



Proyectos ABP

– Agentes y Sistemas MultiAgente –

Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial.
Master en Inteligencia Artificial. Curso 23/24.
Universidad de Alicante

Fidel Aznar Gregori

EL MODELADO BASADO EN AGENTES (ABM) es una técnica de simulación computacional que permite modelar sistemas complejos mediante la definición de agentes autónomos y sus interacciones. En esta asignatura se presenta una serie de proyectos basados en ABM que abarcan diversas áreas de aplicación.

El objetivo de este compendio es ofrecer a los grupos de estudiantes una visión general de los diferentes tipos de sistemas que pueden modelarse con ABM, para que puedan elegir en conjunto el área temática sobre la cual desean realizar un trabajo más detallado.

Los proyectos aquí recogidos ilustran el potencial de esta técnica para investigar fenómenos computacionales, sociales, económicos, biológicos y físicos. Cada grupo podrá seleccionar el proyecto de ABM de un área de interés y construir su propio modelo siguiendo la descripción y los recursos proporcionados.

Los proyectos presentados tienen asociado un nivel de dificultad que solo indica la cantidad de información y ejemplos disponibles para comenzar a trabajar en ellos. Un proyecto de dificultad baja será relativamente sencillo de iniciar, mientras que uno de dificultad alta requerirá una fase más intensa de investigación inicial por parte del grupo.

Es importante destacar que en todo tipo de proyectos se puede alcanzar la máxima nota de la asignatura. Aunque se tendrá en cuenta el esfuerzo adicional que supone arrancar proyectos de mayor dificultad, lo fundamental será la calidad del resultado final obtenido por cada grupo de trabajo.



Índice de Proyectos

I	Trafico y Transporte	7
I.1	Modelo de Tráfico Urbano	7
I.2	Modelo de Redes de Transporte Público	9
I.3	Modelo de Gestión de Tráfico Aéreo	11
I.4	Modelo de Logística y Distribución	13
II	Salud y Medio Ambiente	15
II.1	Modelo de Difusión de Enfermedades	15
II.2	Modelo de Ecosistema Forestal	17
II.3	Modelo de Gestión de Desastres	19
II.4	Modelo de Cambio Climático	21
II.5	Modelo de Sistemas de Salud	23
II.6	Modelo de Gestión del Agua	25
III	Economia y mercados	27
III.1	Modelo de Mercados Financieros	27
III.2	Modelo de Consumo de Energía en una Ciudad	29
III.3	Modelo de Economía Circular	31
III.4	Modelo de Mercado Laboral	33
IV	Sociedad y Comportamiento	35
IV.1	Modelo de Evacuación en Caso de Emergencia	35
IV.2	Modelo de Gestión de Recursos en una Comunidad	37
IV.3	Modelo de Propagación de Rumores o Información en una Red Social ..	39
IV.4	Modelo de Migración de Población	41
IV.5	Modelo de Elecciones Políticas	43
IV.6	Modelo de Difusión de Innovaciones	45

IV.7	Modelo de Evolución de Normas Sociales	47
V	Tecnología y Ciencias de la Computación	49
V.1	Modelo de Interacción entre Predadores y Presas	49
V.2	Modelo de Colaboración y Competencia entre Agentes Autónomos	51
V.3	Modelo de Coordinación en Swarm Robotics	52
V.4	Modelo de Sistemas de Recomendación	54
V.5	Modelo de Simulación de Desarrollo de Software	56
V.6	Modelo de Juegos de Estrategia	58
V.7	Proyecto: Desarrollo y Aplicación de Agentes Autónomos para la Consulta y Resolución de Problemas de IA	60
VI	Ecología y Biología	63
VI.1	Modelo de Sistemas Ecológicos	63
VI.2	Modelo de Coevolución de Plantas y Polinizadores	65
VI.3	Modelo de Biodiversidad en Ecosistemas Marinos	67



I. Trafico y Transporte

I.1 Modelo de Tráfico Urbano

I.1.1 Estado del Arte

Los modelos de tráfico urbano se han convertido en una herramienta esencial para la planificación urbana y el diseño de políticas de transporte¹. Estos modelos tradicionalmente se han basado en estadísticas y algoritmos de optimización para predecir y mejorar el flujo de tráfico en las ciudades. Sin embargo, con el creciente interés en la inteligencia artificial y los sistemas basados en agentes, los modelos de tráfico están evolucionando.

Los modelos basados en agentes se están utilizando cada vez más para simular el tráfico urbano². En estos modelos, cada vehículo o peatón es modelado como un agente individual que toma decisiones basadas en su entorno y sus objetivos. Esto permite una simulación más detallada y realista del tráfico, ya que puede capturar el comportamiento emergente y las interacciones entre los agentes. Estos modelos también pueden utilizarse para evaluar el impacto de diferentes políticas de transporte y para diseñar sistemas de transporte más eficientes.

I.1.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular el tráfico en un entorno urbano, incluyendo tanto vehículos como peatones.
2. Implementar algoritmos de inteligencia artificial que puedan simular la toma de decisiones de los agentes en respuesta a su entorno.
3. Utilizar el modelo para evaluar el impacto de diferentes políticas de transporte.

Objetivos Opcionales:

1. Incorporar datos de tráfico en tiempo real en el modelo para permitir simulaciones más precisas y actualizadas.

¹Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). Modelling transport (Vol. 7). John Wiley & Sons. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119993308>

²Macal, C. M., & North, M. J. (2009). Agent-based modeling and simulation. In Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC) (pp. 86-98). IEEE. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1995456.1995474>

2. Explorar el uso de aprendizaje por refuerzo para mejorar la toma de decisiones de los agentes.
3. Analizar cómo el diseño urbano afecta al flujo de tráfico y usar el modelo para proponer mejoras.

I.1.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **MATSim:** Es una plataforma de simulación de tráfico basada en agentes que permite modelar el comportamiento de los viajeros en entornos urbanos³.
2. **SUMO:** Es un simulador de tráfico de código abierto que permite la simulación de tráfico basada en agentes en una variedad de escenarios urbanos⁴.

I.1.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Sí, existen ejemplos similares de modelado de tráfico urbano en la plataforma GAMA:

- `Urbanization And Traffic Comodel.gaml`
- `Netlogo - Traffic model - 1 road.gaml`
- `Traffic and Pollution.gaml`

Dificultad:

Medio. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y la implementación de algoritmos de inteligencia artificial.

³Horni, A., Nagel, K., & Axhausen, K. W. (2016). The multi-agent transport simulation MATSim. Ubiquity Press. <https://ubiquitypress.com/site/books/e/10.5334/baw/>

⁴Manual de usuario de SUMO: <https://sumo.dlr.de/docs/>

I.2 Modelo de Redes de Transporte Público

I.2.1 Estado del Arte

Las redes de transporte público son sistemas complejos que requieren una gestión y planificación cuidadosas para garantizar la eficiencia y la satisfacción del usuario⁵. Los métodos tradicionales para modelar estas redes a menudo se basan en el análisis estadístico y en la teoría de grafos. Sin embargo, estos métodos a menudo no son suficientes para capturar la complejidad y la dinámica de las redes de transporte en la vida real.

Los modelos basados en agentes ofrecen una solución prometedora a este problema. En estos modelos, los pasajeros y los vehículos son modelados como agentes individuales que interactúan entre sí y con su entorno. Esto permite simular el comportamiento emergente y las interacciones complejas que se producen en las redes de transporte público⁶. Además, con la incorporación de técnicas de inteligencia artificial, estos modelos pueden ser utilizados para optimizar la planificación y gestión de la red de transporte.

I.2.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular una red de transporte público, incluyendo tanto pasajeros como vehículos de transporte.
2. Implementar algoritmos de inteligencia artificial que puedan simular la toma de decisiones de los agentes y optimizar la planificación de la red de transporte.
3. Utilizar el modelo para evaluar el impacto de diferentes políticas de transporte y para diseñar sistemas de transporte público más eficientes.

Objetivos Opcionales:

1. Incorporar datos de tráfico en tiempo real y datos de uso del transporte público en el modelo para permitir simulaciones más precisas y actualizadas.
2. Explorar el uso de aprendizaje por refuerzo para mejorar la toma de decisiones de los agentes.
3. Analizar cómo diferentes factores, como la densidad de población y la distribución geográfica, afectan a la eficiencia de la red de transporte público.

I.2.3 Ejemplos de Modelado

1. **BusMezzo**: Es un simulador de transporte público basado en agentes que modela las interacciones entre los conductores, los pasajeros y el entorno de tráfico⁷.
2. **Transims**: Es una plataforma de modelado de transporte basada en agentes que permite modelar redes de transporte a gran escala, incluyendo tanto el transporte privado como el público⁸.

I.2.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Aunque no existen ejemplos directos de redes de transporte público en la plataforma

⁵Cats, O. (2011). Dynamic modeling of transit operations and passenger decisions. Technion-Israel Institute of Technology. Tesis doctoral: <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:460749/FULLTEXT02.pdf>

⁶Macal, C. M., & North, M. J. (2009). Agent-based modeling and simulation. In Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC) (pp. 86-98). IEEE. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1995456.1995474>

⁷Busmezzo, <http://smartplab.tudelft.nl/projects/busmezzo>

⁸Transims, <https://code.google.com/archive/p/transims/>

GAMA, existen modelos de tráfico urbano que podrían ser extendidos para incluir el transporte público: `Urbanization And Traffic Comodel.gaml`, `Netlogo - Traffic model - 1 road.gaml`, `Traffic and Pollution.gaml`.

Dificultad:

Alto. Este proyecto requerirá una comprensión profunda de los modelos basados en agentes, las técnicas de inteligencia artificial y los sistemas de transporte público.

I.3 Modelo de Gestión de Tráfico Aéreo

I.3.1 Estado del Arte

La gestión del tráfico aéreo es un problema complejo debido a la gran cantidad de vuelos, las restricciones del espacio aéreo, las condiciones meteorológicas y las decisiones operativas que deben tomarse en tiempo real⁹. Tradicionalmente, la gestión del tráfico aéreo se ha basado en métodos de optimización y reglas predefinidas para garantizar la seguridad y eficiencia del tráfico aéreo. Sin embargo, estos métodos a menudo son insuficientes para manejar el creciente volumen de tráfico aéreo y la creciente complejidad de las operaciones aéreas¹⁰.

En los últimos años, los modelos basados en agentes se han propuesto como una herramienta para simular y gestionar el tráfico aéreo de manera más efectiva¹¹. En estos modelos, cada aeronave y controlador de tráfico aéreo se modela como un agente individual, y las interacciones entre estos agentes pueden simular el comportamiento emergente y la dinámica del tráfico aéreo.

I.3.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular el tráfico aéreo, incluyendo aeronaves y controladores de tráfico aéreo.
2. Implementar algoritmos de inteligencia artificial que puedan simular la toma de decisiones de los agentes y optimizar la gestión del tráfico aéreo.
3. Utilizar el modelo para evaluar diferentes estrategias de gestión del tráfico aéreo y para diseñar sistemas de tráfico aéreo más eficientes.

Objetivos Opcionales:

1. Incorporar datos de tráfico aéreo en tiempo real y datos meteorológicos en el modelo para permitir simulaciones más precisas y actualizadas.
2. Explorar el uso del aprendizaje por refuerzo para mejorar la toma de decisiones de los agentes.
3. Analizar cómo diferentes factores como la capacidad del aeropuerto y las condiciones meteorológicas afectan la eficiencia del tráfico aéreo.

I.3.3 Ejemplos de Modelado

1. **ATMOS** - Un simulador de tráfico aéreo basado en agentes que modela las interacciones entre aeronaves y controladores de tráfico aéreo^{12, 13}.
2. **BlueSky ATC Simulator** - Un simulador de tráfico aéreo que modela las interac-

⁹Banavar Sridhar, G. B. Chatterji. Air Traffic Management. <https://doi.org/10.1002/047134608X.W1108.pub2>

¹⁰Molina, M., Carrasco, S., Martin, J. (2014). Agent-Based Modeling and Simulation for the Design of the Future European Air Traffic Management System: The Experience of CASSIOPEIA. In: Corchado, J.M., et al. Highlights of Practical Applications of Heterogeneous Multi-Agent Systems. The PAAMS Collection. PAAMS 2014. Communications in Computer and Information Science, vol 430. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07767-3_3

¹¹Cook, A. (Ed.). (2007). European Air Traffic Management: Principles, Practice and Research (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315256030>

¹²Pallottino, L., Feron, E. M., & Bicchi, A. (2002). Conflict resolution problems for air traffic management systems solved with mixed integer programming. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 3(1), 3-11. <https://ieeexplore.ieee.org/document/994791>

¹³ATMOS: https://www.dlr.de/fl/en/desktopdefault.aspx/tabid-1964/1601_read-3103/

ciones entre aeronaves y controladores de tráfico aéreo¹⁴.

