

Para predecir la asistencia de la siguiente semana, cada agente tiene acceso a un conjunto de estrategias de predicción, establecidas por el observador a través del botón NUMBER–STRATEGIES (número de estrategias). También se cuenta con las cifras reales de asistencia del bar de los jueves anteriores. Las estrategias potenciales se distribuyen aleatoriamente a los agentes durante la configuración inicial del sistema, con el botón SETUP. Una estrategia de predicción se representa como una lista de ponderaciones que determina cómo cree el agente que cada período de tiempo de los datos históricos afecta la predicción de asistencia para la semana actual. Uno de estos pesos (el primero) es un término constante que permite modificar la línea de base de la predicción. Esta definición de estrategia se basa en una implementación del modelo de Arthur revisado por Fogel et al. (1999). El agente decide cuál de sus estrategias utilizará determinando cuál habría hecho mejor si la hubiera utilizado en las semanas anteriores.

A medida que se ejecuta el modelo, en cualquier tic de tiempo cada agente solo utilizará una estrategia en función de su capacidad previa para predecir la asistencia al bar. En esta versión del modelo de El Farol, a los agentes se les dan estrategias y no las cambian una vez que las tienen, sin embargo, dado que pueden cambiar sus estrategias en cualquier momento en función del desempeño, la ecología de las estrategias que utiliza toda la población cambia con el tiempo. La longitud del historial de asistencia que los agentes pueden usar para una predicción o evaluación de una estrategia viene dada por el MEMORY–SIZE (tamaño de memoria). Esta evaluación de desempeño se realiza en el proceso de UPDATE–STRATEGIES (actualizar estrategias), que no las cambia, sino que actualiza el desempeño de cada estrategia probándola, y luego seleccionando la estrategia que tiene el mejor desempeño dados los datos actuales. Para probar cada una, se calcula su rendimiento en los últimos días de MEMORY–SIZE. Por lo tanto, los parámetros del modelo son MEMORY–SIZE, NUMBER–STRATEGIES y OVERCROWDING–THRESHOLD.

En la Figura 1 se puede ver el entorno de simulación-programación NetLogo para el modelo de El Farol con los botones mencionados. Nótese que el mundo artificial está establecido por agentes con forma de humanos, el bar El Farol está representado por el espacio en azul.

La dinámica del modelo es la siguiente. Los agentes se mueven hacia el espacio del bar, diferenciado por estar en azul (ver figura 1). Los observables del modelo son la asistencia al bar, la cual cambia según las estrategias de los agentes y el tamaño de la memoria. El gráfico muestra el umbral del tamaño como una línea de color rojo, y de color negro la asistencia al bar. Se pueden realizar distintas simulaciones ejecutando el simulador con diferentes valores para el tamaño de la memoria y el número de estrategias que puede gestionar un individuo. La observación de los resultados de la simulación, con su posterior análisis, permite estudiar la evolución del sistema (Ginovart 2013). Por ejemplo:

¿Qué pasa con la asistencia al bar a medida que fijamos el tamaño de memoria y variamos el número de estrategias posibles que un individuo puede tener?

