

# MODELADO COMPUTACIONAL Y SIMULACIÓN SOCIAL COMO SOPORTE PARA COMPRENDER LA COMPLEJIDAD

FECHA DE RECEPCIÓN: 02-10-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 14-11-24

## Ricardo Fernando Rosales Cisneros

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: [ricardorosales@uabc.edu.mx](mailto:ricardorosales@uabc.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-2951>

## Nora Osuna-Millán

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: [nora.osuna@uabc.edu.mx](mailto:nora.osuna@uabc.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5719-7682>

## Josue-Miguel Flores-Parra

ACADÉMICO DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: [josue.miguel.flores.parra@uabc.edu.mx](mailto:josue.miguel.flores.parra@uabc.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1424-4498>

## RESUMEN

El presente documento explora cómo el modelado computacional y la simulación social pueden apoyar a la comprensión de la complejidad presente en los distintos contextos inclusive contextos de interacción social. Para esto se hace una introducción de lo general a lo particular donde se expone cómo la humanidad como sociedad ha enfrentado al largo de su historia problemas complejos llenos de incertidumbre y no lineales, con esto se

hace hincapié que se necesita de nuevos métodos de análisis que permitan analizar estos problemas de distintas formas. Se destaca que, gracias al avance tecnológico, se puede encontrar métodos poderosos basados en el uso de computadoras tal como el modelado computacional que permite simular, analizar y estudiar inclusive sociedades enteras. Inclusive ayuda a resolver y entender observaciones con anticipación de eventos pudiendo pronosticar el futuro de lo simulado.

Así mismo se justifica el por qué modelar, se abordan los tipos y técnicas del modelado computacional, así como su aplicación. Por otra parte, se destaca como la simulación social es importante para comprender sociedades, se analizan sus características, técnicas y como esta puede ser utilizada y aplicada como un método. Por último, se realizan conclusiones de cómo el modelado computacional y la simulación social permiten que se comprenda mejor el mundo en el que se vive y vislumbrar el futuro con el fin de mejorar la calidad de vida de la sociedad.

**Palabras clave:** Modelado Computacional, simulación social, complejidad

## **ABSTRACT**

This article explores how computational modeling, and social simulation can support the understanding of complexity present in various contexts, including contexts of social interaction. To achieve this, it provides an introduction moving from the general to the specific, highlighting how humanity, as a society, has faced complex problems throughout its history, filled with uncertainty and non-linearity. It emphasizes the need for new analytical methods to address these issues from different perspectives. Furthermore, it points out that, thanks to technological advancements, powerful computer-based methods, such as computational modeling, are available to simulate, analyze, and study entire societies. This approach also aids in resolving and understanding observations by anticipating events, making it possible to forecast the future of the simulated scenarios.

The document also justifies the importance of modeling, addressing the types and techniques of computational modeling as well as its applications. Moreover, it underscores the significance of social simulation in understanding societies, analyzing its characteristics, techniques, and how it can be used and applied as a method. Finally, conclusions are drawn on how computational modeling and social simulation contribute to a better understanding of the world we live in and provide a vision of the future to improve society's quality of life.

**Keywords:** Computational Modeling, Social Simulation, Complexity.

## 1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, la humanidad, ha vivido distintos fenómenos que cambian la perspectiva de la realidad que percibimos y entendemos de nuestro mundo. Estos fenómenos derivan distintas interrogantes que son difíciles de contestar con fundamentos desde una disciplina por ejemplo ¿Cuáles fueron los motivos verdaderos del porqué apareció el COVID-19? ¿Por qué no se pudo contener el virus para evitar convertirse en una pandemia? ¿Qué pasará si la pandemia se prolonga por varios años? Por lo tanto, ¿Cómo se puede pronosticar con un porcentaje significativo de validez y confianza las respuestas a estas interrogantes? Parece una respuesta difícil de responder y cómo entender estos fenómenos de este nuevo mundo lleno de complejidad e incertidumbre pare una tarea complicada. Por ejemplo, los métodos tradicionales de investigación asumen que estas problemáticas son ciclos repetitivos lineales que pueden predecir su comportamiento y la realidad es que no es así.

Por esto es que se necesitan nuevos métodos de análisis que permitan analizar los fenómenos de distintas formas en las que se considere su no linealidad, su incertidumbre, su emergencia, sus comportamientos no predecibles y su sensibilidad al contexto, es decir se necesitan nuevas formas de estudiar y analizar estos fenómenos como sistemas complejos adaptativos (Holland, 2007).