3. **Modelo de Control de Tráfico Aéreo de NetLogo** - Demuestra una simulación basada en agentes de aviones despegando, volando y aterrizando¹⁵.

I.3.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

No existen ejemplos directos de gestión de tráfico aéreo en GAMA, aunque existen modelos generales de gestión de tráfico que podrían extenderse.

Dificultad:

Avanzado. Este proyecto requerirá una comprensión muy sólida de los modelos basados en agentes, las técnicas de IA y los sistemas de tráfico aéreo.

¹⁴M. Hoekstra and J. Ellerbroek, https://www.researchgate.net/publication/304490055_BlueSky_ATC_Simulator_Project_an_Open_Data_and_Open_Source_Approach, Proceedings of the seventh International Conference for Research on Air Transport (ICRAT), 2016. (ver también <https://github.com/TUDelft-CNS-ATM/bluesky>)

¹⁵Modelo de Control de Tráfico Aéreo de NetLogo. http://modelingcommons.org/browse/one_model/3963#model_tabs_browse_info

I.4 Modelo de Logística y Distribución

I.4.1 Estado del Arte

La logística y la distribución son esenciales para el funcionamiento eficiente de muchas industrias, incluyendo la manufactura, la venta minorista y la atención sanitaria¹⁶. Los modelos tradicionales para la gestión de la logística y la distribución a menudo se basan en algoritmos de optimización que buscan minimizar los costos y maximizar la eficiencia. Sin embargo, estos modelos a menudo no capturan la complejidad y la incertidumbre inherentes a la logística y la distribución en la vida real.

En este sentido, los modelos basados en agentes se están utilizando cada vez más para mejorar la gestión de la logística y la distribución¹⁷. En estos modelos, cada vehículo, producto y punto de distribución puede ser modelado como un agente individual, permitiendo la simulación de interacciones complejas y comportamientos emergentes. Además, los modelos basados en agentes pueden incorporar algoritmos de aprendizaje automático para optimizar las decisiones de los agentes y mejorar la eficiencia de la logística y la distribución.

I.4.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular una red de logística y distribución, incluyendo productos, vehículos de transporte y puntos de distribución.
2. Implementar algoritmos de inteligencia artificial que puedan simular la toma de decisiones de los agentes y optimizar la gestión de la logística y la distribución.
3. Utilizar el modelo para evaluar diferentes estrategias de logística y distribución y para diseñar sistemas más eficientes.

Objetivos Opcionales:

1. Incorporar datos en tiempo real de la cadena de suministro en el modelo para permitir simulaciones más precisas y actualizadas.
2. Explorar el uso de aprendizaje por refuerzo para mejorar la toma de decisiones de los agentes.
3. Analizar cómo diferentes factores, como la demanda del mercado y las interrupciones de la cadena de suministro, afectan a la eficiencia de la logística y la distribución.

I.4.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **AnyLogic**: Es una plataforma de modelado y simulación que permite la creación de modelos basados en agentes para la logística y la distribución¹⁸.
2. **NetLogo**: Es un entorno de modelado basado en agentes que ha sido utilizado para modelar problemas de logística y distribución. Se presenta un modelo concreto en¹⁹.

¹⁶Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation (6th ed.). Pearson.

¹⁷Shen, W., Hao, Q., Yoon, H. J., & Norrie, D. H. (2006). Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review. *Advanced Engineering Informatics*, 20(4), 415-431. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034606000292>

¹⁸AnyLogic. <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/>

¹⁹Modelo distribución Netlogo: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/DistributionCenterDiscreteEventSimulator>

I.4.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No hay ejemplos directos de modelos de logística y distribución en la plataforma GAMA, aunque existen modelos de tráfico que podrían ser extendidos para incluir aspectos de la logística y la distribución.

Dificultad:

Medio. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes, las técnicas de inteligencia artificial y los sistemas de logística y distribución.



II. Salud y Medio Ambiente

II.1 Modelo de Difusión de Enfermedades

II.1.1 Estado del Arte

La difusión de enfermedades es un área de estudio crucial en epidemiología. Los modelos matemáticos tradicionales, como los modelos SIR (Susceptible-Infectado-Recuperado), han proporcionado una visión útil de cómo las enfermedades pueden propagarse en una población¹. Sin embargo, estos modelos a menudo hacen suposiciones simplistas sobre el comportamiento humano y la interacción social, lo que puede limitar su precisión y utilidad en la vida real.

Los modelos basados en agentes presentan una solución potencial a estas limitaciones. En estos modelos, cada individuo en una población puede ser modelado como un agente individual con su propio estado de salud, comportamiento y red de contactos. Esto permite simular la propagación de enfermedades con un mayor nivel de detalle yrealismo².

II.1.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular la difusión de enfermedades en una población, teniendo en cuenta factores como la susceptibilidad individual, la interacción social y el comportamiento de los agentes.
2. Implementar el modelo en un software de simulación, como GAMA, y utilizarlo para simular diferentes escenarios de difusión de enfermedades.
3. Analizar los resultados de las simulaciones para obtener perspectivas sobre cómo las enfermedades pueden propagarse en diferentes condiciones y cómo las intervenciones pueden afectar la propagación.

Objetivos Opcionales:

¹Anderson, R. M., & May, R. M. (1991). *Infectious diseases of humans: dynamics and control*. Oxford University Press. (Preview: <https://books.google.es/books?id=HT0--xBguQC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

²Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(suppl 3), 7280-7287. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.082080899> Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(suppl 3), 7280-7287.

1. Extender el modelo para incluir factores como la movilidad geográfica, la distribución etaria y la inmunidad.
2. Implementar diferentes estrategias de intervención en el modelo, como la vacunación y el distanciamiento social, y evaluar su efectividad.
3. Utilizar datos reales de brotes de enfermedades para calibrar y validar el modelo.

II.1.3 Ejemplos de Modelado

1. **FRED (Framework for Reconstructing Epidemiological Dynamics)**: Es una plataforma de modelado basada en agentes que permite simular la propagación de enfermedades en poblaciones realistas³.
2. **Episim**: Es un modelo basado en agentes para la propagación de enfermedades infecciosas que ha sido utilizado para simular la pandemia de COVID-19⁴.

II.1.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Existen modelos de epidemia en la plataforma GAMA que simula la propagación de una enfermedad en una red de individuos (ver [/Toy Models/Epidemiology](#)).

Dificultad:

Bajo. Este proyecto requerirá una comprensión básica de los modelos basados en agentes y la epidemiología, pero puede ser completado con un nivel de esfuerzo razonable.

³Grefenstette, J. J., Brown, S. T., Rosenfeld, R., DePasse, J., Stone, N. T., Cooley, P. C., ... & Burke, D. S. (2013). FRED (a Framework for Reconstructing Epidemic Dynamics): an open-source software system for modeling infectious diseases and control strategies using census-based populations. *BMC public health*, 13(1), 1-14. <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-13-940>

⁴Balcan, D., Gonçalves, B., Hu, H., Ramasco, J. J., Colizza, V., & Vespignani, A. (2010). Modeling the spatial spread of infectious diseases: The GLobal Epidemic and Mobility computational model. *Journal of Computational Science*, 1(3), 132-145. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21415939/>

II.2 Modelo de Ecosistema Forestal

II.2.1 Estado del Arte

Los ecosistemas forestales son sistemas complejos con una multitud de especies de plantas, animales y microorganismos interactuando entre sí y con su entorno⁵. Estos sistemas son críticos para el equilibrio del clima global y la biodiversidad, pero también son vulnerables a las perturbaciones, como el cambio climático, la deforestación y las plagas.

Para entender y gestionar mejor estos ecosistemas, los científicos han desarrollado modelos de ecosistemas forestales. Sin embargo, estos modelos a menudo se basan en ecuaciones diferenciales que asumen homogeneidad y promedian el comportamiento de las especies y los procesos ecológicos. Los modelos basados en agentes ofrecen una alternativa que permite representar de manera más detallada la heterogeneidad y las interacciones dentro del ecosistema forestal⁶.

II.2.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que represente un ecosistema forestal, con distintas especies de árboles, animales y posiblemente agentes de perturbación (como el clima o las plagas).
2. Implementar este modelo en un software de simulación como GAMA y usarlo para simular la dinámica del ecosistema forestal.
3. Analizar los resultados de la simulación para obtener información sobre la dinámica del ecosistema forestal y cómo se ve afectada por diferentes perturbaciones.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir factores humanos, como la silvicultura y la deforestación.
2. Incorporar datos reales de ecosistemas forestales para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar diferentes estrategias de gestión del ecosistema forestal utilizando el modelo.

II.2.3 Ejemplos de Modelado

1. **SORTIE-ND**: Es un modelo para la simulación de bosques naturales⁷.
2. **LANDIS-II**: Es un modelo para simular la dinámica de los paisajes forestales a lo largo del tiempo⁸.

II.2.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Existen modelos que se pueden tomar como base, como modelos sobre el agua /Toy

⁵Franklin, J. F., & Forman, R. T. (1987). Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. *Landscape ecology*, 1(1), 5-18. <https://link.springer.com/article/10.1007/bf02275261>

⁶An, L. (2012). Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models. *Ecological modelling*, 229, 25-36. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380011003802>

⁷Pacala, S. W., Canham, C. D., Saponara, J., Silander, J. A., Kobe, R. K., & Ribbens, E. (1996). Forest models defined by field measurements: Estimation, error analysis and dynamics. *Ecological Monographs*, 66(1), 1-43. <https://doi.org/10.2307/2963479>

⁸Scheller, R. M., & Mladenoff, D. J. (2007). An ecological classification of forest landscape simulation models: tools and strategies for understanding broad-scale forested ecosystems. *Landscape ecology*, 22(4), 491-505. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-006-9048-4>

Models/Waterflow o Plant Growth.gaml y pueden ser un comienzo para este proyecto.

Dificultad:

Medio. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y la ecología forestal, pero debería ser manejable con un esfuerzo razonable.

II.3 Modelo de Gestión de Desastres

II.3.1 Estado del Arte

La gestión de desastres es un desafío crítico para las sociedades en todo el mundo, con el potencial de salvar vidas y reducir el daño en casos de desastres naturales y provocados por el hombre⁹. Los enfoques tradicionales a menudo se basan en planes de gestión de desastres estáticos que pueden no adaptarse bien a las situaciones dinámicas y a menudo caóticas que surgen durante un desastre real.

Los modelos basados en agentes ofrecen una forma de simular y estudiar el comportamiento de los individuos y los grupos durante un desastre, incluyendo aspectos como la evacuación, la búsqueda y el rescate, y la distribución de los recursos¹⁰. Estos modelos pueden ayudar a los planificadores y a los responsables de la toma de decisiones a prever mejor los efectos de diferentes estrategias de gestión de desastres y a mejorar la preparación y la respuesta.

II.3.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular diferentes aspectos de la gestión de desastres, incluyendo la evacuación de la población, la búsqueda y el rescate de víctimas y la distribución de recursos de emergencia.
2. Implementar este modelo en un software de simulación como GAMA, y usarlo para simular y analizar diferentes escenarios de desastres y estrategias de gestión.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar la preparación y la respuesta a desastres.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir factores como la comunicación entre agentes, la propagación de información (y desinformación) durante un desastre, y los efectos del pánico y del comportamiento de la multitud.
2. Incorporar datos reales de desastres anteriores para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, podría mejorar la gestión de desastres.