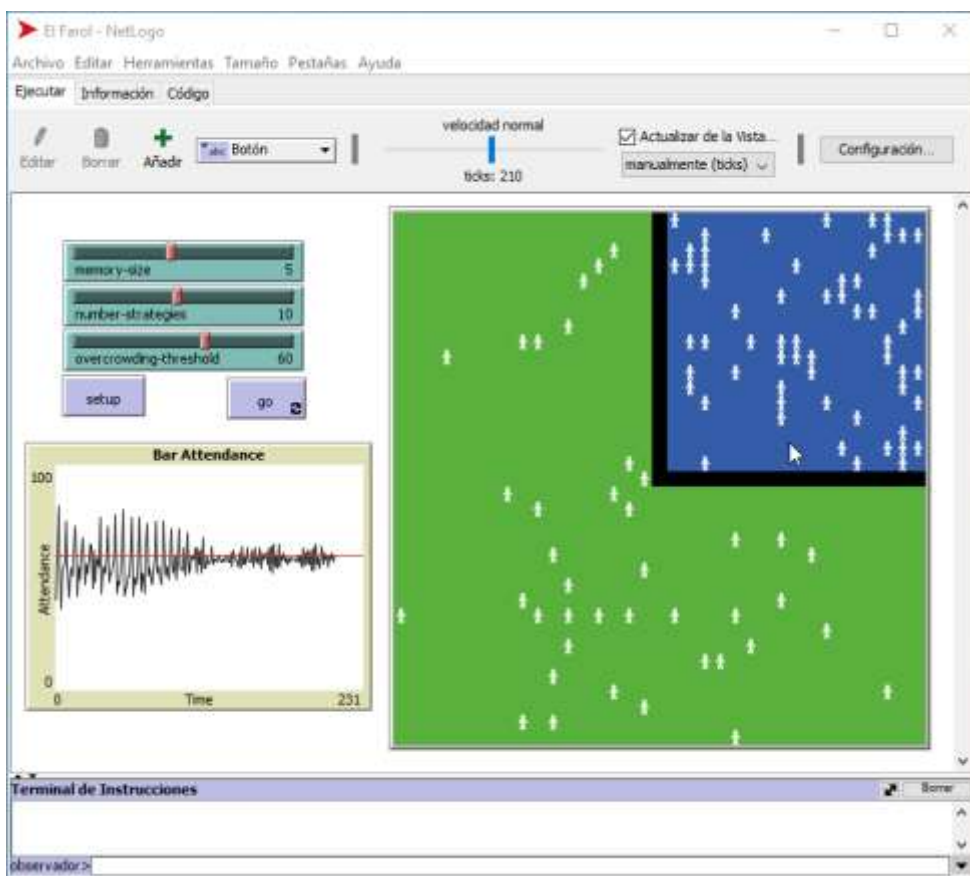


Figura 1: El modelo del Farol en NetLogo

Fuente: Rand y Wilensky, 2007.

En la Figura 2 se pueden observar los diferentes comportamientos de la asistencia al bar cuando variamos las estrategias. En este caso, el número total de agentes es de 100, el umbral de grupo es de 60 (OVERCROWDING-THRESHOLD), el tamaño de la memoria (MEMORY-SIZE) es de 5 y el número de estrategias son 2, 5, 8 y 20.

¿Qué pasa con la asistencia al bar a medida que fijamos el número de estrategias y variamos el tamaño de memoria?

Consideremos ahora dos estrategias, y variaciones del tamaño de memoria de 1, 3, 5 y 10. Los comportamientos de los agentes se pueden ver en la figura 3.

Nótese que el sistema que modela el programa en NetLogo es complejo. Está conformado por 100 agentes en interacción simple, esto es, solo conocen y les interesa el número de agentes que asistieron al bar el jueves anterior. Sin embargo, las reglas simples generan comportamientos emergentes. Así, podemos ver en la Figura 2 cómo al tener solo dos estrategias los agentes logran un ambiente agradable en el bar. Lo mismo pasa con cinco estrategias. El tener muchas estrategias no es benéfico para el ambiente, generando ya desde ocho estrategias un comportamiento incoherente. Al tener el máximo de estrategias la incoherencia es máxima.