Sin embargo, gracias al avance tecnológico hoy en día, se puede encontrar métodos poderosos basados en el uso de computadoras tal como el modelado computacional que permite simular, estudiar y analizar estos fenómenos complejos bajo distintos escenarios bajo distintas circunstancias, bajo distintos parámetros dentro y fuera del contexto de estudio.

El modelado computacional es soportado adicionalmente por las matemáticas, física e informática. Para esto es importante que los investigadores operacionalicen sus teorías cognitivas en términos específicos por el lenguaje de la simulación. Es por esto que se deben de crear una serie de suposiciones razonables para llenar vacíos de especificidad no previstos (Poile y Safayeni, 2016).

El modelado computacional permite tener múltiples variables que permiten caracterizar el fenómeno o sistema de estudio. Esta caracterización puede ser representada por un tipo particular de modelado que es la simulación. El construir un modelo bien definido permite tener una abstracción de la realidad con el fin de entender el mundo, inclusive bajo distintas circunstancias atípicas a la realidad (Nigel y Klaus, 2005). Esto permite tener un contraste de comportamientos y emergencias entre lo real y lo simulado.

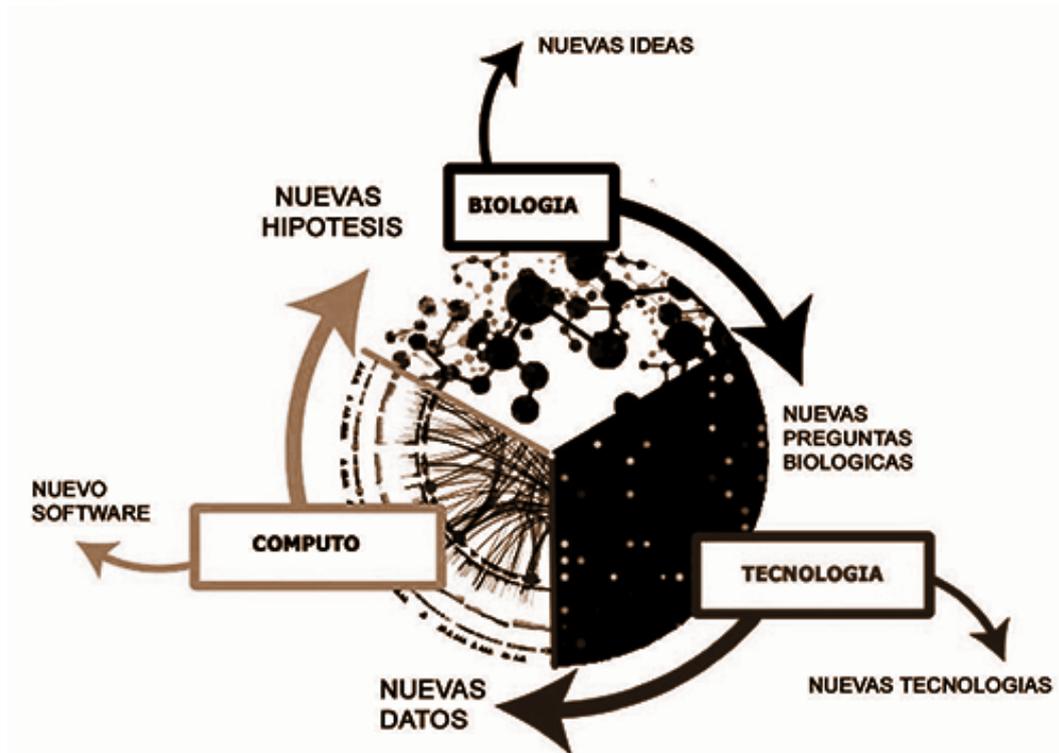
El entender el mundo real es algo que ha atraído a la humanidad a lo largo de la historia, la ciencia y las ciencias sociales han refinado y formalizado el entendimiento de ese mundo (Nigel y Klaus, 2005).

Es por esto, la importancia de comprender que un modelo es una simplificación menos

compleja del mundo real, sin embargo, gracias al avance tecnológico procesamiento de cómputo, algoritmos avanzados, inteligencia artificial por mencionar algunos, se puede simular escenarios que pudieran ser muy semejantes a la realidad inclusive más complejos que la misma realidad. Entre más elementos, se modelen del mundo real se puede permitir tener un mejor entendimiento de la realidad.