II.3.3 Ejemplos de Modelado

1. **MATSim**: Es una plataforma de modelado basada en agentes que se ha utilizado para simular la evacuación durante desastres¹¹.
2. **PedSim**: Un simulador open-source de evacuaciones peatonales. Permite modelar el movimiento individual de cada peatón en espacios como estadios, edificios, etc. Se ha usado para planificación de evacuaciones ante multitudes y pánico.¹².

II.3.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

⁹Perry, R. W., & Lindell, M. K. (2003). Preparedness for emergency response: Guidelines for the emergency planning process. *Disasters*, 27(4), 336-350. https://www.researchgate.net/publication/8918430_Preparedness_for_Emergency_Response_Guidelines_for_the_Emergency_Planning_Process

¹⁰Moussaïd, M., Helbing, D., & Theraulaz, G. (2011). How simple rules determine pedestrian behavior and crowd disasters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(17), 6884-6888. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1016507108>

¹¹Horni, A., Nagel, K., & Axhausen, K. W. (Eds.). (2016). The multi-agent transport simulation MATSim. Ubiquity Press. <https://www.matsim.org/the-book>

¹²Pedsim_ros: https://github.com/srl-freiburg/pedsim_ros

No hay ejemplos directos de modelos de gestión de desastres en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con el tráfico y la evacuación, como */Toy Models/Evacuation* que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Alta. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y un conocimiento profundo de la gestión de desastres.

II.4 Modelo de Cambio Climático

II.4.1 Estado del Arte

El cambio climático es uno de los desafíos más importantes a los que se enfrenta la humanidad. Los modelos climáticos actuales, como los empleados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), suelen ser modelos físicos complejos que utilizan una combinación de ecuaciones diferenciales y métodos numéricos para simular el sistema climático global¹³.

Los modelos basados en agentes ofrecen un enfoque complementario para modelar el cambio climático. En lugar de centrarse en la física del clima, estos modelos pueden centrarse en el comportamiento humano y las decisiones de política que son cruciales para el cambio climático. Esto incluye aspectos como el uso de la energía, la deforestación y la adopción de tecnologías limpias.

II.4.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular las decisiones humanas y de política que contribuyen al cambio climático.
2. Implementar este modelo en GAMA, y usarlo para explorar diferentes escenarios de cambio climático y estrategias de mitigación.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para las políticas climáticas y las decisiones individuales.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir interacciones más complejas, como los efectos de retroalimentación entre el clima y el comportamiento humano.
2. Incorporar datos reales de emisiones de gases de efecto invernadero, uso de energía y políticas climáticas para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo las innovaciones en energía limpia, eficiencia energética y eliminación de carbono podrían afectar al cambio climático.

II.4.3 Ejemplos de Modelado

1. **C-ROADS**: Es un modelo desarrollado por el Climate Interactive y el MIT Sloan School of Management que se utiliza para simular las emisiones globales de gases de efecto invernadero y el cambio climático^{14, 15}.
2. **SIMCLIM** - Un modelo que simula las interacciones entre el crecimiento demográfico, desarrollo económico y emisiones de gases de efecto invernadero. Permite analizar diferentes escenarios y políticas para mitigar el cambio climático¹⁶

¹³Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

¹⁴Sterman, J.D., Fiddaman, T., Franck, T., Jones, A., McCauley, S., Rice, P., ... & Rooney-Varga, J. (2013). Management flight simulators to support climate negotiations. *Environmental Modelling & Software*, 44, 122-135. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.06.004>

¹⁵Rooney-Varga, J. N., Sterman, J. D., Fracassi, E., Franck, T., Kapmeier, F., Kurker, V., ... & Jones, A. P. (2018). Combining role-play with interactive simulation to motivate informed climate action: Evidence from the World Climate simulation. *PLoS ONE*, 13(8), e0202877. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0202877>

¹⁶SimClim Simulator, <http://www.gulftree.org/tool/simclim>

II.4.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No hay ejemplos directos de modelos de cambio climático en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la ecología y la gestión de recursos que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Alto. Este proyecto requerirá una comprensión profunda de los modelos basados en agentes y un conocimiento sólido del cambio climático y las políticas climáticas. También será necesario integrar diversas fuentes de datos y tener en cuenta una amplia gama de factores y variables.

II.5 Modelo de Sistemas de Salud

II.5.1 Estado del Arte

Los sistemas de salud son sistemas complejos que involucran una variedad de actores, incluyendo pacientes, médicos, hospitales, compañías de seguros y reguladores gubernamentales. Estos actores interactúan de maneras complejas para proporcionar cuidados de salud a los individuos y a la población en general. Sin embargo, los modelos tradicionales de los sistemas de salud a menudo simplifican estas interacciones y no capturan completamente la complejidad del sistema.

Los modelos basados en agentes ofrecen un enfoque que puede capturar de manera más efectiva la complejidad y las interacciones en los sistemas de salud¹⁷. Estos modelos pueden ser utilizados para simular y explorar una variedad de problemas de salud y de políticas de salud, desde la difusión de enfermedades hasta el acceso a la atención de salud y el impacto de las reformas de salud.

II.5.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular un sistema de salud, incluyendo los diferentes actores y sus interacciones.
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y usarlo para simular y analizar diferentes escenarios de salud y políticas de salud.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar la eficacia y eficiencia del sistema de salud.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir más detalles, como la variabilidad en la calidad de la atención de salud y los efectos de la salud en la economía.
2. Incorporar datos reales de los sistemas de salud para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo las innovaciones en la tecnología de la salud, como la telemedicina y la inteligencia artificial, podrían afectar al sistema de salud.

II.5.3 Ejemplos de Modelado

1. **Modelo de la respuesta inmunitaria:** Es un modelo que simula la interacción entre las células del sistema inmunitario y los patógenos para entender la respuesta inmunitaria¹⁸.
2. **Modelo de Simulación de Enfermedades Crónicas (CDSS):** Es un modelo para simular la propagación y el manejo de enfermedades crónicas como la diabetes y la obesidad¹⁹.

II.5.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

¹⁷Macal, C. M. (2016). Everything you need to know about agent-based modelling and simulation. Journal of Simulation, 10(2), 144-156. https://www.researchgate.net/publication/302923196_Everything_you_need_to_know_about_agent-based_modelling_and_simulation

¹⁸Celada, F.,& Seiden, P. E. (1992). A computer model of cellular interactions in the immune system. Immunology Today, 13, 56-62. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016756999290135T?via%3Dihub>

¹⁹Homer, J., Milstein, B., Wile, K., Pratibhu, P., Farris, R., & Orenstein, D. R. (2008). Modeling the local dynamics of cardiovascular health: Risk factors, context, and capacity. Preventing Chronic Disease, 5(2). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2396963/>

No hay ejemplos directos de modelos de sistemas de salud en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la propagación de enfermedades que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Alto. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y un conocimiento profundo de los sistemas de salud. Es probable que también sea necesario integrar diversas fuentes de datos y considerar una amplia gama de factores y variables.

II.6 Modelo de Gestión del Agua

II.6.1 Estado del Arte

La gestión del agua es un problema crítico para muchas regiones del mundo, en particular en áreas que enfrentan escasez de agua o problemas de calidad del agua²⁰. Los enfoques tradicionales para la gestión del agua a menudo tratan el agua como un recurso estático, lo que puede no capturar completamente las dinámicas complejas y a menudo interdependientes del agua, la energía y la alimentación.

Los modelos basados en agentes ofrecen una forma de simular y entender mejor estas dinámicas. Por ejemplo, los modelos basados en agentes pueden simular las decisiones²¹ de los agricultores sobre el uso del agua para el riego, las políticas de gestión del agua de los gobiernos, y cómo varios factores interactúan para influir en la disponibilidad y calidad del agua.

II.6.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular diferentes aspectos de la gestión del agua, como el uso del agua para el riego, la gestión del agua por parte de los gobiernos, y la interacción de estos factores con la disponibilidad y calidad del agua.
2. Implementar este modelo en GAMA, y usarlo para simular y analizar diferentes escenarios y políticas de gestión del agua.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar la gestión del agua.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir otros factores relevantes, como el cambio climático, la infraestructura de agua, y las interacciones entre el agua, la energía y la alimentación.
2. Incorporar datos reales sobre el uso del agua, la disponibilidad del agua, y las políticas de gestión del agua para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo las innovaciones en la tecnología del agua, como la desalinización y el reciclaje del agua, podrían influir en la gestión del agua.

II.6.3 Ejemplos de Modelado

1. **Modelo de Uso de Agua Agrícola:** Es un modelo que simula las decisiones de los agricultores sobre el uso del agua para el riego en función de las condiciones climáticas y las políticas de agua²².
2. **Modelo de Gestión de Recursos de Agua:** Los modelos hidroeconómicos representan de forma integrada los sistemas de recursos hídricos, infraestructura, opciones de gestión y valores económicos distribuidos espacialmente, utilizando las demandas de agua como funciones cuyos valores totales y marginales varían

²⁰Postel, S., & Richter, B. (2012). Rivers for life: managing water for people and nature. Island Press. <https://islandpress.org/books/rivers-life>

²¹An, L. (2012). Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models. Ecological Modelling, 229, 25-36.

²²Berger, T. (2001). Agent-based spatial models applied to agriculture: a simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis. Agricultural economics, 25(2-3), 245-260. https://www.researchgate.net/publication/222704785_Agent-based_spatial_models_applied_to_agriculture_A_simulation_tool_for_technology_diffusion_resource_use_changes_and_policy_analysis

en el tiempo, para evaluar económicamente las asignaciones y gestión del agua y proporcionar información para una mejor gestión ²³.

II.6.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

No hay ejemplos directos de modelos de gestión del agua en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la gestión de recursos y el medio ambiente que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Medio. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y un conocimiento básico de la gestión del agua. También será necesario integrar datos sobre el uso del agua y las políticas de gestión del agua.

²³Harou, J. J., Pulido-Velazquez, M., Rosenberg, D. E., Medellín-Azuara, J., Peek, S., & Howitt, R. (2009). Hydro-economic models: Concepts, design, applications, and future prospects. *Journal of Hydrology*, 375(3-4), 627-643. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169409003588>



III. Economía y mercados

III.1 Modelo de Mercados Financieros

III.1.1 Estado del Arte

Los mercados financieros son sistemas complejos que implican la interacción de numerosos participantes, como inversores individuales, instituciones financieras y reguladores. Los enfoques tradicionales para modelar los mercados financieros a menudo asumen que los participantes son racionales y tienen expectativas perfectas, lo que puede no capturar completamente la realidad de los mercados financieros.

Los modelos basados en agentes ofrecen un enfoque alternativo que puede capturar la heterogeneidad y las interacciones complejas en los mercados financieros¹. Estos modelos pueden simular diferentes estrategias de inversión, la formación de precios, las interacciones entre los inversores y la propagación de las crisis financieras.

III.1.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular un mercado financiero, incluyendo diferentes tipos de inversores y sus estrategias de inversión, la formación de precios y la propagación de las crisis financieras.
2. Implementar este modelo en GAMA, y usarlo para simular y analizar diferentes escenarios y políticas financieras.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar la estabilidad y la eficiencia del mercado financiero.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir otros aspectos de los mercados financieros, como la regulación financiera, la formación de burbujas financieras y las interacciones entre los mercados financieros y la economía real.
2. Incorporar datos reales de los mercados financieros para calibrar y validar el modelo.

¹LeBaron, B. (2002). Short-memory traders and their impact on group learning in financial markets. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(suppl 3), 7201-7206. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.072079699>

3. Explorar cómo las innovaciones financieras, como las finanzas descentralizadas y la inteligencia artificial, podrían afectar a los mercados financieros.

III.1.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de la Bolsa de Valores de Santa Fe:** Es un modelo clásico basado en agentes de un mercado de acciones, donde los agentes utilizan estrategias genéticas para adaptarse y aprender a lo largo del tiempo².
2. **Modelo de Crisis Financieras:** Es un modelo de agentes simples que simula la propagación de las crisis financieras a través de una red de instituciones financieras³.

III.1.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

No hay ejemplos directos de modelos de mercados financieros en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la economía y la toma de decisiones que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Alto. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y un conocimiento profundo de los mercados financieros y las teorías financieras. También será necesario integrar diversos datos financieros y tener en cuenta una amplia gama de factores y variables.

²Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., Palmer, R., & Tayler, P. (1997). Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market. The economy as an evolving complex system II, 15, 171. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429496639-2/asset-pricing-endogenous-expectations-artificial-stock-market-brian-arthur-john-holland-blake-lebaron-richard-palmer-paul-tayler>

³Gai, P., Haldane, A., & Kapadia, S. (2011). Complexity, concentration and contagion. Journal of Monetary Economics, 58(5), 453-470. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393211000481#s0015>

III.2 Modelo de Consumo de Energía en una Ciudad

III.2.1 Estado del Arte

El consumo de energía en las ciudades es una cuestión de creciente importancia, dada la creciente urbanización y el imperativo de mitigar el cambio climático⁴. El consumo de energía en las ciudades es influenciado por una variedad de factores, incluyendo la densidad de población, el tipo de edificaciones, las prácticas de transporte, y las políticas de energía.

Los modelos basados en agentes ofrecen un enfoque para simular y entender el consumo de energía en las ciudades. Estos modelos pueden simular las decisiones de los hogares y las empresas sobre el uso de la energía, el impacto de las políticas de energía, y cómo estos factores interactúan para influir en el consumo total de energía en la ciudad.

III.2.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular el consumo de energía en una ciudad, incluyendo las decisiones de los hogares y las empresas sobre el uso de la energía, y el impacto de las políticas de energía.
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y usarlo para simular y analizar diferentes escenarios y políticas de energía.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética en la ciudad.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir otros factores relevantes, como el cambio climático, las tecnologías de energía renovable, y las interacciones entre el consumo de energía y otros sistemas urbanos (por ejemplo, el transporte y la construcción).
2. Incorporar datos reales sobre el consumo de energía en la ciudad para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo las innovaciones en la tecnología de la energía, como la energía solar y los vehículos eléctricos, podrían influir en el consumo de energía en la ciudad.

III.2.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Consumo de Energía Residencial:** Es un modelo que simula las decisiones de los hogares sobre el consumo de energía, incluyendo la calefacción, el aire acondicionado, y el uso de electrodomésticos⁵.
2. **Modelo de agentes de la difusión de vehículos eléctricos** que considera varias interacciones y factores, como el coste del vehículo, de la energía...⁶.

⁴Kennedy, C., Steinberger, J., Gasson, B., Hansen, Y., Hillman, T., Havránek, M., ... & Méndez, G. V. (2010). Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities. *Energy policy*, 38(9), 4828-4837. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509006387>

⁵Robinson, D., Haldi, F., Kämpf, J., Leroux, P., Perez, D., Rasheed, A., & Wilke, U. (2009). CitySim: Comprehensive micro-simulation of resource flows for sustainable urban planning. In *Building simulation* (Vol. 2, No. 3, pp. 175-187). Tsinghua University Press. https://www.researchgate.net/publication/43652081_CITYSIM_Comprehensive_Micro-Simulation_of_Resource_Flows_for_Sustainable_Urban_Planning

⁶Awol Seid Ebrie, Young Jin Kim (2022) Investigating Market Diffusion of Electric Vehicles with Experimental Design of Agent-Based Modeling Simulation. *_Systems_2022,10(2)*, 28; <https://www.mdpi.com/2079-8954/10/2/28#:~:text=An%20agent%2Dbased%20model%20was,%2C%20driving%20mileage%2C%20refueling%2Frecharging>

III.2.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No hay ejemplos directos de modelos de consumo de energía en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la gestión de recursos y el medio ambiente que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Medio. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y un conocimiento básico de la energía y las políticas de energía. También será necesario integrar datos sobre el consumo de energía y las políticas de energía.

III.3 Modelo de Economía Circular

III.3.1 Estado del Arte

La economía circular es un modelo económico que busca cerrar el ciclo de vida de los productos maximizando su reutilización y minimizando el desperdicio^{7, 8}. Este concepto está ganando terreno como una solución viable a los problemas de sostenibilidad que enfrentamos actualmente, tales como la sobreexplotación de recursos naturales y la acumulación de residuos.

Los modelos basados en agentes proporcionan una poderosa herramienta para estudiar y entender la economía circular. Estos modelos pueden simular las interacciones entre diferentes actores (como fabricantes, consumidores y recicladores) y permitir el análisis de diferentes políticas y estrategias para promover la economía circular^{9, 10}.

III.3.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular un sistema de economía circular, incluyendo las interacciones entre los diferentes actores y las decisiones que toman.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar el impacto de diferentes políticas y estrategias en la promoción de la economía circular.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar la implementación de la economía circular y para entender mejor sus desafíos y oportunidades.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular la economía circular en diferentes contextos, como la industria de la electrónica, la moda, o la alimentación.
2. Incorporar datos reales de la economía circular para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo la introducción de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, podría mejorar la implementación de la economía circular.

III.3.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Reciclaje de Residuos de construcción:** comparación de varios modelos que simulan la recogida y el reciclaje de residuos generados por la industria de la construcción¹¹ (<https://doi.org/10.1002/tie.21883>).
2. **Modelo de Economía Circular en la Industria de la Moda:** es un modelo que simula la implementación de la economía circular en la industria de la moda, incluyendo la producción, el consumo, y la reutilización de la ropa¹².

⁷Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy, A new sustainability paradigm?. Journal of cleaner production, 143, 757-768. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616321023>

⁸Hu, Z.-H.; Li, Q.; Chen, X.-J.; Wang, Y.-F. Sustainable Rent-Based Closed-Loop Supply Chain for Fashion Products. *Sustainability* **2014**, *6*, 7063-7088. <https://doi.org/10.3390/su6107063>

⁹Walzberg, Julien., Frayret, Jean-Marc., et al. (223) Agent-based modeling and simulation for the circular economy: Lessons learned and path forward. *Journal of Industrial Ecology* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.13423>

¹⁰Ding, Z.; Gong, W.; Li, S.; Wu, Z. System Dynamics versus Agent-Based Modeling: A Review of Complexity Simulation in Construction Waste Management. *Sustainability* **2018**, *10*, 2484. <https://doi.org/10.3390/su10072484>

¹¹Goyal, S., Esposito, M., Kapoor, A. Circular economy business models in developing economies: Lessons from India on reduce, recycle, and reuse paradigms. *Thunderbird Int Bus Rev.* **2018**; *60*:729-740

¹²Hu, Z.-H.; Li, Q.; Chen, X.-J.; Wang, Y.-F. Sustainable Rent-Based Closed-Loop Supply Chain for

III.3.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No hay ejemplos directos de modelos de economía circular en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la toma de decisiones y las interacciones entre agentes que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Alto. Este proyecto requerirá una comprensión sólida de los modelos basados en agentes y un conocimiento básico de la economía circular y la sostenibilidad. También será necesario integrar datos sobre la producción y el consumo de productos, y sobre las políticas y prácticas de reciclaje.

III.4 Modelo de Mercado Laboral

III.4.1 Estado del Arte

El mercado laboral es un entorno complejo que involucra una multitud de interacciones entre empleadores y trabajadores¹³. Los modelos basados en agentes proporcionan un marco potente para simular estas interacciones y analizar cómo las políticas y las condiciones económicas afectan el empleo, los salarios y la movilidad laboral.

Varias investigaciones han aplicado la modelización basada en agentes al estudio del mercado laboral. Estos modelos pueden incorporar la heterogeneidad de los agentes, las restricciones de información, las negociaciones salariales, y otros aspectos que son difíciles de representar en los modelos tradicionales¹⁴.

III.4.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular un mercado laboral, incluyendo las interacciones entre empleadores y trabajadores, y las decisiones que toman sobre empleo y salarios.
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y utilizarlo para analizar el impacto de diferentes políticas y condiciones económicas en el mercado laboral.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar las políticas laborales y para entender mejor los desafíos y oportunidades del mercado laboral.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular diferentes tipos de mercados laborales, como los mercados de trabajo informales, el trabajo autónomo, y el trabajo a tiempo parcial.
2. Incorporar datos reales del mercado laboral para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo la introducción de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la automatización, podría afectar al mercado laboral.

III.4.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo Salarial:** modelo basado en agentes para estudiar el impacto de la desunionización (disminución de la cantidad de trabajadores sindicalizados en una industria o país) en la dispersión salarial y de productividad y los regímenes tecnológicos emergentes¹⁵.
2. **El modelo de agentes ACCESS** explora desigualdades en accesibilidad al trabajo entre distintos grupos sociales. Usa datos empíricos de un municipio de Sao Paulo¹⁶.

III.4.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

¹³Sobre la economía laboral, https://es.wikipedia.org/wiki/Econom%C3%ADa_laboral

¹⁴Tesfatsion, L. (2006). Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. In Handbook of computational economics. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574002105020162>

¹⁵Modelo Salarial <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentId=s=080166e5d06d460f&appId=PPGMS>

¹⁶Diego Bogado Tomasiello, Mariana Giannotti, Flávia F. Feitosa, (2020) ACCESS: An agent-based model to explore job accessibility inequalities, Computers, Environment and Urban Systems, vol 81. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971519304855>

No hay ejemplos directos de modelos de mercado laboral en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la toma de decisiones y las interacciones entre agentes que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Alto. Este proyecto requerirá una comprensión avanzada de los modelos basados en agentes, así como un conocimiento sólido de la economía laboral y las políticas laborales. También será necesario integrar datos del mercado laboral y posiblemente implementar técnicas de aprendizaje automático.



IV. Sociedad y Comportamiento

IV.1 Modelo de Evacuación en Caso de Emergencia

IV.1.1 Estado del Arte

Los modelos de evacuación se utilizan para simular y analizar el comportamiento de las personas durante una evacuación de emergencia. Estos modelos son especialmente importantes en el diseño y la planificación de edificios y otros espacios públicos, para garantizar que las personas puedan evacuar de manera segura en caso de una emergencia¹.

Los modelos basados en agentes son particularmente útiles para simular evacuaciones, ya que pueden representar la heterogeneidad de los individuos, las interacciones sociales y la toma de decisiones bajo incertidumbre². Estos modelos también pueden incorporar datos geográficos y arquitectónicos para simular con precisión el entorno de la evacuación.

IV.1.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular una evacuación de emergencia, incluyendo el comportamiento y las interacciones de las personas, y la respuesta de la infraestructura a la emergencia.
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y utilizarlo para analizar el impacto de diferentes diseños de edificios y políticas de evacuación.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar la seguridad y la eficacia de las evacuaciones de emergencia.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular diferentes tipos de emergencias, como incendios, terremotos, y ataques terroristas.
2. Incorporar datos reales de evacuaciones de emergencia para calibrar y validar el modelo.

¹Galea, E. R. (2019). An introduction to fire dynamics. Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/bo/ok/10.1002/9781119975465>

²Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: A review and first update. Ecological modelling, 221(23), 2760-2768. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438001000414X>

3. Explorar cómo la introducción de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, podría mejorar la gestión de las evacuaciones de emergencia.

IV.1.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Evacuación de Edificios:** Es un modelo de agentes que simula la evacuación de un edificio teniendo en cuenta la emoción de pánico en el proceso de evacuación.³.
2. **Modelo de Evacuación de Ciudades:** Es un modelo que simula la evacuación de una ciudad entera en caso de un desastre natural, incluyendo la toma de decisiones de las personas y la respuesta de las infraestructuras de transporte⁴.

IV.1.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Existen varios ejemplos en la plataforma GAMA de modelos de evacuación de emergencia, incluyendo la evacuación de edificios y la evacuación de ciudades en caso de desastres naturales.

Dificultad:

Bajo. Este proyecto es relativamente sencillo en comparación con otros proyectos de modelado basado en agentes, ya que hay muchos ejemplos y recursos disponibles. Sin embargo, aún requerirá una comprensión básica de los modelos basados en agentes y las técnicas de simulación.

