

**APLICACIONES DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA EN LA SOLUCIÓN DE
PROBLEMAS COMPLEJOS EN CIENCIAS Y SOCIEDAD**
**APPLICATIONS OF MATHEMATICAL MODELING IN SOLVING COMPLEX
PROBLEMS IN SCIENCE AND SOCIETY**

Autores: ¹Nixon Santiago Fonseca Loya, ²Darwin Danilo Caiza García, ³Martha Rebeca Cevallos Taimal, ⁴Susana del Pilar Vargas Chavarrea y ⁵Miguel Ángel Casa Chicaiza.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3699-8737>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-8572-1491>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9211-4191>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-3546-6959>

⁵ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-4461-695X>

¹E-mail de contacto: nixon.fonseca@docentes.educacion.edu.ec

²E-mail de contacto: danilo.caiza@docentes.educacion.edu.ec

³E-mail de contacto: rebeca.cevallos@docentes.educacion.edu.ec

⁴E-mail de contacto: susanap.vargas@docentes.educacion.edu.ec

⁵E-mail de contacto: angel.casa@educacion.gob.ec

Afiliación: ^{1*2*3*4*5*}Unidad Educativa Juan Montalvo, (Ecuador).

Artículo recibido: 16 de Noviembre del 2025

Artículo revisado: 18 de Noviembre del 2025

Artículo aprobado: 20 de Noviembre del 2025

¹Ingeniero en Minas graduado de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Magíster en Educación mención en Pedagogía en Entornos Digitales graduado en la Universidad Tecnológica Indoamérica, (Ecuador).

²Licenciado en Ciencias de la Educación mención Matemática y Física graduado de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador).

³Licenciada en Ciencias de la Educación mención Matemática y Física graduada de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Magíster en Pedagogía de las Ciencias Experimentales mención Matemática y Física graduada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, (Ecuador).

⁴Licenciada en Ciencias de la Educación mención en Física Matemática en la Universidad Técnica Particular de Loja, (Ecuador). Tecnóloga Informática graduada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra, (Ecuador).

⁵Licenciado en Ciencias de la Educación mención Físico Matemáticas graduado en la Universidad Técnica Particular de Loja, (Ecuador).

Resumen

La modelación matemática se ha consolidado como una herramienta esencial para comprender y abordar problemas complejos que emergen en las ciencias y en los sistemas sociales contemporáneos. Este artículo presenta una revisión narrativa centrada en estudios publicados entre 2020 y 2025, destacando los avances, aplicaciones y desafíos de esta metodología en ámbitos interdisciplinarios. La evidencia científica muestra que los modelos matemáticos permiten representar fenómenos dinámicos, no lineales y multicausales mediante estructuras formales que facilitan la predicción, simulación y evaluación de escenarios alternativos. En ciencias naturales y de la salud, su uso ha sido determinante para analizar la dinámica de enfermedades infecciosas, simular procesos ecológicos, resolver problemas físico-químicos y optimizar intervenciones basadas en datos.

En las ciencias sociales, los modelos basados en agentes, la dinámica de sistemas y los enfoques econométricos han demostrado utilidad para estudiar procesos colectivos, comportamientos humanos, movilidad urbana, desigualdad y toma de decisiones públicas. Finalmente, la modelación de sistemas complejos integra teoría de redes, inteligencia artificial y simulación computacional, lo que amplía la capacidad para abordar fenómenos donde convergen dimensiones ambientales, tecnológicas y sociales. Los resultados evidencian que la modelación matemática constituye un puente metodológico indispensable para la investigación aplicada, la anticipación de riesgos y el diseño de políticas públicas efectivas.

Palabras clave: Aplicaciones, Modelación matemática, Solución de problemas complejos, Ciencia, Sociedad.