En la figura 1, se aprecia un ejemplo de cómo los modelos computacionales son utilizados para simular, en este caso para estudiar sistemas biológicos complejos.

**FIGURA 1**



**FUENTE. INSTITUTO NACIONAL DE BIOINGENIERÍA E IMÁGENES BIOMÉDICAS, (NIH, 2020)**

Es importante recalcar, que el mundo en el que se vive es más complejo de lo que parece, y esto demuestra que el modelado computacional y la simulación permite a comprender los fenómenos emergentes y nos acerca a respuestas no ambiguas a estas interrogantes. Por esto se resalta la importancia de conocer y analizar aquellas variables que directa e indirectamente están relacionadas a los fenómenos que lo provocan, parece algo complejo derivado de la incertidumbre emergente y la no linealidad que presentan estos fenómenos.

Además, esto se vuelve más complejo porque cada uno de nosotros tiene un cierto dominio de complejidad respecto a la comprensión del fenómeno que se presenta. Por ejemplo, normalmente se piensa en una solución de un problema de forma disciplinar, en la disciplina que nos hemos especializado. Esto conlleva a que nuestro nivel de conocimiento nos induce a dar una posible solución porque tenemos conocimiento y supuesta sabiduría para solucionar el problema soportados de esta disciplina. Se intenta dar solución al

problema complejo y el resultado no siempre es positivo o es parcial, ya que este problema requiere una solución transdisciplinaria, por lo cual si esta solución es apoyada de modelado computacional permitiendo que el problema se aborde desde la aplicación de múltiples conocimientos se puede lograr una solución integral simulada, que después puede replicarse con los parámetros acordes y dar la solución al problema en el mundo real de forma adecuada. Es importante recalcar que actualmente se vive un decremento en paradigmas y teorías que dominan con certeza el conocimiento, ya que por la formación disciplinar que se tiene por parte de las personas, se fragmenta el contexto repercutiendo en obtener una percepción de la realidad siendo esta reducida e incompleta.

Esta percepción depende de cada persona o del conjunto de personas como sociedad, y esta se basa en su experiencia, conocimientos previos, etc. Por lo cual, se debe considerar el simple hecho que cada persona es por sí misma compleja y esto repercute directamente en la percepción que tiene del contexto es decir la comprensión de la realidad. Es aquí donde juega un papel importante la modelación computacional y la simulación en este caso la social, permitiendo la posibilidad de nuevas formas de pensar de los problemas sociales que se basan en el surgimiento de comportamientos complejos a partir de actividades simples (Simon, 1996).

En los últimos años la búsqueda intensiva de la verdad absoluta ha sido parte del quehacer científico por muchos siglos, estableciendo una serie de procedimientos rígidos y reglamentados a seguir para poder generar conocimiento validado a través del método científico; Zimmerman et al. (Zimmerman et al., 1998) mencionan que la forma tradicional de causa y efecto que asume una visión lineal, en la cual los resultados de un sistema son proporcionales a las aportaciones, se está viendo revolucionada en los últimos años, con el surgimiento de las ciencias de la complejidad, una corriente de pensamiento para generar conocimiento, que busca repensar el quehacer científico (Alarcón-Chairez, 2017) y que da una nueva visión de los sistemas que hasta ahora han sido parcialmente entendido por la ciencia tradicional.

## **2. MODELADO COMPUTACIONAL**

La ciencia computacional relativamente reciente es una disciplina emergente en el cual se incluyen algoritmos, programación, principios, métodos y matemáticas aplicadas. Ahora bien, entendiendo esto como base el modelado computacional es una implementación computacional para dar solución científica a un problema donde su formulación matemática ha sido formulada. Para esto es necesario aplicar ciencias computacionales que permitan enfocarse al razonamiento acerca de los problemas siempre cuando un razonamiento computacional que involucre los resultados y la visualización sean requeridos (Garrido, 2012).

Es importante tener presente que el modelo computacional requiere de un alto rendimiento

de cómputo con el fin de solucionar problemas complejos.

El modelado computacional ayuda a resolver el entender observaciones con anticipación de eventos del futuro, en otras palabras, nos permite ir formando un banco de pruebas para tener ideas para la solución a problemas o eventos del futuro. El modelado computacional permite extraer valor de la información tratada incluyendo información de comportamientos del fenómeno o problema de estudios (Calder et al., 2018).