³A. Trivedi and S. Rao, “Agent-Based Modeling of Emergency Evacuations Considering Human Panic Behavior,” in *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, vol. 5, no. 1, pp. 277-288, March 2018, doi: 10.1109/TCSS.2017.2783332. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8262632>

⁴Chen, X., & Zhan, F. B. (2008). Agent-based modelling and simulation of urban evacuation: relative effectiveness of simultaneous and staged evacuation strategies. *Journal of the Operational Research Society*, 59(1), 25-33. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1057/palgrave.jors.2602321> (abstract)

IV.2 Modelo de Gestión de Recursos en una Comunidad

IV.2.1 Estado del Arte

La gestión de recursos en una comunidad involucra una variedad de procesos complejos, como la distribución de recursos, la toma de decisiones colectiva y las interacciones entre los miembros de la comunidad. La modelización basada en agentes proporciona una herramienta valiosa para simular estos procesos y explorar cómo las diferentes estrategias de gestión pueden afectar el bienestar de la comunidad y la sostenibilidad de los recursos.

Existen numerosos estudios que han aplicado la modelización basada en agentes a la gestión de recursos comunitarios. Estos estudios han explorado temas como la gestión de recursos naturales, la provisión de servicios públicos y la gestión de bienes comunes⁵,⁶. Los modelos basados en agentes pueden capturar la heterogeneidad de los agentes, la dinámica de las interacciones sociales y la influencia de las instituciones y las normas sociales en la gestión de recursos.

IV.2.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular la gestión de recursos en una comunidad, incluyendo la distribución de recursos, la toma de decisiones colectiva y las interacciones entre los miembros de la comunidad.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar el impacto de diferentes estrategias de gestión en el bienestar de la comunidad y la sostenibilidad de los recursos.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mejorar la gestión de recursos en comunidades reales.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular diferentes tipos de comunidades y recursos, como comunidades rurales y urbanas, y recursos naturales y artificiales.
2. Incorporar datos reales de comunidades y recursos para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo la introducción de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, podría mejorar la gestión de recursos en comunidades.

IV.2.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Gestión de Recursos Naturales:** Esta investigación utiliza un enfoque de modelización basado en agentes para simular el comportamiento de los agricultores en respuesta a las políticas de mercado del agua, midiendo la retroalimentación en el sistema hidrológico-agrícola-económico.⁷.
2. **Modelo de Provisión de Servicios Públicos:** Es un modelo que simula la provisión de servicios públicos en una comunidad urbana, incluyendo la distribución de recursos y la toma de decisiones colectiva⁸.

⁵R. Zupko, M. Rouleau (2019). ForestSim: Spatially explicit agent-based modeling of non-industrial forest owner policies. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.01.008>

⁶Lisa Huber, Johannes Rüdisser, Claude Meisch, Rike Stotten, Georg Leitinger, Ulrike Tappeiner (2021). Agent-based modelling of water balance in a social-ecological system: A multidisciplinary approach for mountain catchments. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142962>

⁷Alireza Nouri, Bahram Saghaian, Mohammad Reza Bazargan-Lari, Majid Delavar (2022). Local water market development based on multi-agent based simulation approach. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100826>

⁸Mauricio González-Méndez, Camilo Olaya, Isidoro Fasolino, Michele Grimaldi, Nelson Obregón (2020).

IV.2.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No hay ejemplos directos de modelos de gestión de recursos en una comunidad en la plataforma GAMA, aunque existen modelos relacionados con la gestión de recursos y las interacciones entre agentes que podrían ser extendidos para este propósito.

Dificultad:

Medio. Este proyecto requerirá una comprensión intermedia de los modelos basados en agentes, así como un conocimiento básico de la gestión de recursos y las dinámicas de las comunidades. También será necesario integrar datos de comunidades y recursos y posiblemente implementar técnicas de aprendizaje automático.

IV.3 Modelo de Propagación de Rumores o Información en una Red Social

IV.3.1 Estado del Arte

La propagación de información o rumores en las redes sociales es un fenómeno complejo que ha recibido mucha atención en la investigación reciente debido a su importancia en la formación de la opinión pública y la difusión de noticias falsas⁹. Los modelos basados en agentes ofrecen un marco flexible para simular este proceso y analizar cómo diferentes factores, como la estructura de la red, las características de los agentes y las propiedades de la información, pueden afectar la dinámica de la propagación.

Varios estudios han aplicado el modelado basado en agentes a la propagación de información en las redes sociales, capturando aspectos clave del proceso, como la influencia social, el sesgo de confirmación y el comportamiento de los usuarios en la propagación de la información¹⁰.

IV.3.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Diseñar un modelo basado en agentes que pueda simular la propagación de rumores o información en una red social.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes factores pueden afectar la dinámica de la propagación.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para mitigar la propagación de noticias falsas y mejorar la calidad de la información en las redes sociales.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular diferentes tipos de redes sociales y diferentes tipos de información o rumores.
2. Incorporar datos reales de redes sociales y eventos de propagación de información para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo las intervenciones, como las verificaciones de hechos y la moderación de contenido, pueden afectar la propagación de la información.

IV.3.3 Ejemplos de Modelado

1. **Modelos de Propagación de Información:** varios modelos que simulan la propagación de información en una red social¹¹.
2. **Modelo de Propagación de Rumores:** es un modelo que simula la propagación de rumores en una red social, con énfasis en el papel de los usuarios en la difusión y el desmentido de rumores¹².

⁹Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science*, 359(6380), 1146-1151. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aap9559>

¹⁰Mustafa Alassad, Muhammad Nihal Hussain & Nitin Agarwal (2023). Developing an agent-based model to minimize spreading of malicious information in dynamic social networks. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10588-023-09375-6>

¹¹Morita S. Six Susceptible-Infected-Susceptible Models on Scale-free Networks. *Sci Rep*. 2016 Mar 3;6:22506. Erratum in: *Sci Rep*. 2016 Aug 19;6:30862. PMID: 26936025; PMCID: PMC4776131. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4776131/>

¹²Borge-Holthoefer, J., Baños, R. A., Gonzalez-Bailon, S., & Moreno, Y. (2013). Cascading behaviour in complex socio-technical networks. *Journal of Complex Networks*, 1(1), 3-24. <https://academic.oup.com/comnet/article/1/1/3/510017>

IV.3.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

Hay ejemplos disponibles en la plataforma GAMA de modelos de propagación de información en redes sociales que pueden ser útiles como punto de partida.

Dificultad:

Baja. Este proyecto es bastante accesible para aquellos con conocimientos básicos de modelado basado en agentes, ya que hay muchos ejemplos y recursos disponibles. Sin embargo, puede ser un desafío modelar con precisión el comportamiento de los usuarios y las dinámicas de las redes sociales.

IV.4 Modelo de Migración de Población

IV.4.1 Estado del Arte

La migración de la población es un fenómeno que ha moldeado la sociedad humana durante siglos y es de particular interés para geógrafos, demógrafos y políticos. Con frecuencia, es un proceso complejo y dinámico influenciado por una serie de factores interconectados, como las condiciones económicas, políticas y sociales¹³.

Los modelos basados en agentes han demostrado ser herramientas útiles para entender la migración de la población, ya que permiten representar la heterogeneidad de los migrantes, el impacto de múltiples factores en su decisión de migrar y las consecuencias de sus movimientos en las comunidades de origen y destino¹⁴.

IV.4.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular la migración de la población, considerando tanto los factores individuales (por ejemplo, la edad, el nivel de educación, el estado de empleo) como los contextuales (por ejemplo, las condiciones económicas y políticas).
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y utilizarlo para analizar las dinámicas de migración bajo diferentes escenarios.
3. Utilizar el modelo para proporcionar ideas para políticas de migración y estrategias de desarrollo comunitario.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para representar diferentes tipos de migración (por ejemplo, interna, internacional, forzada, voluntaria).
2. Incorporar datos reales de migración para calibrar y validar el modelo.
3. Investigar el impacto de futuros cambios demográficos, económicos y climáticos en las tendencias de migración.

IV.4.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Migración Interna:** un modelo que simula el movimiento de individuos dentro de un país en respuesta a factores como el empleo y la vivienda¹⁵.
2. **Modelo de Migración Internacional:** un modelo que representa la migración entre países, considerando factores como las políticas de inmigración y las oportunidades económicas¹⁶.

¹³Lee, E. S. (1966). A theory of migration. *Demography*, 3(1), 47-57. <https://www.jstor.org/stable/2060063>

¹⁴Kniveton, D., Smith, C., & Wood, S. (2011). Agent-based model simulations of future changes in migration flows for Burkina Faso. *Global Environmental Change*, 21, S34-S40. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.006>

¹⁵Silveira, L. M., Espíndola, A. L., Penna, T.J.P (2006). Agent-based model to rural-urban migration analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.08.055>

¹⁶Hassani-Mahmooei, B., & Parris, B. W. (2012). Climate change and internal migration patterns in Bangladesh: an agent-based model. *Environment and Development Economics*, 17(6), 763-780. <https://www.cambridge.org/core/journals/environment-and-development-economics/article/abs/climate-change-and-internal-migration-patterns-in-bangladesh-an-agentbased-model/3D95A3095E5092CF785F204DC54CCE6E>

IV.4.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No existen ejemplos directos de modelos de migración de población en la plataforma GAMA, aunque hay ejemplos de modelos de movilidad humana y dinámica poblacional que podrían ser útiles como punto de partida.

Dificultad:

Alto. El modelado de la migración de la población es un desafío debido a la complejidad de las dinámicas de migración y la necesidad de integrar múltiples tipos de datos. Además, la interpretación de los resultados de la simulación y su aplicación a las políticas de migración requiere una comprensión sólida de las teorías y los problemas de migración.

IV.5 Modelo de Elecciones Políticas

IV.5.1 Estado del Arte

El modelado del comportamiento electoral es una tarea desafiante que ha sido abordada desde múltiples disciplinas, desde la ciencia política hasta la sociología y la economía. Los modelos basados en agentes han demostrado ser una herramienta poderosa para esta tarea, ya que permiten incorporar la heterogeneidad de los votantes, la influencia social, las dinámicas de formación de opiniones y el impacto de las estrategias de campaña en un marco unificado.

Existen numerosos ejemplos de modelos basados en agentes que han sido utilizados para explorar los procesos electorales o el liderazgo, analizar las estrategias de los partidos políticos, entender las fluctuaciones en la popularidad, y simular varias interacciones¹⁷¹⁸.

IV.5.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular una elección política, considerando tanto las características individuales de los votantes (como sus preferencias políticas, su nivel de compromiso político y su susceptibilidad a la influencia social) como las estrategias de los partidos políticos.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar cómo las diferentes estrategias de los partidos políticos y las condiciones iniciales pueden afectar los resultados de la elección.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para las estrategias de campaña y las políticas electorales.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular diferentes sistemas electorales (por ejemplo, el voto mayoritario, la representación proporcional, el voto de segunda vuelta).
2. Incorporar datos reales de elecciones para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo las intervenciones, como las reformas electorales y las campañas de información, pueden afectar los resultados de las elecciones.

IV.5.3 Ejemplos de Modelado y Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Elecciones Mayoritarias:** Un modelo que simula una elección en un sistema mayoritario, donde los votantes eligen entre dos candidatos y el candidato con más votos gana¹⁹.
2. **Modelo de Elecciones Proporcionales:** Un modelo que representa una elección en un sistema de representación proporcional, donde los escaños se distribuyen en proporción a los votos obtenidos por los partidos²⁰.

¹⁷James H. Fowler and Oleg Smirnov (2005). Dynamic Parties and Social Turnout: An Agent-Based Model. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/426554>

¹⁸Röchert, D., Cargnino, M. & Neubaum, G. Two sides of the same leader: an agent-based model to analyze the effect of ambivalent opinion leaders in social networks. *J Comput Soc Sc* 5, 1159-1205 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42001-022-00161-z>

¹⁹Kollman, K., Miller, J. H., & Page, S. E. (1992). Adaptive parties in spatial elections. *American Political Science Review*, 86(4), 929-937. <https://www.jstor.org/stable/1964345>

²⁰Filippo Palombi, Simona Toti. Voting Behavior in Proportional Elections from Agent Based Models. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2015.02.009>

IV.5.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

Existen ejemplos en la plataforma GAMA de modelos de elecciones políticas que pueden ser útiles como punto de partida. Entre estos se incluyen modelos de formación de opiniones y dinámicas de grupos.

Dificultad:

Alto. Modelar elecciones políticas es una tarea compleja que requiere una comprensión sólida de los procesos políticos y electorales, así como la capacidad de integrar múltiples tipos de datos y representar comportamientos complejos y a veces contradictorios.