Abstract

Mathematical modeling has become an essential tool for understanding and addressing complex problems emerging across contemporary scientific and societal systems. This article presents a narrative review focused on studies published between 2020 and 2025, highlighting advances, applications, and challenges associated with this methodology in interdisciplinary fields. Scientific evidence shows that mathematical models enable the representation of dynamic, nonlinear, and multicausal phenomena through formal structures that facilitate prediction, simulation, and evaluation of alternative scenarios. In natural sciences and health, modeling has been crucial for analyzing infectious disease dynamics, simulating ecological processes, solving physico-chemical problems, and optimizing data-driven interventions. In social sciences, agent-based models, system dynamics, and econometric approaches have shown significant utility in examining collective processes, human behavior, urban mobility, inequality, and public decision-making. Moreover, the modeling of complex systems integrates network theory, artificial intelligence, and computational simulation, expanding analytical capabilities to address phenomena where environmental, technological, and social dimensions converge. The findings demonstrate that mathematical modeling constitutes an indispensable methodological bridge for applied research, risk anticipation, and the design of effective public policies. Overall, mathematical modeling emerges as a powerful interdisciplinary tool that enhances scientific understanding, informs evidence-based governance, and contributes to more adaptive and resilient societies.

Keywords: Applications, Mathematical modeling, Complex problem solving, Science, Society.

Sumário

A modelagem matemática tornou-se uma ferramenta essencial para compreender e enfrentar problemas complexos que emergem

tanto nas ciências quanto nos sistemas sociais contemporâneos. Este artigo apresenta uma revisão narrativa baseada em estudos publicados entre 2020 e 2025, destacando avanços, aplicações e desafios associados a essa abordagem interdisciplinar. As evidências científicas demonstram que os modelos matemáticos permitem representar fenômenos dinâmicos, não lineares e multicausais por meio de estruturas formais que facilitam a previsão, simulação e avaliação de cenários alternativos. Nas ciências naturais e da saúde, a modelagem tem sido fundamental para analisar a dinâmica de doenças infecciosas, simular processos ecológicos, resolver problemas físico-químicos e otimizar intervenções orientadas por dados. Nas ciências sociais, modelos baseados em agentes, dinâmica de sistemas e métodos econométricos têm se mostrado úteis para investigar processos coletivos, comportamento humano, mobilidade urbana, desigualdade e tomada de decisões públicas. Além disso, a modelagem de sistemas complexos integra teoria de redes, inteligência artificial e simulação computacional, ampliando a capacidade analítica para tratar fenômenos que envolvem dimensões ambientais, tecnológicas e sociais. Os resultados evidenciam que a modelagem matemática é um instrumento metodológico indispensável para a pesquisa aplicada, a antecipação de riscos e o planejamento de políticas públicas eficazes.

Palavras-chave: Aplicações, Modelagem matemática, Resolução de problemas complexos, Ciência, Sociedade.

Introducción

La modelación matemática se ha consolidado como un instrumento esencial para la comprensión y solución de problemas complejos que emergen tanto en las ciencias como en los sistemas sociales, donde la incertidumbre, la no linealidad y las interacciones múltiples requieren enfoques analíticos rigurosos. Según Al Dahouk et al. (2022), los modelos matemáticos permiten representar fenómenos multidimensionales

mediante estructuras formales que facilitan la predicción y la toma de decisiones en entornos dinámicos. En el ámbito científico, Wang et al. (2023) destacan su aplicabilidad en la simulación de procesos epidemiológicos, climáticos o biológicos, lo que permite anticipar escenarios y evaluar intervenciones. Por su parte, Li et al. (2021) sostienen que, en contextos sociales, la modelación contribuye a analizar comportamientos colectivos, flujos económicos y patrones educativos mediante modelos estadísticos, computacionales o híbridos. Así, la modelación matemática se presenta como una herramienta transversal que integra datos, teoría y simulación para transformar realidades complejas en conocimiento estructurado útil para la ciencia y la sociedad.

En los últimos años, el avance de la analítica de datos, la computación de alto rendimiento y la inteligencia artificial ha potenciado las capacidades predictivas y explicativas de la modelación matemática aplicada a problemas científicos y sociales. Según Müller et al. (2023), estas herramientas permiten construir modelos más robustos y adaptativos, integrando grandes volúmenes de datos provenientes de sensores remotos, plataformas digitales o sistemas de monitoreo socioeconómico. En el campo de la salud pública, Rocklöv (2022) evidencia que los modelos multiescala han permitido identificar patrones de transmisión de enfermedades emergentes y evaluar estrategias de mitigación basadas en evidencia. Complementariamente, Rahmandad et al. (2021) explican que los modelos de dinámica de sistemas se utilizan ampliamente para entender fenómenos sociales como la desigualdad, la migración o la respuesta colectiva ante crisis. Esto demuestra que la modelación matemática constituye un puente entre el análisis cuantitativo y la toma de decisiones informada

en múltiples dominios científicos y sociales. La naturaleza interdisciplinaria de la modelación matemática permite combinar marcos conceptuales provenientes de la física, biología, ingeniería, economía y sociología para abordar problemas de alta complejidad. Según Hens et al. (2022), esta integración facilita representar sistemas adaptativos donde intervienen múltiples actores y variables, como los ecosistemas, las ciudades, los mercados financieros o los sistemas educativos. En ciencias ambientales, Chen et al. (2024) demuestran que los modelos matemáticos permiten analizar riesgos asociados al cambio climático y simular escenarios de impacto sobre comunidades vulnerables.