En los últimos años gracias al avance en el cómputo ha permitido tener mayor procesamiento de información en los modelos, se puede crear nuevos tipos de modelos computacionales que permiten una abstracción significativa del mundo real. Ya que estos modelos pueden tener un nivel de detalle avanzado (Garrido, 2012).

Por lo tanto, el modelado computacional permite hacer referencia al uso de simulaciones o estudios complejos de sistemas que siguen una gran cantidad de variables de estudio para poder llegar a una cierta conclusión o bien estudiar diferentes casos que se llevan a cabo con diferentes variables en su entorno. Estas mismas simulaciones se realizan ajustando sus diversas variables ya sea el caso de estudio que se realice. Estos modelos al ser simulados pueden ser ajustables y puede experimentar con distintas variables que se encuentren en el entorno, cambiar sus parámetros para poder medir o analizar su comportamiento bajo distintos escenarios.

El modelar y simular los fenómenos sociales que involucran a individuos en contextos sociales en forma general y específicos es de gran importancia para conocer comportamientos emergentes que permiten la toma de decisiones adecuada en contexto de trabajo, escuela, hogar etc. Algo muy interesante de simular a individuos es que se puede permitir analizar al individuo como detentador de normas y reglas sociales y como este puede aplicar de forma automática-heurística o de forma deliberada, con la idea de cómo los seres humanos pueden seguir normas sociales (Bicchieri, 2006).

A pesar de los prototipos de modelos que son propuestos para dicha labor, entre ellos destacan varias características que comparten los modelos por ejemplo los individuos que interactúan pueden ser representados por agentes autónomos, heterogéneos, proactivos, con la interacción entre ellos. Por ejemplo, estos modelos función básicamente con medir las interacciones entre los agentes y el ambiente donde se encuentran y que es uno de los modelos que se siguen usando en algunos estudios de investigación del entorno este tipo de modelado se basa en la modelación basada en agentes (García y Zamareño, 2011).

Gracias a este tipo de modelos se puede analizar la interacción y estudiar la interacción social en diferentes entornos o con diferentes variables proporcionado un sinfín de posibilidades y de teorías con dichos resultados de interacción social y comportamiento.

Además de ello se puede estudiar otros fenómenos complejos como lo son la difusión de opiniones, movimientos sociales, actitudes ante cambios del entorno, influencia de medios de comunicación, toma de decisiones. etc.

### **3. LA IMPORTANCIA DE MODELAR**

El modelar permite dar respuestas a lo que aún no pasa, de cierta manera se puede adelantar al futuro sin necesidad de esperar hasta que este llegue de forma cronológica. El modelar ayuda a visualizar, predecir, optimizar, regular y controlar sistemas complejos. El modelado computacional permite cambiar la forma de cómo se interactúa en nuestro mundo, inclusive puede permitir nuevas formas de vivir o trabajar.

Es importante para el modelado saber aplicarlo de la forma correcta, ya que esto puede repercutir en una limitada y deficiente abstracción de la realidad y el resultado pudiera ser lo opuesto. Los interesados deben de aplicar el modelado de forma correcta, que permita realmente representar lo que se pretende del mundo real, por lo cual se debe ser autocrítico, es decir se debe de hacer conciencia que es posible modelar, para que, cual es el objetivo, etc. Es decir, no es solo modelar sin una buena argumentación o justificación. Entonces el tener conciencia de saber que modelar es importante de cómo y cuándo se pueden usar los modelos de forma confiable.

El modelado no implica trabajo solo para el modelador, debe de ser un trabajo en equipo de todos los interesados, es decir para que todos entiendan que se está modelando. El crear un modelo necesita de una base técnica sólida en su desarrollo. Por ejemplo, el modelado computacional alcanza dominios importantes inclusive más allá de las ciencias físicas y de la ingeniería, los modelos se utilizan para nuevos propósitos ya que su complejidad significa tener propiedades diferentes a los modelos basados en métodos de análisis tradicionales (Calder et al., 2018). El modelar implica que se tiene un mayor potencial para un uso, pero se debe ser profesional y que este uso no sea indebido o engañoso respecto a lo que el modelo da como resultados, se deben de crear modelos sólidos que arrojan información fidedigna y confiable.