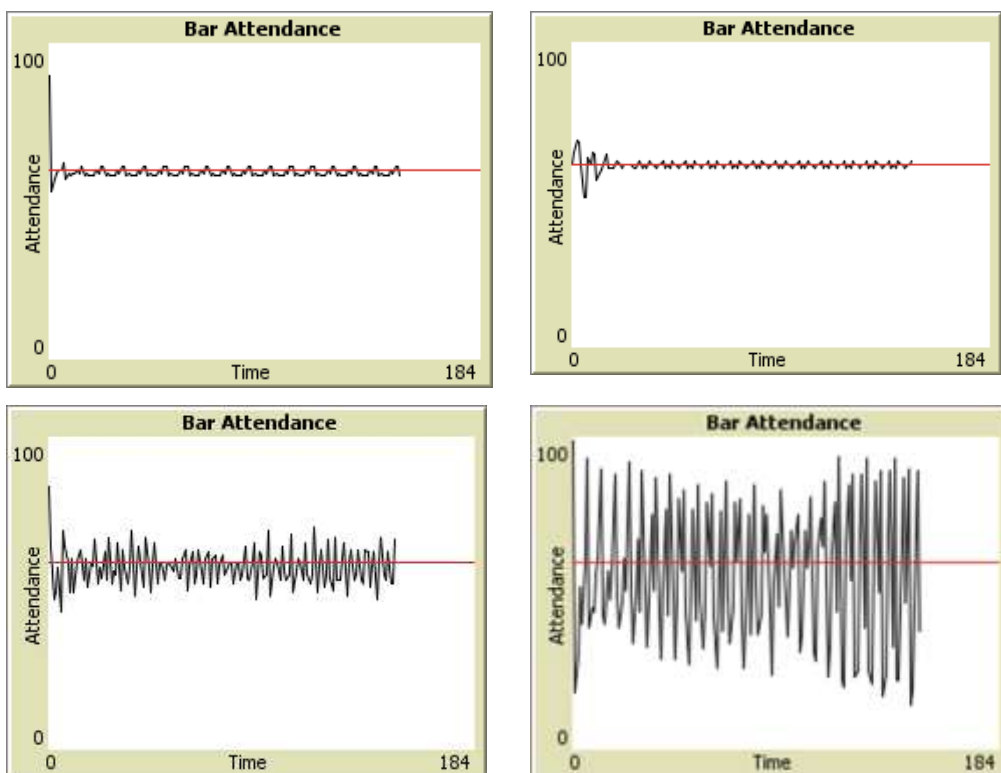


Figura 2: Capturas de pantalla con un valor fijo para el parámetro tamaño de memoria igual a 5, y con valores diferentes para el parámetro número de estrategias, (2, 5, 8 y 20 respectivamente)

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La riqueza del modelo radica en la dinámica en la toma de decisiones de los agentes que contrasta enormemente con la toma de decisiones en condiciones de racionalidad completa. La estrategia óptima desde un punto de vista perfectamente racional sería ir siempre al bar, ya que no se castiga a nadie por ir cuando hay mucha gente. En el modelo tenemos los siguientes casos extremos: 1) si el bar no está repleto entonces todo el mundo acudirá, por lo que el bar se saturará, análogamente, 2) si el bar está repleto, entonces nadie acudirá y, por lo tanto, el bar estará vacío.

Es de gran relevancia mostrar como una teoría social es usada para generar conocimiento. Si bien parece trivial la asistencia a un bar, este tipo de conocimiento se puede extender hacia

cuestiones más relevantes en términos sociales, como, por ejemplo, escoger un partido político (toma de decisiones) a través de las estrategias definidas por el cumplimiento de expectativas con referencia a ciertas políticas públicas. En particular, la *teoría dinámica del impacto social* modela y simula el cambio de actitud política en escenarios de persuasión social que dependen del número de agentes, de su ubicación espacial y de la fuerza de sus actitudes políticas (Nowak *et al.* 1990). Así, el modelo del Farol se pudiera ampliar hacia otros ámbitos de estudio, extendiendo las características del sistema social a modelar.

Lo que se concluye de este modelo es que la racionalidad limitada es de suma importancia en la vida de las personas, ya sea para acudir a un bar o bien para tomar decisiones relevantes en su vida.

