



Defensa de tesi doctoral de **Pol Vidal Lamolla**

Models Basats en Agents com a Eina per a una Gestió de l'Aigua urbana Centrada en l'Usuari

Directors: Dr. Manel Poch i Dra. María Molinos-Senante (Universidad de Valladolid)

Doctorat Industrial amb Aigües de Barcelona

Divendres 4 de juliol de 2025, 11:00h, Sala d'Actes de l'edifici PI de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

c/ M^a Aurèlia Capmany 61, Campus Montilivi, 17003 Girona



Resum

La gestió de l'aigua a les ciutats és un repte que ha evolucionat amb el temps. Avui, factors com el canvi climàtic i la connexió entre l'aigua i altres àmbits (energia, economia, estil de vida) la fan més complexa. Ja no es tracta només de solucions tècniques, sinó també socials, i sovint no hi ha una única resposta correcta, sinó diverses opcions possibles. A l'Àrea Metropolitana de Barcelona, amb una infraestructura d'abastament gran i complexa, la gestió de la mateixa requereix tenir en compte les diferents perspectives de l'aigua urbana. En aquest context, es planteja l'ús de la intel·ligència artificial per fer simulacions que ajudin a prendre decisions abans d'implantar canvis reals. Concretament, es fan servir models basats en agents (en anglès, ABM o *agent-based modelling*), que permeten simular el comportament de persones davant diferents mesures.

La tesi doctoral de Pol Vidal Lamolla ha aplicat aquests models en quatre casos que, tot i anar més enllà de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, resulten rellevants per a la gestió de l'aigua urbana en aquest context geogràfic. L'objectiu, analitzar com responen els usuaris a diverses polítiques. Per exemple, mesures de gestió de la demanda purament econòmiques o en combinació amb mesures de naturalesa diferent, concretament, *nudges* conductuals. Però també canvis en l'operació de la infraestructura amb la voluntat d'estalviar aigua o el desenvolupament de la mateixa tenint en compte com canvia territorialment l'impacte que això genera. Això ha permès descobrir les modificacions tarifàries amb més impacte en el consum, com ajudar millor les llars amb pocs recursos o quins horaris són més adequats per aplicar mesures d'estalvi.

Aquesta tesi, desenvolupada en el marc d'un projecte de doctorat industrial amb Aigües de Barcelona, ha estat dirigida pel Dr. Manel Poch del grup de recerca Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA) de la UdG i per la Dra. María Molinos Senante del grup de recerca Instituto de Procesos Sostenibles (ISP) de la Universidad de Valladolid. En aquest sentit, constitueix un pas més en la recerca del LEQUIA per aplicar la modelització basada en agents al cicle urbà de l'aigua des d'un enfocament interdisciplinari, aplicant tècniques d'intel·ligència artificial, la ciència dels recursos hídrics, les ciències socials, i metodologies d'avaluació ambiental i econòmica. Aquestes simulacions ofereixen informació valuosa per a responsables de la gestió com Aigües de Barcelona, i obren la porta a un futur on la gestió de l'aigua sigui més eficient, sostenible i adaptada a les necessitats socials. Val a dir, a més, que l'investigador ha identificat punts de millora per a futurs treballs com, per exemple, requisits per a modelitzar amb agents que representin de manera més precisa la realitat, plantejar-se si una major complexitat/opacitat dels models pot tenir contrapartides, o estudiar l'acceptació social de l'ABM des de l'ètica i la transparència.

Publicacions:

- Understanding the Residential Water Demand Response to Price Changes: Measuring Price Elasticity with Social Simulations. Vidal-Lamolla, P.; Molinos-Senante, M.; Poch, M. *Water* 2024, 16, 2501. <https://doi.org/10.3390/w16172501>
- Assessing urban water demand-side management policies before their implementation: An agent-based model approach Pol Vidal-Lamolla, María Molinos-Senante, Luis Oliva-Felipe, Sergio Alvarez-Napagao, Ulises Cortés, Eduardo Martínez-Gomariz, Pablo Noriega, Gustaf Olsson, Manel Poch, *Sustainable Cities and Society*, Volume 107, 2024, 105435, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105435>
- Agent-based modelling to simulate the socio-economic effects of implementing time-of-use tariffs for domestic water. Pol Vidal Lamolla, Alexandra Popartan, Toni Perello-Moragues, Pablo Noriega, David Saurí, Manel Poch, Maria Molinos-Senante, *Sustainable Cities and Society*, Volume 86, 2022, 104118, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104118>