El modelar puede ser simple dependiendo del grado del dominio de la abstracción que se queda realizar, ya decía la frase Einstein (Einstein, 2019) “Todo debería hacerse tan simple como sea posible, pero no más que eso”

### **4. TIPOS Y TÉCNICAS DE MODELADO COMPUTACIONAL**

El modelado no solo implica hacer la abstracción de la realidad, sino que es importante también entender en los modelos saber para qué son útiles se deben de entender desde su interior, desde su composición básica. El entendimiento de estos depende de saber para qué fueron creados o para que se van a crear, es importante conocer el objetivo de los mismos, comprender claramente su función.

Tipos modelado computacional. En contexto del modelado computacional se pueden encontrar distintos tipos de marcos de referencia que profundizan los requerimientos de los distintos tipos de modelos respecto a su análisis, juicios y posibles escalas adaptadas.

Por lo cual, estos marcos pueden ser de análisis, por ejemplo, marco geográfico como su nombre lo dice en donde se pueden evaluar las relaciones o interacciones espaciales y topológicas. Otro tipo puede basarse es un marco de temporalidad, es decir que se espera o aborda la incertidumbre o certidumbre en el tiempo, como los pronósticos del tiempo, clima, etc. Otro tipo de marco es aquel basado en marco físico que evalúe la correlación de los agentes que interactúan, es decir los agentes correlacionados en un ecosistema. Otro marco puede ser en un marco seguridad en donde se pudiera modelar el comportamiento de la personas autorizadas y no autorizadas para acceder a instalaciones físicas o digitales, Otro marco puede ser respecto a la privacidad. Autenticación de información, identificación de personas etc. Otro puede ser el marco legal obligaciones, permisos, responsabilidades. Otro marco es el social, las relaciones humanas, la comunicación, la interacción en ambientes físicos etc. Otro marco puede ser el económico para simular el consumo de recursos, aspectos cuantitativos, en un país región etc. Un marco muy interesante es aquel de la incertidumbre, donde se quiere conocer cuáles son los límites aceptables de incertidumbre para que aspectos del sistema, como se cuantifican y cualifican entre sí estos límites. Y por último puede ser un marco respecto a fallas es decir la relación entre los agentes que pueden fallar u operar de forma incorrecta (Calder et al., 2018). La modelación computacional no solo se basa de los marcos de referencia sino también de las técnicas de modelado para el análisis de la información respecto a su comprensión, entendimiento para su posterior explicación. Por lo tanto, existen distintos tipos de modelos respecto a lo que se quiere determinar y observar, tales como modelos (Calder et al., 2018): Determinísticos, Modelos No Determinísticos, Modelos Estáticos, Modelos Discretos, Modelos Dinámicos, Modelos Estocásticos, Modelos Continuos, Modelos Basados en Individuos, Modelos de población, Modelos Lógicos, Modelos de Procesos algebraicos y autómatas, Modelos Caja negra, y Modelos basados en agentes (Wooldridge, 2009).

## **5. TIPOS Y TÉCNICAS DE MODELADO COMPUTACIONAL**

Como se puede analizar existen una gran variedad de distintos modelos que permiten tener una amplio universo de análisis, respecto a lo que se quiere modelar, por lo tanto la aplicación del modelado computacional, prácticamente puede estar en todas partes, podemos representar un sin fin de escenarios del mundo real por medio de modelos, inclusive se pueden mezclar algunas técnicas de modelados, lo que permitirá tener nuevos modelos híbridos para dar respuesta a investigaciones con características propias o particulares.

La aplicación del modelo computacional es muy amplia y puede ir desde el entendimiento actual del fenómeno o caso de estudio como un todo o entender cada una de sus partes. El modelado computacional permite realizar la predicción y pronóstico, de posibles escenarios bajo distintas circunstancias, inclusive la posibilidad de explicar futuros escenarios reales e hipotéticos con el fin de tener distintas alternativas, para su análisis y que permita tomar

decisiones en tiempo y forma. Otra aplicación del modelado computacional es entender teorías generadas a partir de hechos o realidades o simplemente para comprender y validar su veracidad.

Por otra parte, también permite la visualización es decir relacionar con una idea o situación específica, y la claridad de la ilustración es de suma importancia, para ayudar a las personas a ver las interacciones y a visualizar los comportamientos emergentes derivados de las interacciones de los agentes involucrados de manera particular y también poder visualizar los comportamientos del sistema como un todo, asimismo permite por ejemplo ayudar a las personas a ver las interacciones (posiblemente complejas) en el trabajo.