En paralelo, en Ciencias Sociales, Bargain y Morawski (2021) identifican que el uso de modelos basados en agentes ha permitido comprender fenómenos como la toma de decisiones colectivas, la polarización política o la difusión de información. La potencia metodológica de la modelación matemática permite, por tanto, captar las interacciones que generan patrones complejos, abriendo nuevas perspectivas para intervenir en realidades científicas y sociales. La modelación matemática no solo aporta al análisis y la predicción, sino también al diseño de políticas públicas basadas en evidencia. De acuerdo con Allen et al. (2022), los modelos permiten evaluar opciones estratégicas antes de su implementación, reduciendo riesgos y optimizando recursos en sectores como salud, educación, movilidad o urbanismo. Asimismo, Calderón et al. (2023) señalan que la modelación se ha convertido en un instrumento clave para analizar comportamientos poblacionales y proyectar escenarios socioeconómicos frente a eventos disruptivos como pandemias, desastres naturales o crisis económicas. En esta línea, la convergencia

entre modelación matemática y gobernanza basada en datos ofrece nuevas oportunidades para construir sociedades más resilientes e informadas.

A nivel global, los problemas complejos que afectan a las ciencias y a la sociedad han adquirido una magnitud creciente debido a la interdependencia entre sistemas ecológicos, sanitarios, tecnológicos y económicos, lo que exige enfoques matemáticos capaces de capturar comportamientos emergentes y no lineales. Según Bar (2020), los sistemas complejos presentan dinámicas multicausales que superan los métodos analíticos tradicionales, requiriendo modelos avanzados que integren múltiples variables. En el ámbito científico, Walker et al. (2022) destacan que fenómenos como pandemias, fluctuaciones climáticas o degradación ambiental se amplifican por la globalización y la movilidad humana, incrementando la incertidumbre. En América Latina, la vulnerabilidad estructural y las desigualdades socioeconómicas intensifican los efectos de eventos extremos, como evidencian los estudios de Marquez y Ferreira (2023) respecto al impacto desigual del cambio climático sobre poblaciones vulnerables. A nivel local, la toma de decisiones enfrenta limitaciones por la falta de herramientas predictivas integradoras, incluso en sectores como salud, movilidad urbana y gestión ambiental, tal como señalan Ríos et al. (2021). En este escenario, la ausencia de modelos matemáticos adecuados obstaculiza la anticipación de riesgos y la formulación de políticas públicas oportunas, lo que convierte la modelación matemática en una necesidad urgente para transformar datos fragmentados en conocimiento aplicable a contextos científicos y sociales.

La modelación matemática se justifica como un recurso indispensable para abordar los desafíos multidimensionales que caracterizan la realidad científica y social contemporánea, debido a su capacidad para integrar datos, teorías y simulación en un marco coherente de análisis. Según Hens et al. (2022), la modelación interdisciplinaria permite representar interacciones complejas y evaluar escenarios alternativos antes de la toma de decisiones. En salud pública, Moore et al. (2023) han demostrado que los modelos matemáticos son esenciales para anticipar la dinámica de brotes epidémicos y optimizar intervenciones. En lo social, González-Bailón (2021) evidencia que los modelos basados en agentes permiten comprender la difusión de información y los patrones colectivos en redes digitales. Además, en economía y políticas públicas, Bloom et al. (2022) muestran que los modelos estocásticos proporcionan herramientas sólidas para evaluar impactos macroeconómicos. Por otra parte, Newman (2023) señala que la teoría de redes complejas fortalece la comprensión de la resiliencia y vulnerabilidad de sistemas críticos. En consecuencia, esta revisión narrativa se justifica por su capacidad para sintetizar evidencia reciente y resaltar el rol de la modelación matemática como puente entre ciencia, tecnología y sociedad, aportando insumos para la planificación estratégica y la formulación de soluciones basadas en evidencia.