IV.6 Modelo de Difusión de Innovaciones

IV.6.1 Estado del Arte

La difusión de innovaciones es un campo de estudio que examina cómo, por qué y a qué velocidad nuevas ideas y tecnología se propagan a través de culturas²¹. Este campo ha proporcionado muchas aportaciones en diversas áreas, desde el marketing hasta la política de salud y la economía.

Los modelos basados en agentes han demostrado ser especialmente útiles en este campo, ya que permiten representar la heterogeneidad de los adoptantes potenciales, la influencia social y los efectos de red, así como las dinámicas de cambio a lo largo del tiempo.

IV.6.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular la difusión de una innovación en una población, considerando tanto las características individuales de los adoptantes potenciales (como su disposición a adoptar nuevas ideas, su red social y su percepción del valor de la innovación) como las características de la innovación (como su novedad, su compatibilidad con las prácticas existentes y su ventaja relativa).
2. Implementar este modelo en GAMA y utilizarlo para analizar cómo las diferentes estrategias de promoción y las condiciones iniciales pueden afectar la velocidad y el alcance de la difusión de la innovación.
3. Utilizar el modelo para proporcionar recomendaciones para estrategias de difusión de innovaciones.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular la competencia entre múltiples innovaciones.
2. Incorporar datos reales de difusión de innovaciones para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo las intervenciones, como las campañas de marketing y las políticas de incentivos, pueden afectar la difusión de las innovaciones.

IV.6.3 Ejemplos de Modelado

1. **Modelo de Difusión de Tecnología:** Un modelo que simula la adopción de una nueva tecnología en una comunidad, considerando factores como la influencia social y las percepciones individuales del valor de la tecnología. Concretamente el modelo representa las características clave de la transición después de la Segunda Revolución Industrial²².
2. **Modelo de Difusión de Prácticas Agrícolas Sostenibles:** Un modelo que simula la adopción de prácticas agrícolas sostenibles entre los agricultores, teniendo en cuenta factores como el rendimiento percibido, la disponibilidad de recursos y las políticas de incentivos²³.

²¹Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. Free Press.

²²Atkeson, Andrew, and Patrick J. Kehoe. 2007. "Modeling the Transition to a New Economy: Lessons from Two Technological Revolutions." *American Economic Review*, 97 (1): 64-88. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.97.1.64>

²³Berger, T. (2001). Agent-based spatial models applied to agriculture: a simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis. *Agricultural economics*, 25(2-3), 245-260. [https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(01\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(01)00082-2)

IV.6.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No hay ejemplos directos de modelos de difusión de innovaciones en la plataforma GAMA, aunque hay modelos relacionados con la formación de opiniones y la difusión de información que podrían ser útiles como punto de partida.

Dificultad:

Medio. El modelado de la difusión de innovaciones requiere una comprensión sólida de las teorías de difusión de innovaciones y la capacidad de representar comportamientos y decisiones individuales complejas, pero es menos desafiante que algunos temas debido a la abundancia de literatura y datos empíricos disponibles.

IV.7 Modelo de Evolución de Normas Sociales

IV.7.1 Estado del Arte

Las normas sociales son reglas y estándares implícitos o explícitos que son seguidos por los miembros de una sociedad. Son cruciales para la estructura social, ya que ayudan a coordinar la interacción entre las personas y proporcionan una base para la predicción del comportamiento de otros²⁴. La evolución y propagación de las normas sociales ha sido un área de estudio intensiva en varias disciplinas como la sociología, la psicología, la economía y la ciencia política.

Los modelos basados en agentes son una herramienta útil para el estudio de la evolución de las normas sociales, ya que pueden capturar la heterogeneidad y la interacción a nivel individual que son fundamentales para este proceso. Existen numerosos ejemplos de modelos basados en agentes que han sido utilizados para explorar la emergencia, difusión, estabilización y cambio de las normas sociales.

IV.7.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular la evolución de las normas sociales, considerando tanto las características individuales de los agentes (como sus creencias, preferencias y capacidad para adaptarse a las normas) como las dinámicas de la red social en la que interactúan.
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y utilizarlo para analizar cómo las diferentes condiciones iniciales y los parámetros pueden afectar la evolución de las normas.
3. Utilizar el modelo para proporcionar insights sobre cómo se pueden influir o cambiar las normas sociales a través de intervenciones o políticas.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir la competencia entre diferentes normas.
2. Incorporar datos empíricos sobre normas sociales para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo la evolución de las normas sociales puede afectar otros procesos sociales, como la cooperación, el conflicto y el cambio cultural.

IV.7.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Normas de Cooperación:** Un modelo que simula la evolución de las normas de cooperación en los bienes públicos, considerando varios factores ²⁵.
2. **Modelo de Normas de Género:** Un modelo de simulación basado en agentes que investiga desigualdades de género en jerarquías profesionales como universidades o empresas ²⁶.

²⁴Bicchieri, C. (2017). Norms in the wild: How to diagnose, measure, and change social norms. Oxford University Press. <https://academic.oup.com/book/6479>

²⁵Bühren C, Haarde J, Hirschmann C, Kesten-Kühne J (2023) Social preferences in the public goods game, An Agent-Based simulation with EconSim. PLoS ONE 18(3): e0282112. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282112>

²⁶Bullinaria, John (2018) 'Agent-Based Models of Gender Inequalities in Career Progression' Journal of Artificial Societies and Social Simulation 21 (3) 7 <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/21/3/7.html>. doi: 10.18564/jasss.3738

IV.7.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

No existen ejemplos directos de modelos de evolución de normas sociales en la plataforma GAMA, aunque hay modelos relacionados con la formación de opiniones, la cooperación y el conflicto que podrían ser útiles como punto de partida.

Dificultad:

Alto. La modelización de la evolución de las normas sociales es una tarea compleja que requiere una comprensión sólida de las teorías sociales y la capacidad de representar comportamientos y interacciones complejas a nivel individual.



V. Tecnología y Ciencias de la Computación

V.1 **Modelo de Interacción entre Predadores y Presas**

V.1.1 **Estado del Arte**

La interacción entre predadores y presas es una de las dinámicas más fundamentales en la ecología. Esta interacción puede dar lugar a una variedad de patrones dinámicos, desde la estabilidad hasta los ciclos poblacionales. Las ecuaciones de Lotka-Volterra, propuestas en el siglo XX, son uno de los modelos más conocidos para describir estas interacciones.

Sin embargo, estos modelos convencionales a menudo ignoran las heterogeneidades espaciales y de comportamiento que pueden ser importantes en sistemas ecológicos reales. Los modelos basados en agentes ofrecen una forma de incorporar estas complejidades, permitiendo una descripción más realista y detallada de las interacciones predador-presa.

V.1.2 **Objetivos**

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular las interacciones entre predadores y presas en un entorno espacialmente explícito, teniendo en cuenta factores como la búsqueda de alimento, la reproducción y la mortalidad.
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y utilizarlo para analizar cómo las diferentes condiciones iniciales y parámetros pueden afectar la dinámica de las poblaciones.
3. Utilizar el modelo para investigar los efectos de diferentes escenarios ecológicos o de gestión, como la introducción de nuevas especies o cambios en el hábitat.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para incluir otras interacciones ecológicas, como la competencia o el parasitismo.
2. Incorporar datos empíricos de poblaciones de predadores y presas para calibrar y validar el modelo.
3. Explorar cómo la interacción predador-presa puede influir en otros aspectos del ecosistema, como la estructura de la comunidad y la diversidad.

V.1.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Lobos y Ovejas:** Un modelo que simula la interacción entre lobos (predadores) y ovejas (presas), teniendo en cuenta factores como la reproducción, la búsqueda de alimento y la muerte¹.
2. **Tutorial de prey/predator:** Un tutorial detallado de prey/predator en Gama².

V.1.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

En GAMA, existen varios ejemplos de interacción predador-presa como el modelo multinivel “Predators, Preys and Shelters.gaml”

Dificultad:

Bajo. El modelado de interacciones entre predadores y presas es un tema clásico en ecología con mucha literatura de soporte. Sin embargo, la introducción de la heterogeneidad espacial y de comportamiento puede complicar el diseño del modelo.

¹Wilensky, U. (1997). NetLogo Wolf Sheep Predation model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/WolfSheepPredation>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

²<https://gama-platform.org/wiki/PredatorPrey>. En gama: /Tutorials/Predator Prey/models/.

V.2 **Modelo de Colaboración y Competencia entre Agentes Autónomos**

V.2.1 Estado del Arte

La colaboración y la competencia entre agentes autónomos son temas centrales en áreas como la inteligencia artificial (IA), la economía, la sociología y la ciencia política. Los agentes pueden competir por recursos limitados o cooperar para lograr objetivos comunes. Los modelos basados en agentes se han utilizado ampliamente para investigar estas interacciones, ya que permiten representar la heterogeneidad de los agentes, las interacciones complejas y el comportamiento emergente³.

V.2.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular la colaboración y competencia entre agentes autónomos. Los agentes deben ser capaces de tomar decisiones basadas en su estado, las acciones de otros agentes y el entorno.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes estrategias de colaboración y competencia afectan el resultado global.
3. Proporcionar recomendaciones basadas en la simulación para estrategias de colaboración y competencia en entornos multiagente.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular interacciones en redes sociales, mercados o sistemas políticos.
2. Incorporar aprendizaje por refuerzo u otras técnicas de IA para permitir que los agentes aprendan y adapten sus estrategias con el tiempo.
3. Explorar cómo las intervenciones, como las políticas de incentivos o las restricciones, pueden influir en la dinámica de la colaboración y la competencia.

V.2.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

Existen multitud de ejemplos y artículo sobre sistemas multiagente y su interacción. Se deja libertad al alumnado de partir del que consideren. Se pueden tomar como base los ejemplos de libros de la bibliografía de la asignatura, entre ellos ⁴.

V.2.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Actualmente, no existen ejemplos directos de modelos de colaboración y competencia entre agentes autónomos en GAMA. Sin embargo, hay modelos relacionados con la formación de coaliciones, la toma de decisiones y la negociación que podrían ser útiles.

Dificultad:

Alto. Modelar la colaboración y la competencia entre agentes autónomos es una tarea desafiante que requiere un sólido conocimiento de teorías relevantes y técnicas avanzadas de modelado, como el aprendizaje por refuerzo o la teoría de juegos.

³Wooldridge, M. (2009). An introduction to multiagent systems. John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-be/An+Introduction+to+MultiAgent+Systems%2C+2nd+Edition-p-978EUDTE00553>

⁴Wooldridge, M. (2009). An introduction to multiagent systems. John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-be/An+Introduction+to+MultiAgent+Systems%2C+2nd+Edition-p-978EUDTE00553>

V.3 Modelo de Coordinación en Swarm Robotics

V.3.1 Estado del Arte

La robótica de enjambre (Swarm Robots) se refieren a una nueva forma de coordinación entre múltiples robots. Estos sistemas se inspiran en fenómenos naturales como los enjambres de insectos y las bandadas de aves. La coordinación eficaz entre estos robots puede resultar en la realización de tareas complejas que no podrían ser realizadas por un solo robot⁵.

Las técnicas de modelado basadas en agentes han demostrado ser particularmente útiles para entender y diseñar este tipo de sistemas. Los modelos basados en agentes pueden capturar las interacciones locales entre robots, y ayudar a entender cómo estas interacciones dan lugar a comportamientos emergentes a nivel del enjambre⁶.

V.3.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular la coordinación entre robots de enjambre. Los agentes (robots) deben ser capaces de moverse, comunicarse entre sí y realizar tareas en su entorno.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes reglas de coordinación afectan el rendimiento del enjambre.
3. Proporcionar recomendaciones basadas en la simulación para la coordinación de robots de enjambre en diferentes escenarios, como la búsqueda y el rescate o la exploración de entornos desconocidos.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular enjambres de robots con diferentes tipos de robots y capacidades.
2. Incorporar técnicas de aprendizaje automático para permitir que los robots adapten sus reglas de coordinación basándose en su experiencia.
3. Explorar cómo las intervenciones, como la introducción de un robot líder o la alteración del entorno, pueden influir en la dinámica del enjambre.