El modelado permite realizar analogías, permite comprender información nueva de cierta manera de establecer los elementos de una nueva información con aquellos elementos que se encuentran preestablecidos inclusive en la memoria (Lawson, 1993). Por lo tanto, las analogías que se logran en el modelado permiten tener una comparativa del mundo real versus el mundo simulado, permitiendo de forma inductiva una argumentación que es contrastada entre los dos mundos emergiendo un análisis más detallado del fenómeno de estudio desde distintas perspectivas.

## **6. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN**

El modelo computacional y la simulación social facilitan una mejor comprensión del mundo y su comportamiento, inclusive en entornos donde exista alta incertidumbre lo que los vuelve complejos, inclusive permite comprender hacia el futuro. Ayudan a entender cambios grupales e individuales, así como las variables del entorno que los afectan. También abordan estudios complejos manipulando el tiempo y recopilando datos valiosos, como los comportamientos humanos y psicológicos en distintos contextos. La simulación tiene un gran potencial en la toma de decisiones, gracias a la implementación de nuevos métodos y el manejo eficiente de variables, permitiendo modelos más complejos y experimentaciones avanzadas.

Es importante recalcar que el diseño de modelos requiere un enfoque transdisciplinario, integrando especialistas de diversas áreas para abordar problemas globales complejos. La transdisciplinariedad, apoyada por la simulación y esta es clave para generar soluciones viables a desafíos globales, proporcionando una visión holística que trasciende disciplinas (Nicolescu, 2002). La resolución de problemas complejos implica manejar estados dinámicos, objetivos previstos y barreras que cambian con el tiempo. La simulación, al manipular el tiempo, permite comprender estas dinámicas, favoreciendo interacciones eficientes entre agentes y condiciones situacionales, utilizando recursos cognitivos, emocionales y sociales (Frensch y Funke, 1995).

Es importante considerar que existe un mundo muy prometedor en modelado computacional y la simulación social estas permitirán más a detalle y en distintos niveles estudiar todos los contextos de todos los campos bajo distintas circunstancias, esto beneficiará a muchas áreas y varias disciplinas en muchos aspectos, pero sobre todo ayudar a la solución de problemas complejos que afectan a la sociedad en distintos niveles, mejorando la calidad de vida de los involucrados. Por lo tanto, solo queda continuar y ser partícipes de esta nueva evolución de modelado computacional y simulación social en pro de comprender y abordar la complejidad que esta presente en nuestros entornos de interacción.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y a la Universidad Autónoma de Baja California por todo el apoyo otorgado para realizar esta investigación.

# REFERENCIAS

- Alarcón-Cháires, P. (2017). Epistemologías otras. Distribución mundial.
- Bicchieri., C. 2006. The Grammar of Society: The Nature and Dynamics of Social Norms. Cambridge University Press.
- Calder., M. et al. (2018). Computational modelling for decision-making: where, why, what, who and how. R.Soc.opensci:5:172096
- Einstein, A. (2019). Albert Einstein. Frase de famosos. <https://citas.in/frases/64107-albert-einstein-todo-deberia-hacerse-tan-simple-como-sea-posible/> “.
- Frensch., P., y Funke., J. (1995). Complex Problem Solving: The European Perspective. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- García., M., y Zamarreño., J. (2011). Modelado basado en agentes. Conference: XXXII Jornadas de Automática.
- Garrido., J.M. ( 2012). Introduction to Elementary Computational Modeling. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Holland., J., H. (2007). El orden oculto. De cómo la adaptación crea la complejidad. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- Lawson, A. E. (1993). The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue”, en Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), pp. 1213-1214.
- básica y media. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 2, e2401
- Nicolescu, B. (2002) Manifesto of Transdisciplinarity, SUNY Series in Western Esoteric Traditions. State University of New York Press, Albany.
- Nigel., G. y Klaus.,G. ( 2005). Simulation for the Social Scientist. Open University.
- NIH Instituto Nacional de Bioingeniería e Imágenes Biomédicas (2020). Modelado Computacional.
- Poile. C. y , Safayeni., F. (2016). Using Computational Modeling for Building
- Theory: A Double Edged Sword. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 19(3) 8.
- Simon, H. A. (1996) The sciences of the artificial. MIT Press, Cambridge, MA, London.
- Wooldridge., M. (2009). An Introduction to MultiAgent Systems. Wiley.
- Zeigler, B. P. (1985) Theory of Modelling and Simulation. Krieger, Malabar. Wiley, New York.
- Zimmerman, B., Lindberg, C. y Plsek, P. (1998). Edgeware: Lessons from complexity
- science for health care leaders.