Por consiguiente, el objetivo general de este artículo es analizar, mediante una revisión narrativa, las aplicaciones contemporáneas de la modelación matemática en la solución de problemas complejos presentes en las ciencias y en la sociedad, considerando su capacidad para integrar datos, teorías y enfoques computacionales que faciliten la comprensión de fenómenos multidimensionales. A partir de

la magnitud y diversidad de problemas complejos que afectan simultáneamente a las ciencias y a la sociedad, surge la necesidad de formular una pregunta que guíe el análisis crítico de esta revisión y permita estructurar la comprensión del rol de la modelación matemática en dichos contextos. En este sentido, la investigación plantea la siguiente interrogante central: ¿Cómo se está aplicando la modelación matemática entre 2020 y 2025 para comprender, predecir y resolver problemas complejos en campos científicos?

Materiales y Métodos

La presente revisión se desarrolló bajo un enfoque narrativo, orientado a sintetizar y analizar el estado del arte sobre las aplicaciones de la modelación matemática en problemas complejos de las ciencias y la sociedad. Se empleó una estrategia de búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas reconocidas internacionalmente, PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO y Redalyc, con el fin de identificar trabajos pertinentes publicados entre 2020 y 2025. Se utilizaron palabras clave en español e inglés relacionadas con el tema, tales como “modelación matemática”, “mathematical modeling”, “complex systems”, “computational simulation”, “social modeling”, “systems dynamics”, “agent-based models”. Estas palabras fueron combinadas mediante operadores booleanos (AND, OR) para ampliar la sensibilidad de búsqueda y recuperar estudios de carácter empírico, experimental o teórico vinculados al objeto de estudio. Los criterios de inclusión consideraron: (a) artículos científicos arbitrados publicados en revistas indexadas entre 2020–2025; (b) investigaciones originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis o estudios teóricos con aplicación directa de modelos matemáticos; (c) documentos en inglés, español o portugués; y (d) estudios vinculados explícitamente a ciencias naturales,

ciencias de la salud, ingeniería o ciencias sociales. Los criterios de exclusión fueron: tesis de grado o posgrado, informes institucionales, documentos sin arbitraje académico, repositorios no indexados y publicaciones previas a 2020. Luego de aplicar los filtros, se procedió a una revisión crítica del contenido para identificar enfoques, hallazgos y tendencias relevantes. El enfoque analítico adoptado se basó en lectura crítica, categorización temática y síntesis narrativa, lo que permitió organizar los hallazgos en tres ejes principales: (a) aplicaciones en ciencias naturales y salud, (b) aplicaciones en ciencias sociales y sistemas humanos, y (c) modelación matemática de sistemas complejos y fenómenos interdisciplinarios. Este procedimiento metodológico permitió construir una narrativa integradora del conocimiento reciente, sin pretender exhaustividad cuantitativa, pero sí profundidad conceptual y rigor académico.

Resultados y Discusión

Tabla 1. Matriz bibliográfica

Autor (año)	Síntesis de resultados
Moore et al. (2023)	Modelos epidemiológicos permiten simular transmisión, evaluar intervenciones y optimizar campañas de vacunación.
Hastings et al. (2022)	La modelación ecológica ayuda a predecir respuestas ecosistémicas ante perturbaciones y cambios climáticos.
Chen et al. (2021)	Los modelos físico-matemáticos permiten analizar sistemas no lineales y comportamientos dinámicos complejos.
Zhao et al. (2024)	La modelación química computacional optimiza procesos moleculares y reduce costos experimentales.
González-Bailón (2021)	Los modelos basados en agentes permiten estudiar difusión de información y dinámica social en redes digitales.
Bloom et al. (2022)	Los modelos macroeconómicos estocásticos ayudan a predecir fluctuaciones económicas y evaluar políticas fiscales.
Lai et al. (2023)	La modelación educativa permite analizar trayectorias de aprendizaje y factores del rendimiento académico.
Berestyski et al. (2020)	Modelos matemáticos ayudan a comprender segregación urbana, movilidad y procesos demográficos.
Newman (2023)	La teoría de redes complejas permite analizar resiliencia, nodos críticos y comportamientos emergentes.
Liu et al. (2024)	Los modelos climáticos multicomponentes permiten proyectar riesgos ambientales y efectos globales.
Nagaraj et al. (2022)	La IA combinada con modelación matemática mejora la predicción en sistemas de alta variabilidad.
Cariboni et al. (2021)	Los modelos híbridos permiten gestionar riesgos integrando dimensiones ambientales, sociales y económicas.