V.3.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Enjambre de Abejas:** Un modelo que simula la recolección de alimentos por parte de un enjambre de abejas, considerando la búsqueda de alimento y la comunicación entre las abejas⁷.
2. **Modelo de Enjambre de Robots en Búsqueda y Rescate:** Un modelo que simula la coordinación de un enjambre de robots en una misión de búsqueda y rescate, considerando la búsqueda, la detección de víctimas y la comunicación entre los robots⁸.

⁵Brambilla, M., Ferrante, E., Birattari, M., & Dorigo, M. (2013). Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective. *Swarm Intelligence*, 7(1), 1-41. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11721-012-0075-2>

⁶Bonabeau, E., Dorigo, M., & Theraulaz, G. (1999). *Swarm intelligence: from natural to artificial systems*. Oxford university press. <https://academic.oup.com/book/40811>

⁷Schmickl, T., & Crailsheim, K. (2008). Trophallaxis within a robotic swarm: bio-inspired communication among robots in a swarm. *Autonomous robots*, 25(1-2), 171-188. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10514-007-9073-4>

⁸Arnold, R.D., Yamaguchi, H. & Tanaka, T. Search and rescue with autonomous flying robots through behavior-based cooperative intelligence. *Int J Humanitarian Action* 3, 18 (2018). <https://doi.org/10.1186/>

V.3.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

En GAMA, existe un ejemplo de robots de enjambre denominado “Robots”. Este ejemplo simula la coordinación entre robots que se mueven en un entorno bidimensional y podría servir como punto de partida para este proyecto.

Dificultad:

Bajo. El modelado de la coordinación en robots de enjambre es un tema clásico en robótica y hay mucha literatura de soporte. Adicionalmente, existen ejemplos similares disponibles en la plataforma GAMA.

V.4 Modelo de Sistemas de Recomendación

V.4.1 Estado del Arte

Los sistemas de recomendación han tomado un papel central en diversas plataformas en línea, que van desde tiendas electrónicas hasta servicios de streaming y redes sociales. Estos sistemas emplean una variedad de técnicas, incluyendo filtrado colaborativo, basado en contenido y métodos híbridos, para proporcionar recomendaciones personalizadas a los usuarios basadas en sus comportamientos e intereses pasados⁹¹⁰.

Los modelos basados en agentes pueden ofrecer una valiosa herramienta para simular y comprender los sistemas de recomendación, ya que permiten representar la heterogeneidad de los usuarios y las interacciones dinámicas entre los usuarios y los sistemas¹¹.

V.4.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular un sistema de recomendación. Los agentes representarán a los usuarios, y su comportamiento será guiado por las recomendaciones del sistema y sus preferencias personales.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes algoritmos de recomendación afectan el comportamiento de los usuarios y la eficacia del sistema.
3. Proporcionar recomendaciones basadas en la simulación para mejorar el diseño de los sistemas de recomendación.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular sistemas de recomendación en diferentes contextos, como el comercio electrónico, el streaming de música o el turismo.
2. Incorporar técnicas de aprendizaje automático para simular cómo los sistemas de recomendación pueden adaptar sus algoritmos en función de los comportamientos de los usuarios.
3. Explorar cómo las intervenciones, como la introducción de elementos de gamificación o la modificación de los algoritmos de recomendación, pueden influir en el comportamiento de los usuarios y la eficacia del sistema.

V.4.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelos de Recomendación Social:** Debido al creciente volumen de información y servicios disponibles en la web, se ha vuelto esencial proveer a los sitios web y aplicaciones con herramientas, como los sistemas de recomendación, capaces de ayudar a los usuarios a obtener la información y servicios acordes a sus intereses. Aquí se presentan varios de ellos¹².

⁹Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2011). Introduction to recommender systems handbook. In Recommender systems handbook (pp. 1-35). Springer, Boston, MA. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-85820-3_1

¹⁰Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., & Friedrich, G. (2010). Recommender systems: an introduction. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/recommender-systems/C6471B59388D8A9F684C49C198691B53>

¹¹Y. Lyu, "Recommender Systems in e-Commerce," 2021 International Conference on Intelligent Computing, Automation and Applications (ICAA), Nanjing, China, 2021, pp. 209-212, doi: 10.1109/ICAA53760.2021.00044.

¹²Mascret, O., & Zaraté, P. (2014). Neto, J., Morais, A.J., Gonçalves, R., Coelho, A.L. (2022). Multi-Agent-Based Recommender Systems: A Literature Review. In: Yang, XS., Sherratt, S., Dey, N., Joshi, A.

2. **Modelo de Comportamiento del Consumidor:** Modelo de comportamiento del consumidor basado en agentes, mediante la arquitectura BDI y la teoría de maximización de utilidad. Aporta una simulación realista y compleja de un mercado heterogéneo dinámico y de fenómenos económicos emergentes.¹³.

V.4.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Actualmente, no existen ejemplos directos de modelos de sistemas de recomendación en GAMA. Sin embargo, hay modelos relacionados con la toma de decisiones de los usuarios y la interacción entre agentes que podrían ser útiles.

Dificultad:

Alto. Modelar los sistemas de recomendación es una tarea desafiante que requiere un sólido conocimiento de técnicas avanzadas de modelado, algoritmos de recomendación y aprendizaje automático.

(eds) Proceedings of Sixth International Congress on Information and Communication Technology. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 235. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2377-6_51.

¹³Lourenco Baptista,M. Roque Martinho, C. Lima, F. et al. (2014). An agent-based model of consumer behavior based on the BDI architecture and neoclassical theory. In Agent-Based Modeling of Sustainable Behaviors. 2. Vol. 41 (2014): Developments in Business Simulation and Experiential Learning <https://absel- ojs-ttu.tdl.org/absel/article/view/2109>

V.5 Modelo de Simulación de Desarrollo de Software

V.5.1 Estado del Arte

La complejidad inherente al proceso de desarrollo de software ha llevado a la adopción de enfoques de modelado para comprender y optimizar este proceso. Estos modelos tratan de representar los diversos aspectos del desarrollo de software, incluyendo la planificación de proyectos, la programación, la prueba, la documentación y la gestión de equipos¹⁴.

Los modelos basados en agentes pueden ofrecer una perspectiva valiosa para simular el proceso de desarrollo de software. Estos modelos permiten representar la heterogeneidad de los roles en un equipo de desarrollo (por ejemplo, desarrolladores, testers, gestores de proyectos), y simular como sus interacciones dan lugar a resultados emergentes a nivel del proyecto¹⁵.

V.5.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular el proceso de desarrollo de software. Los agentes representarán a los miembros del equipo de desarrollo, y su comportamiento estará guiado por las tareas asignadas y las interacciones con otros agentes.
2. Implementar este modelo en el software de simulación GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes estrategias de planificación y gestión afectan el rendimiento del proyecto.
3. Proporcionar recomendaciones basadas en la simulación para mejorar la gestión de proyectos de desarrollo de software.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular diferentes metodologías de desarrollo de software, como el desarrollo en cascada o el desarrollo ágil.
2. Incorporar técnicas de aprendizaje automático para simular como los miembros del equipo de desarrollo pueden adaptar sus comportamientos en función de las experiencias pasadas.
3. Explorar cómo las intervenciones, como la introducción de nuevas tecnologías o la modificación de las estructuras del equipo, pueden influir en la dinámica del proyecto.

V.5.3 Ejemplo de Modelado

- **Modelo de Desarrollo Ágil:** Un modelo que simula un proceso de desarrollo de software ágil, considerando la comunicación dentro del equipo¹⁶.

V.5.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

Actualmente, no existen ejemplos directos de modelos de desarrollo de software en GAMA. Sin embargo, hay modelos relacionados con la toma de decisiones de los agentes y la

¹⁴Madachy, R. J. (2008). Software process dynamics. John Wiley & Sons.

¹⁵Marcello Chedid, Teresa Carvalho & Leonor Teixeira (2022) University-software industry collaboration: an empirical study based on knowledge management, Knowledge Management Research & Practice, 20:4, 593-605, DOI: 10.1080/14778238.2020.1789002

¹⁶: Włodzimierz Wysocki, Cezary Orłowski (2019) , A multi-agent model for planning hybrid software processes, Procedia Computer Science, Volume 159, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.339>.

interacción entre agentes que podrían ser útiles.

Dificultad:

Alto. Modelar el proceso de desarrollo de software es una tarea desafiante que requiere un sólido conocimiento de las técnicas avanzadas de modelado, los procesos de desarrollo de software y las interacciones entre los miembros del equipo.

V.6 Modelo de Juegos de Estrategia

V.6.1 Estado del Arte

Los juegos de estrategia representan un contexto rico para el estudio del comportamiento de toma de decisiones, la competencia y la cooperación. Estos juegos, que van desde los juegos de mesa clásicos como el ajedrez y el go, hasta los videojuegos de estrategia en tiempo real, implican una variedad de decisiones estratégicas y tácticas que los jugadores deben tomar para alcanzar sus objetivos¹⁷.

Los modelos basados en agentes pueden ofrecer un marco valioso para simular y comprender los juegos de estrategia. Estos modelos permiten representar a los jugadores como agentes autónomos con sus propias estrategias y objetivos, y simular cómo sus decisiones e interacciones dan lugar a dinámicas de juego emergentes¹⁸.

V.6.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular un juego de estrategia. Los agentes representarán a los jugadores, y su comportamiento estará guiado por las reglas del juego y sus propias estrategias.
2. Implementar este modelo en un software de simulación como GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes estrategias y estilos de juego afectan el resultado del juego.
3. Proporcionar recomendaciones basadas en la simulación para mejorar el diseño de los juegos de estrategia y las estrategias de los jugadores.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular diferentes tipos de juegos de estrategia, como los juegos de estrategia por turnos, los juegos de estrategia en tiempo real y los juegos de guerra.
2. Incorporar técnicas de aprendizaje automático para simular cómo los jugadores pueden adaptar sus estrategias en función de las experiencias pasadas.
3. Explorar cómo las intervenciones, como la introducción de nuevas reglas o la modificación de las condiciones de juego, pueden influir en las dinámicas del juego.

V.6.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Agentes para Juegos de Estrategia en Tiempo Real:** Un modelo para que un sistema multiagente pueda desarrollar tareas inteligentes en un juego de estrategia¹⁹.
2. **Modelo de Agentes en Juegos de Rol:** Un modelo de agentes para juegos de rol para entender mejor a los participantes, acercar el modelo a su comportamiento y agregar capacidades de aprendizaje.²⁰

¹⁷Daniel Sanchez-crespo (2003). Core Techniques and Algorithms in Game Programming

¹⁸Wooldridge, M. (2009). An introduction to multiagent systems. John Wiley & Sons.

¹⁹Iuhasz Gabriel, Viorel Negru, and Daniela Zaharie. 2012. Neuroevolution based multi-agent system for micromanagement in real-time strategy games. In Proceedings of the Fifth Balkan Conference in Informatics (BCI '12). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 32-39. <https://doi.org/10.1145/2371316.2371324>

²⁰Paul Guyot and Shinichi Honiden (2006). Agent-Based Participatory Simulations: Merging Multi-Agent Systems and Role-Playing Games. <https://www.jasss.org/9/4/8.html>

V.6.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

Actualmente, no existen ejemplos directos de modelos de juegos de estrategia en GAMA. Sin embargo, hay modelos relacionados con la toma de decisiones de los agentes y la interacción entre agentes que podrían ser útiles.

Dificultad:

Media. Modelar los juegos de estrategia es una tarea que requiere un conocimiento sólido de las reglas del juego y las técnicas de modelado basado en agentes. Sin embargo, en comparación con algunos otros temas, es más manejable debido a la naturaleza acotada de los juegos.

V.7 Proyecto: Desarrollo y Aplicación de Agentes Autónomos para la Consulta y Resolución de Problemas de IA

V.7.1 Estado del Arte

En los últimos años, los agentes autónomos de inteligencia artificial (IA) han revolucionado nuestra comprensión y enfoque de los problemas complejos. Estos agentes no son simplemente más inteligentes que los modelos convencionales, sino que permiten una nueva dimensión de resolución de problemas, que Kahneman ha denominado “pensamiento lento” o “sistema 2”²¹. Este tipo de pensamiento se caracteriza por abordar problemas complicados mediante la obtención progresiva de resultados intermedios.