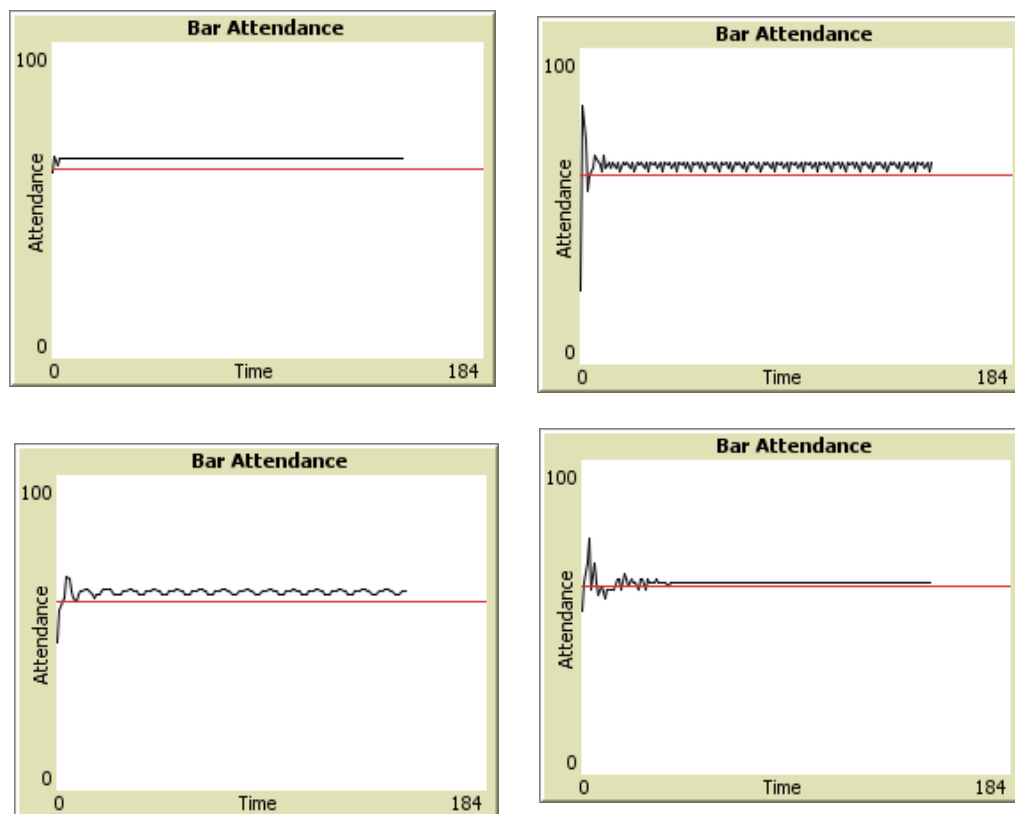


Figura 3: Capturas de pantalla de la estrategia fijada en 2 y con valores diferentes para el parámetro tamaño de memoria (1, 3, 5, 10)

Fuente: *Elaboración propia, 2021.*

Retos de la sociología computacional

La sociología computacional tiene varios retos en su plan de trabajo, estos son:

Entender la relación agente–estructura social. Esto es, vislumbrar cómo la interacción de los agentes permite el surgimiento de estructuras sociales, las cuales pueden ser redes dinámicas, es decir, redes que cambian en el tiempo su topología (Chen y Namatame 2016).

Comprender la relación micro–macro del sistema social. En este tópico lo relevante es hallar aspectos específicos de los agentes que determinen el comportamiento macroscópico del sistema social.

Desarrollar vínculos entre la teoría social clásica y la teoría social que se puede desarrollar a partir de los modelos y la simulación. Muchas veces, los modelos son informados por la teoría social clásica, pero otras veces no hay una relación directa entre las teorías sociales existentes y el modelo.

Posicionar la teoría social generativa como una metodología sustantiva de la sociología. Actualmente, este es el plan principal de la sociología computacional, la premisa es: “si no puedes generarlo, entonces no puedes explicarlo”.