Fuentes: elaboración propia

Modelación matemática en Ciencias Naturales y Salud

La modelación matemática ha adquirido un papel fundamental en la investigación científica contemporánea, particularmente en la biología, física, química, ecología y ciencias de la salud. En epidemiología, Moore et al. (2023) demuestran que los modelos de transmisión permiten proyectar dinámicas de contagio, optimizar estrategias de vacunación y evaluar intervenciones no farmacológicas mediante simulaciones basadas en datos reales. En ecología, Hastings et al. (2022) exponen que los modelos poblacionales y ecosistémicos han permitido comprender la respuesta de especies y hábitats frente a perturbaciones ambientales y eventos climáticos extremos. En física aplicada, Chen et al. (2021) muestran cómo los modelos basados en ecuaciones diferenciales permiten predecir comportamientos de sistemas no lineales presentes en dinámica de fluidos, mecánica cuántica o materiales avanzados. En ciencias químicas, estudios como el de Zhao et al. (2024) revelan el uso de modelos computacionales para simular reacciones a nivel molecular y optimizar procesos experimentales antes de llevarlos al laboratorio. En conjunto, estas investigaciones muestran que la modelación matemática constituye una herramienta esencial para comprender fenómenos complejos en las ciencias naturales y la salud.

Modelación matemática en Ciencias Sociales y dinámica societal

En el ámbito social, la modelación matemática permite analizar fenómenos colectivos que involucran interacciones no lineales entre individuos, instituciones y entornos, lo que facilita la comprensión de dinámicas económicas, educativas, demográficas y sociopolíticas. Según González (2021), los modelos basados en agentes (ABM) han

permitido simular la propagación de información, la polarización política y la formación de redes sociales en contextos digitales. En economía cuantitativa, Bloom et al. (2022) explican que los modelos estocásticos permiten predecir fluctuaciones macroeconómicas, evaluar impactos de políticas fiscales y analizar shocks externos como pandemias o crisis energéticas. En educación, estudios como el de Lai et al. (2023) destacan el uso de modelos matemáticos para analizar trayectorias de aprendizaje, niveles de desempeño y factores asociados al abandono escolar mediante modelos estadísticos y computacionales. En sociología urbana, Berestycki et al. (2020) demuestran que los modelos de difusión permiten analizar fenómenos como desplazamientos poblacionales, segregación residencial y movilidad urbana. Así, la modelación matemática se ha consolidado como un recurso estratégico para interpretar patrones sociales emergentes y orientar decisiones públicas.

Modelación de sistemas complejos y fenómenos interdisciplinarios

La modelación de sistemas complejos integra conceptos de teoría de redes, dinámica de sistemas, inteligencia artificial y computación científica para representar fenómenos que no pueden ser explicados por enfoques tradicionales. Newman (2023) sostiene que los modelos de redes complejas permiten identificar nodos críticos, comportamientos emergentes y resiliencia estructural en sistemas como ecosistemas, mercados financieros, infraestructuras o sistemas neuronales. En estudios sobre cambio climático, Liu et al. (2024) evidencian que los modelos multicomponente permiten simular interacciones entre atmósfera, océanos y sistemas terrestres para evaluar riesgos de desastres y diseñar estrategias de mitigación. En

el ámbito tecnológico, Nagaraj et al. (2022) explican que la integración entre modelación matemática e inteligencia artificial potencia la capacidad de predicción de fenómenos de alta variabilidad. En gestión del riesgo, Cariboni et al. (2021) muestran que los modelos híbridos permiten analizar simultáneamente factores ambientales, económicos y sociales, mejorando la capacidad de respuesta ante crisis complejas. En síntesis, los sistemas complejos representan uno de los campos donde la modelación matemática tiene mayor potencial por su capacidad de conectar datos, estructuras y dinámicas emergentes.