Además, aunque la complejidad abordable no aumenta significativamente con los agentes de IA, su capacidad para resolver problemas complicados les permite cubrir una cantidad adicional de área en el espacio del problema. Es decir, pueden enfrentarse a todo aquello que requiere más de unos pocos pasos para resolverse.

Dentro de este marco, el proyecto se centrará en el desarrollo de un sistema de agentes inteligentes diseñado para utilizar de manera eficiente sistemas de consulta, ya sean generativos de IA o de otro tipo, para la resolución de problemas.

V.7.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un sistema de agentes inteligentes que pueda interactuar eficientemente con diferentes sistemas de consulta, generando respuestas basadas en la consulta proporcionada.
2. Implementar estrategias de “pensamiento lento” que permitan a los agentes abordar y resolver problemas complicados que requieran varios pasos.
3. Coordinar la interacción entre varios agentes y sistemas de consulta para mejorar la eficiencia en la resolución de problemas.

Objetivos Opcionales:

1. Ampliar la capacidad del sistema para soportar consultas más complejas y variadas, incluyendo consultas de lenguaje natural y consultas basadas en datos.
2. Incorporar técnicas de aprendizaje automático para mejorar la adaptabilidad del sistema a nuevas consultas y problemas.
3. Evaluar y optimizar el rendimiento del sistema en diferentes escenarios y tipos de problemas.

V.7.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **AgentGPT** - Este es un ejemplo de un agente autónomo que utiliza el modelo de lenguaje GPT de OpenAI para generar texto basado en las instrucciones proporcionadas por el usuario. Ha demostrado su capacidad para realizar tareas complejas y requerimientos de múltiples pasos²².
2. **Auto-GPT** - Es una biblioteca de agentes experimental y de código abierto basada en GPT-4. Encadena “pensamientos” de modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM) para lograr autónomamente la tarea establecida²³.

²¹Kahneman, D. (2011). Thinking, Fast and Slow. Farrar, Straus and Giroux. <https://us.macmillan.com/books/9780374533557/thinkingfastandslow>

²²AgentGPT, <https://agentgpt.reworkd.ai/>

²³Auto-GPT, <https://github.com/Significant-Gravitas/Auto-GPT>

V.7.4 Varios

Este proyecto se desarrollará en python y está fuera de la clasificación de ABM. Se centra por tanto en el desarrollo de un SMA avanzado. El desarrollo de un sistema de agentes inteligentes para utilizar de manera eficiente sistemas de consulta y resolver problemas complejos es una tarea de dificultad alta:

1. **Integración de Sistemas:** Requiere la integración de varios sistemas de consulta, que podrían tener interfaces y requisitos de datos significativamente diferentes.
2. **Desarrollo de Estrategias de “Pensamiento Lento”:** Implementar estrategias de resolución de problemas que permitan a los agentes “pensar lentamente” y resolver problemas complicados de manera incremental es un desafío considerable.
3. **Coordinación de Agentes:** La coordinación de múltiples agentes para trabajar juntos en la resolución de problemas también es un desafío. Es necesario gestionar cómo los agentes comparten información, cómo se asignan las tareas y cómo se manejan los conflictos.
4. **Adaptabilidad y Aprendizaje:** Si el sistema debe ser capaz de aprender y adaptarse a nuevas consultas y problemas, esto añadiría una capa adicional de complejidad. Se requerirían técnicas de aprendizaje automático y quizás incluso de aprendizaje profundo.



VI. Ecología y Biología

VI.1 Modelo de Sistemas Ecológicos

VI.1.1 Estado del Arte

Los sistemas ecológicos son inherentemente complejos, caracterizados por una multitud de interacciones entre las especies y su ambiente. Los cambios en estos sistemas pueden tener consecuencias importantes, afectando la biodiversidad y la sostenibilidad.

Los modelos basados en agentes son una herramienta importante para estudiar los sistemas ecológicos. Permiten representar las interacciones entre diferentes especies y su ambiente, modelando los procesos ecológicos en múltiples escalas. Estos modelos pueden ser útiles para entender las dinámicas ecológicas, predecir los efectos de los cambios ambientales y desarrollar estrategias de conservación¹.

VI.1.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular un sistema ecológico, como un bosque o un arrecife de coral. Los agentes representarán las diferentes especies y su comportamiento estará guiado por las reglas ecológicas y las interacciones con otros agentes.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes factores, como los cambios climáticos o las intervenciones humanas, pueden afectar el sistema.
3. Proporcionar recomendaciones basadas en la simulación para mejorar la gestión y la conservación de los sistemas ecológicos.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular múltiples sistemas ecológicos interconectados, como un paisaje compuesto por bosques, ríos y praderas.
2. Incorporar técnicas de aprendizaje automático para simular cómo las especies pueden adaptar sus comportamientos en función de las experiencias pasadas.

¹An, L. (2012). Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models. *Ecological Modelling*, 229, 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.07.010>

3. Explorar cómo las intervenciones, como la introducción de nuevas especies o la restauración de hábitats, pueden influir en las dinámicas ecológicas.

VI.1.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelos de Migración de Aves:** Ejemplos de modelos que simulan el proceso de migración de las aves, considerando factores como la disponibilidad de recursos, las condiciones climáticas y las estrategias de vuelo².
2. **Modelo de Bosque:** Un modelo que simula las dinámicas de un bosque ³.

VI.1.4 Varios

Ejemplos en GAMA:

En la plataforma GAMA no existen modelos que directamente simulen sistemas ecológicos complejos pero si algunos sobre los que basarse, como un modelo de crecimiento de plantas: ‘Toy Models/Comodels/Plant Growth and Weather/Plant Growth.gaml’.

Dificultad:

Media. El modelado de sistemas ecológicos es una tarea que requiere un sólido conocimiento de la ecología y las técnicas de modelado basado en agentes. Sin embargo, la disponibilidad de ejemplos en GAMA puede facilitar este proceso.

²Bauer, S., & Klaassen, M. (2013). Mechanistic models of animal migration behaviour-their diversity, structure and use. *Journal of Animal Ecology*, 82(3), 498-508. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2656.12054>

³Sotnik, G., Cassell, B.A., Duveneck, M.J. *et al.* A new agent-based model provides insight into deep uncertainty faced in simulated forest management. *Landscape Ecol* **37**, 1251-1269 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01324-5>

VI.2 Modelo de Coevolución de Plantas y Polinizadores

VI.2.1 Estado del Arte

La coevolución de plantas y polinizadores es un fenómeno biológico complejo y dinámico que ha sido responsable de la diversificación y adaptación de numerosas especies a lo largo del tiempo⁴. Los modelos de coevolución basados en agentes pueden proporcionar una comprensión detallada de cómo los rasgos de las plantas y los polinizadores evolucionan en respuesta a las interacciones recíprocas y al entorno.

Estos modelos también pueden ayudar a predecir cómo los cambios ambientales pueden afectar a las redes de polinización y, en consecuencia, a la biodiversidad y a los servicios ecosistémicos, como la producción de alimentos⁵.

VI.2.2 Objetivos

Objetivos Obligatorios:

1. Desarrollar un modelo basado en agentes que pueda simular la coevolución de las plantas y los polinizadores. Los agentes representarán las diferentes especies de plantas y polinizadores, y sus comportamientos estarán guiados por las reglas de forrajeo, reproducción y mortalidad.
2. Implementar este modelo en GAMA, y utilizarlo para analizar cómo diferentes factores, como los cambios climáticos o las intervenciones humanas, pueden afectar el proceso de coevolución.
3. Proporcionar recomendaciones basadas en la simulación para mejorar la gestión y la conservación de las redes de polinización.

Objetivos Opcionales:

1. Extender el modelo para simular múltiples redes de polinización interconectadas.
2. Incorporar técnicas de aprendizaje automático para simular cómo las especies pueden adaptar sus comportamientos en función de las experiencias pasadas.
3. Explorar cómo las intervenciones, como la introducción de nuevas especies o la restauración de hábitats, pueden influir en las dinámicas de coevolución.

VI.2.3 Ejemplos de Modelado Basados en Agentes

1. **Modelo de Coevolución:** Modelo de coevolución de dos especies en un mundo 2D simulado⁶.
2. **Modelo de Coevolución de Plantas y Polinizadores:** Mediante la integración de las complejas interacciones planta-polinizador, un modelo de agentes rastrea los servicios de polinización ante variaciones en cultivares, rasgos del polinizador y disposiciones del huerto, posibilitando predecir resultados de polinización en un cultivo⁷.

⁴Thompson, J. N. (1994). *The coevolutionary process*. University of Chicago Press.

⁵Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10(8), 710-717. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17594426/>

⁶Menezes, T., Costa, E. (2009). Coevolution of Competing Agent Species in a Game-Like Environment. In: Giacobini, M., et al. Applications of Evolutionary Computing. EvoWorkshops 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 5484. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01129-0_30

⁷Melissa A. Broussard, Mateusz Jochym, Nathan Tomer, Linley Jesson, Allison K. Shaw, David W. Crowder, Nilsa A. Bosque-Pérez, Jing Li, Angela Peace, Dilini Fonseka, Brad Howlett, David Pattemore. Using agent-based models to predict pollen deposition in a dioecious crop. doi: <https://doi.org/10.1101/2022.07.28.501917>

VI.2.4 Varios**Ejemplos en GAMA:**

A día de hoy, no hay ejemplos en GAMA que traten específicamente sobre la coevolución de plantas y polinizadores.

Dificultad:

Alta. El modelado de la coevolución de plantas y polinizadores es una tarea desafiante que requiere un sólido conocimiento de la biología evolutiva, la ecología y las técnicas de modelado basado en agentes.

VI.3 Modelo de Biodiversidad en Ecosistemas Marinos

VI.3.0.1 Estado del Arte

El mar es un recurso vital, proporcionando alimentos, energía y bioproductos esenciales. Sin embargo, la salud de nuestros océanos está amenazada por una variedad de factores, incluyendo el cambio climático, la contaminación y la sobreexplotación⁸. Para poder abordar estos desafíos, es esencial comprender la biodiversidad de los ecosistemas marinos y cómo las especies interactúan entre sí y con su entorno.

Las simulaciones basadas en agentes ofrecen una forma efectiva de modelar los complejos ecosistemas marinos. Los agentes pueden representar individuos o grupos de organismos, cada uno con su propio conjunto de reglas de comportamiento, permitiendo la simulación de interacciones ecológicas detalladas⁹.

VI.3.0.2 Objetivos

Obligatorio:

- Desarrollar un modelo basado en agentes para simular la biodiversidad en un ecosistema marino específico.
- Incluir diferentes tipos de organismos, (por ejemplo desde el plancton hasta los depredadores superiores).
- Implementar comportamientos realistas para cada tipo de organismo, incluyendo alimentación, reproducción y movimiento.
- Simular interacciones entre organismos y su entorno, como la respuesta a cambios de temperatura o de los niveles de nutrientes.

Opcional:

- Introducir eventos perturbadores, como tormentas, erupciones volcánicas o actividades humanas, y simular sus efectos en el ecosistema.
- Explorar diferentes escenarios de cambio climático y analizar sus impactos en la biodiversidad marina.

VI.3.0.3 Ejemplos de Modelado

Las simulaciones se han utilizado en una variedad de aplicaciones de ecología marina. Por ejemplo, el proyecto OSMOSE simula la dinámica de las poblaciones de peces, incorporando interacciones tróficas y la respuesta a las presiones de la pesca¹⁰.

VI.3.0.4 Varios

La complejidad de los ecosistemas marinos y las interacciones entre las especies hacen que este sea un proyecto de alta dificultad. Aunque hay algunos ejemplos de modelos basados en agentes en ecología marina, la aplicación a la simulación de la biodiversidad a escala del ecosistema sigue siendo un desafío.

⁸Halpern, B. S., et al. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>

⁹Railsback, S. F., & Grimm, V. (2012). *Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction*. Princeton University Press.

¹⁰Shin, Y.-J., & Cury, P. (2004). Using an individual-based model of fish assemblages to study the response of size spectra to changes in fishing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(3), 414-431. <https://doi.org/10.1139/f03-154>