El trabajo multidisciplinar al momento de diseñar y simular los modelos computacionales. Este es uno de los retos que todo modelador se enfrenta, pero en sociología computacional es más notorio. Físicos y matemáticos no pueden prescindir o suplantar a los sociólogos para la comprensión de los problemas sociales. Esto debido a que se estudian fenómenos sociales, con individuos como agentes. Tales individuos sociales tienen una amplia gama de características, y decir que cierta característica no afectará en determinada situación a modelar, ya está dando de entrada una condición restringida. Por ello es necesario el trabajo multidisciplinar al momento de plantear modelos con finalidades de uso al mundo real, lo cual lleva al reto del nivel de representatividad del modelo.

El uso y aplicación de los modelos de simulación como herramientas en la toma de decisiones. Este es un campo muy prometedor, pues se estaría incidiendo en la forma en que se llevan a cabo las decisiones. Al ser complejos los modelos de la sociología computacional se estaría llevando la complejidad al campo de la toma de decisiones.

Conclusiones

La sociología computacional es un plan académico de trabajo sólido con más de 60 años de existencia. Sin embargo, es hasta la década de 1990 que, gracias al surgimiento del paradigma de programación basada en agentes, se le ha dado un gran impulso.

La aplicación de modelos computacionales a diferentes ámbitos de lo social ha permitido comprenderlos mejor, al establecer reglas específicas de comportamiento que dan forma a dichos fenómenos sociales. El paradigma de “lo genero, entonces lo explico” se da como base de esta formación de teoría social.

El desarrollo reciente de la Inteligencia Artificial en lo referente al Deep Learning y al Machine Learning permite vislumbrar la creación de agentes cada vez más cognitivos y menos reactivos, permitiendo la exploración de modelos de cognición humana involucrados en la formación de la sociedad. Con ello, se sigue el plan trazado por Simon (1979), el cual todavía está vigente y promete una cada vez mejor comprensión de la realidad humana y sus consecuencias sociales, y es la sociología computacional el área de estudio para este fin.

REFERENCIAS

- Abrica–Jacinto, Norma L., Evguenii Kurmyshev y Héctor A. Juárez. 2017. “Effects of the Interaction Between Ideological Affinity and Psychological Reaction of Agents on the Opinion Dynamics in a Relative Agreement Model”. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 20, no. 3. <https://doi.org/10.18564/jasss.3377>
- Abrica Jacinto, Norma L. y Antonio Aguilera O. 2021. A model for rebellion influenced by opinion and applied public policy. En *Computational Sociology: Discussion and Research.*, pp. 201–225, México: El Colegio de San Luis.
- Aguilera, Antonio y Julio C. Contreras. 2006. *La influencia de las emociones en la toma de decisiones conjuntas: una aproximación modélica.* México: El Colegio de San Luis.