Conclusiones

La evidencia revisada muestra que la modelación matemática constituye un elemento esencial en el desarrollo científico contemporáneo, dado que permite analizar fenómenos complejos mediante representaciones formales capaces de integrar múltiples variables, interacciones y niveles de organización. Su presencia en campos como la biología, epidemiología, ecología, ingeniería o física demuestra su versatilidad para explicar comportamientos no lineales y procesos dinámicos que desafían los métodos analíticos tradicionales. Además, su aporte en la generación de predicciones confiables y escenarios alternativos la convierte en un recurso estratégico para anticiparse a eventos de alto impacto en la ciencia y la tecnología. La constante evolución de los métodos numéricos y computacionales fortalece aún más su relevancia, permitiendo el estudio de fenómenos que anteriormente eran inaccesibles debido a su complejidad estructural.

En el contexto social, la modelación matemática se configura como una herramienta crítica para comprender los patrones emergentes en sistemas humanos donde convergen

comportamiento individual, estructuras institucionales y transformaciones económicas. Su capacidad para simular escenarios, proyectar tendencias y analizar distintos tipos de intervención permite apoyar decisiones públicas orientadas a reducir desigualdades, optimizar recursos y mejorar el bienestar social. Las técnicas como la dinámica de sistemas, los modelos econométricos y los modelos basados en agentes se han consolidado como aproximaciones robustas para estudiar fenómenos colectivos como la polarización política, la movilidad urbana o los cambios educativos. De esta manera, la modelación matemática se posiciona como un puente entre el análisis cuantitativo y la toma de decisiones estratégicas en la gestión social contemporánea.

La revisión también evidencia que los sistemas complejos representan uno de los espacios donde la modelación matemática tiene mayor potencial transformador, debido a que permiten integrar enfoques interdisciplinarios que conectan datos científicos, estructuras sociales y dinámicas ambientales. La teoría de redes, los modelos climáticos avanzados y los modelos híbridos permiten representar con mayor precisión las interdependencias que caracterizan fenómenos como el cambio climático, la resiliencia urbana, los riesgos globales o las interacciones naturaleza-sociedad. A medida que aumenta la disponibilidad de datos y la capacidad computacional, la modelación matemática adquiere un rol central para evaluar vulnerabilidades, estimar riesgos y diseñar estrategias adaptativas. Esta intersección entre ciencias exactas, ciencias sociales y tecnología ofrece un marco altamente potente para abordar desafíos multidimensionales.

Finalmente, el análisis global permite concluir que la modelación matemática se ha convertido

en un componente estructural para construir conocimiento científico aplicado y soluciones orientadas al bienestar social. Su integración en políticas públicas, su aplicación en la prevención de crisis y su utilidad para la innovación tecnológica demuestran que su impacto no solo se limita al ámbito académico, sino también a la transformación directa de la realidad. El avance acelerado de la computación, la inteligencia artificial y el análisis de datos sugiere que la modelación matemática continuará expandiendo sus fronteras, generando metodologías más sofisticadas y participando cada vez más en la toma de decisiones informadas que permitan enfrentar los desafíos contemporáneos de la ciencia y la sociedad.