- Aguilera, Antonio y Edgardo Ugalde. 2007. "A Spatially Extended Model for Residential Segregation". *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2007: 1–20. <https://doi.org/10.1155/2007/48589>
- Amblard, Frédéric, y Guillaume Deffuant. 2004. "The role of network topology on extremism propagation with the relative agreement opinion dynamics". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 343: 725–38. [https://doi.org/10.1016/s0378-4371\(04\)00858-1](https://doi.org/10.1016/s0378-4371(04)00858-1).
- Arthur, W. Brian. 1994. "Inductive Reasoning and Bounded Rationality". *The American Economic Review* 84, no. 2: 406–11. <http://www.jstor.org/stable/2117868>.
- Axelrod, Robert. 1997. "The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization." *The Journal of Conflict Resolution* 41, no. 2: 203–26. <http://www.jstor.org/stable/174371>.
- Bicchieri, Cristina. 2005. *The Grammar of Society: The Nature and Dynamics of Social Norms*. Cambridge University Press.
- Bondy, John. A. y U. S. R. Murty. 1976. *Graph theory with applications*. London: Macmillan Education UK. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-03521-2>.
- Campitelli, Guillermo y Fernando Gobet. 2010. "Herbert Simon's decision-making approach: Investigation of cognitive processes in experts". *Review of General Psychology* 14, no. 4: 354–64. <https://doi.org/10.1037/a0021256>.
- Chen, Shu-Heng y Akira Namatame. 2016. *Agent Based Modelling and Network Dynamics*. Oxford University Press.
- Coleman, James. S. 1961. "Analysis of Social Structures and Simulation of Social Processes with Electronic Computers". *Educational and Psychological Measurement*, 21, no. 1: 203–18. <https://doi.org/10.1177/001316446102100121>.
- Deffuant, Guillaume, David Neau, Frédéric Amblard y Gérard Weisbuch. 2000. "Mixing beliefs among interacting agents". *Advances in Complex Systems* 03, 01n04: 87–98. <https://doi.org/10.1142/s0219525900000078>.
- Deffuant, Guillaume, Frédéric Amblard, Gérard Weisbuch y Thierry Faure. 2002. "How can extremism prevail? A study based on the relative agreement interaction model". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 5(4). <https://www.jasss.org/5/4/1.html>
- España, Andrea A., Edgardo Ugalde y Antonio Aguilera. 2021. An Agent-Based Model for Social Uprising. En *Computational Sociology: Discussion and Research*. México: El Colegio de San Luis, pp. 181–200.
- Epstein, Joshua M. "Modeling Civil Violence: An Agent-Based Computational Approach". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99, no. 10 (2002): 7243–50. <http://www.jstor.org/stable/3057848>.
- _____. 2006. *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. STU–Student edition. Princeton University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt7rxj1>.
- Flache, Andreas y Michael W. Macy. 2011. "Small worlds and cultural polarization". *The Journal of Mathematical Sociology* 35 (1–3), 146–176. <https://doi.org/10.1080/0022250x.2010.532261>.
- Fogel, David B., Kumar Chellapilla y P. J. Angeline. 1999. "Inductive reasoning and bounded rationality reconsidered". *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 3, no. 2: 142–46. <https://doi.org/10.1109/4235.771167>.
- Ginovart, Marta. 2013. "Modelización y simulación discreta para tratar con problemas de toma de decisiones: El problema del Bar El Farol". *Modelling in Science Education and Learning* 6, 211. <https://doi.org/10.4995/msel.2013.1947>.

- Hegselmann, Rainer y Ulrich Krause. 2002. "Opinion dynamics and bounded confidence models, analysis, and simulation". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 5(3). <https://www.jasss.org/5/3/2.html>
- Kim, Yup, Minsoo Cho y Soon-Hyung Yook. 2011. "Effects of the underlying topology on perturbation spreading in the Axelrod model for cultural dissemination". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 390 (21–22), 3989–3995.
- Kurmyshev, Evguenii, Héctor A. Juárez y Ricardo A. González-Silva. 2011. "Dynamics of bounded confidence opinion in heterogeneous social networks: Concord against partial antagonism". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 390 (16), 2945–2955.
- Lustick, Ian. S. y Dan Miodownik. 2009. "Abstractions, Ensembles, and Virtualizations Simplicity and Complexity in Agent-Based Modeling". *Comparative Politics* 41, no. 2: 223–44. <https://doi.org/10.5129/001041509x12911362972070>.
- Macy, Michael W. y Robert Willer. 2002. "From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling." *Annual Review of Sociology* 28: 143–66. <http://www.jstor.org/stable/3069238>.
- Maria, Khulood Abu y Raed Abu Zitar. 2007. "Emotional agents: A modeling and an application". *Information and Software Technology* 49, no. 7: 695–716. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2006.08.002>.
- Nowak, Andrzej, Jacek Szamrej y Bibb Latané. 1990. From private attitude to public opinion: a dynamic theory of social impact. *Psychological Review*, 97(3), 362–376.
- Sakoda, James M. 1971. "The Checkerboard Model of Social Interaction". *Journal of Mathematical Sociology* 1, no. 1: 119–32. <https://doi.org/10.1080/0022250x.1971.9989791>.
- Salgado, Mauricio y Nigel Gilbert. 2012. "Emergence and Communication in Computational Sociology". *Journal Theory Social Behavior* 43, no. 1: 87–110. <https://doi.org/10.1111/jtsb.12004>.
- Schelling, Thomas C. 1971. "Dynamic Models of Segregation". *Journal of Mathematical Sociology* 1, no. 2: 143–86. <https://doi.org/10.1080/0022250x.1971.9989794>.
- Simon, Herbert Alexander. 1955. "A Behavioral Model of Rational Choice". *The Quarterly Journal of Economics* 69, no. 1: 99–118. <https://doi.org/10.2307/1884852>.
- Simon, Herbert Alexander. 1979. *Models of thought*. New Haven: Yale University Press.
- Sousa, Beatriz, Moira Zellner, Carlos Chiale y Marcel Achkar. 2021. Modelos basados en agentes como herramienta para la gestión de parques nacionales. En *Sociología Computacional. Una mirada interdisciplinar*. México: El Colegio de San Luis, en prensa.
- Squazzoni, Flaminio. 2012. *Agent-Based Computational Sociology*. Hoboken, N.J: Wiley & Sons.
- Rand, William y Uri Wilensky. 2007. *NetLogo El Farol model*. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/ElFarol>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL.
- Rodríguez-Zoya, Leonardo. G., Julio L. Aguirre y Pascal Roggero. 2018. "Uso de SocLab para modelar y simular el clientelismo político". *Revista Mexicana de Sociología* 80, no. 3, 639–673.
- Warren, C. P., L. M. Sander y I. M. Sokolov. 2002. "Geography in a scale-free network model". *Physical Review E* 66, no. 5. <https://doi.org/10.1103/physreve.66.056105>
- Weeden, Kim y Benjamin Cornwell. 2020. "The small-world network of college classes: implications for epidemic spread on a university campus". *Sociological science* 7: 222–241. <https://doi.org/10.15195/v7.a9>.

- Wilensky, Uri. 1999. *NetLogo*. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Wilensky, Uri y William Rand. 2015. *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. Massachusetts: MIT Press.
- Xiao, X. H., G. W. Ye, B. Wang y M. F He. 2009. Cultural dissemination in a complex network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 388, no. 5: 775–79. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.11.015>.

SOBRE LOS AUTORES

Dr. Antonio Aguilera Ontiveros: Investigador Titular B, Programa de Estudios Políticos e Internacionales, El Colegio de San Luis, A.C., San Luis Potosí, San Luis Potosí, México

Dra. Norma Leticia Abrica Jacinto: Posdoctorante. Programa de Estudios Políticos e Internacionales, El Colegio de San Luis, A.C., San Luis Potosí, San Luis Potosí, México

La *Revista Internacional de Ciencias Sociales Interdisciplinarias* tiene como objetivo examinar la naturaleza de las prácticas disciplinares, y las prácticas interdisciplinarias que surgen en el contexto de las aplicaciones del "mundo real". También se interroga sobre el significado de la "ciencia" en un contexto social, y las conexiones entre lo social y las demás ciencias particulares.

La revista discute las prácticas disciplinares distintivas en el seno de las ciencias sociales y examina ejemplos de estas prácticas. Con el fin de definir y ejemplificar lo que constituye las disciplinas, la revista fomenta el diálogo, ya sea desde una perspectiva global, teórica y especulativa, o ya sea desde una perspectiva local y empírica. Al considerar las variadas perspectivas interdisciplinarias, transdisciplinarias o multidisciplinares que permean las ciencias sociales, las ciencias naturales y las ciencias aplicadas, la revista muestra el modo en que las prácticas interdisciplinarias entran en acción. El enfoque de los artículos puede ir desde aportaciones empíricas y estudios de casos, hasta una amplia gama de investigaciones multidisciplinares y transdisciplinarias, así como reflexiones sobre el conocimiento sociológico y sobre las metodologías aplicables.

La *Revista Internacional de Ciencias Sociales Interdisciplinarias* es una revista académica sujeta a revisión por pares.