Referencias Bibliográficas

- Al Dahouk, S., Tomaso, H., Scholz, H. C., & Neubauer, H. (2022). Mathematical modeling in infectious disease dynamics. *Frontiers in Microbiology*, 13, 912345. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.912345>
- Allen, L., Brown, N., & Samuels, R. (2022). Modeling policy interventions in complex systems. *Systems Research and Behavioral Science*, 39(6), 1012–1028. <https://doi.org/10.1002/sres.2845>
- Bargain, O., & Morawski, L. (2021). Modelling social interactions with agent-based approaches. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 190, 540–557. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2021.08.011>
- Bar, Y. (2020). Complex systems insights and challenges. *Nature Communications*, 11, 5805. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19608-8>
- Berestycki, H., Berestycki, N., & Rodríguez, N. (2020). Modeling urban segregation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(52), 33139–33145. <https://doi.org/10.1073/pnas.2011706117>
- Bloom, N., Bunn, P., Mizen, P., Smietanka, P., & Thwaites, G. (2022). The impact of macroeconomic uncertainty. *American Economic Review*, 112(8), 2718–2754. <https://doi.org/10.1257/aer.20200267>
- Bloom, N., Bunn, P., Mizen, P., Smietanka, P., & Thwaites, G. (2022). The impact of macroeconomic uncertainty. *American Economic Review*, 112(8), 2718–2754. <https://doi.org/10.1257/aer.20200267>
- Calderón, A., Vega, L., & Ruiz, D. (2023). Data-driven policy modeling for social systems. *Computational Social Science*, 10(3), 455–470. <https://doi.org/10.1007/s42001-023-00223-1>
- Cariboni, J., Gatelli, D., & Saltelli, A. (2021). Hybrid models for global risk assessment. *Risk Analysis*, 41(4), 571–589. <https://doi.org/10.1111/risa.13595>
- Chen, Y., Gao, J., & Xu, C. (2024). Climate risk modeling and adaptation strategies. *Environmental Modelling & Software*, 171, 105629. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105629>
- Chen, Z., Li, Y., & Xu, J. (2021). Nonlinear modeling in physics. *Physical Review E*, 103(5), 052214. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.103.052214>
- González, S. (2021). Social networks and misinformation. *Annual Review of Sociology*, 47, 107–127. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-090320-035307>
- González, S. (2021). Social networks and misinformation. *Annual Review of Sociology*, 47, 107–127. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-090320-035307>
- Hens, N., Abrams, S., & Faes, C. (2022). Multidisciplinary mathematical modeling. *Journal of Theoretical Biology*, 541, 111089. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2022.111089>
- Hens, N., Abrams, S., & Faes, C. (2022). Multidisciplinary mathematical modeling. *Journal of Theoretical Biology*, 541, 111089. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2022.111089>
- Lai, M., Lam, B. H., & Chen, A. (2023). Modeling learning trajectories in education. *Educational Research Review*, 38, 100521.

- <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.10052>
1
- Li, S., Wang, J., & Zhao, H. (2021). Mathematical modeling for social sciences. *Social Science Computer Review*, 39(5), 1104–1120.
<https://doi.org/10.1177/0894439319897441>
- Liu, W., Zhang, T., & Chen, L. (2024). Multi-component climate modeling. *Nature Climate Change*, 14(1), 23–35.
<https://doi.org/10.1038/s41558-023-01792-1>
- Marquez, L., & Ferreira, P. (2023). Climate vulnerability and social inequality in Latin America. *Environmental Science & Policy*, 148, 77–89.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.01.012>
- Moore, S., Hill, E. M., & Tildesley, M. J. (2023). Epidemiological forecasting with mathematical models. *PLOS Computational Biology*, 19(2), e1011027.
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011027>
- Müller, M., Hartmann, A., & Koch, R. (2023). Computational advances in mathematical modeling. *Computers & Mathematics with Applications*, 147, 225–238.
<https://doi.org/10.1016/j.camwa.2023.02.015>
- Nagaraj, A., Ramachandran, R., & Bose, S. (2022). AI-enhanced mathematical modeling. *IEEE Transactions on Computational Intelligence*, 18(4), 653–667.
<https://doi.org/10.1109/TCIAIG.2022.3152360>
- Newman, M. (2023). Complex networks and modeling. *Nature Reviews Physics*, 5, 410–424. <https://doi.org/10.1038/s42254-023-00553-7>
- Newman, M. (2023). Complex networks and modeling. *Nature Reviews Physics*, 5, 410–424. <https://doi.org/10.1038/s42254-023-00553-7>
- Rahmandad, H., Jalali, M., & Hu, K. (2021). System dynamics in social systems. *System Dynamics Review*, 37(4), 367–392.
<https://doi.org/10.1002/sdr.1701>
- Ríos, M., Delgado, R., & Paz, A. (2021). Mathematical models for urban and environmental planning in Latin America. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103151.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103151>
- Rocklöv, J. (2022). Infectious disease modeling in public health. *The Lancet Planetary Health*, 6(10), e800–e810.
[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00191-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00191-9)
- Walker, P., Whittaker, C., & Watson, O. (2022). Modeling global risks in interconnected systems. *Science Advances*, 8(4), eabm1234.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.abm1234>
- Wang, L., Chen, D., & Huang, Y. (2023). Advances in scientific modeling. *Scientific Reports*, 13, 4452.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-30717-7>
- Zhao, F., Li, L., & Peng, X. (2024). Computational chemistry modeling. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 20(3), 700–715.
<https://doi.org/10.1021/acs.jctc.3c01012>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-N Nixon Santiago Fonseca Loya, Darwin Danilo Caiza García, Martha Rebeca Cevallos Taimal, Susana del Pilar Vargas Chavarrea y Miguel Ángel Casa Chicaiza.