Resumen

La gestión del agua en las ciudades es un reto que ha evolucionado con el tiempo. Hoy, factores como el cambio climático y la conexión entre agua y otros ámbitos (energía, economía, estilo de vida) la hacen más compleja. Ya no se trata sólo de soluciones técnicas, sino también sociales, ya que a menudo no existe una única respuesta correcta, sino distintas opciones posibles. En el Área Metropolitana de Barcelona, con una infraestructura de abastecimiento grande y compleja, la gestión de la misma requiere tener en cuenta las diferentes perspectivas del agua urbana. En este contexto, se plantea el uso de la inteligencia artificial para realizar simulaciones que ayuden a tomar decisiones antes de implantar cambios reales. Concretamente, se utilizan modelos basados en agentes (en inglés, ABM o *agent-based modelling*), que permiten simular el comportamiento de personas ante diferentes medidas.

La tesis doctoral de Pol Vidal Lamolla ha aplicado estos modelos en cuatro casos que, pese a ir más allá del Área Metropolitana de Barcelona, resultan relevantes para la gestión del agua urbana en este contexto geográfico. El objetivo, analizar cómo responden los usuarios a distintas políticas. Por ejemplo, medidas de gestión de la demanda puramente económicas o en combinación con medidas de distinta naturaleza, concretamente, *nudges* conductuales. Pero también cambios en la operación de la infraestructura con la voluntad de ahorrar agua o el desarrollo de la misma teniendo en cuenta cómo cambia territorialmente el impacto generado. Esto ha permitido descubrir las modificaciones tarifarias con mayor impacto en el consumo, cómo ayudar mejor los hogares con pocos recursos o qué horarios son más adecuados para aplicar medidas de ahorro.

Esta tesis, desarrollada en el marco de un proyecto de doctorado industrial con Aigües de Barcelona, ha sido dirigida por el Dr. Manel Poch del grupo de investigación Laboratorio de Ingeniería Química y Ambiental (LEQUIA) de la UdG y por la Dra. María Molinos Senante del grupo de investigación Instituto de Procesos Sostenibles (ISP) de la Universidad de Valladolid. En este sentido, constituye un paso más en la investigación del LEQUIA para aplicar la modelización basada en agentes en el ciclo urbano del agua desde un enfoque interdisciplinario, aplicando técnicas de inteligencia artificial, la ciencia de los recursos hídricos, las ciencias sociales, y metodologías de evaluación ambiental y económica. Estas simulaciones ofrecen información valiosa para responsables de la gestión como Aigües de Barcelona, y abren la puerta a un futuro donde la gestión del agua sea más eficiente, sostenible y adaptada a las necesidades sociales. Cabe decir, además, que el investigador ha identificado puntos de mejora para futuros trabajos como, por ejemplo, requisitos para modelizar con agentes que representen de forma más precisa la realidad, plantearse si una mayor complejidad/opacidad de los modelos puede tener contrapartidas, o estudiar la aceptación social del ABM desde la ética y la transparencia.

Publicaciones:

- Understanding the Residential Water Demand Response to Price Changes: Measuring Price Elasticity with Social Simulations. Vidal-Lamolla, P.; Molinos-Senante, M.; Poch, M. *Water* 2024, 16, 2501. <https://doi.org/10.3390/w16172501>
- Assessing urban water demand-side management policies before their implementation: An agent-based model approach Pol Vidal-Lamolla, María Molinos-Senante, Luis Oliva-Felipe, Sergio Alvarez-Napagao, Ulises Cortés, Eduardo Martínez-Gomariz, Pablo Noriega, Gustaf Olsson, Manel Poch, *Sustainable Cities and Society*, Volume 107, 2024, 105435, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105435>
- Agent-based modelling to simulate the socio-economic effects of implementing time-of-use tariffs for domestic water. Pol Vidal Lamolla, Alexandra Popartan, Toni Perello-Moragues, Pablo Noriega, David Saurí, Manel Poch, Maria Molinos-Senante, *Sustainable Cities and Society*, Volume 86, 2022, 104118, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104118>

Abstract

Water management in cities is a challenge that has evolved over time. Today, factors such as climate change and the connection between water and other areas (energy, economy, lifestyle) make it more complex. It is no longer just a question of technical solutions, but also of social issues, and often there is not a single correct answer, but several possible options. In the Barcelona Metropolitan Area, with a large and complex supply infrastructure, its management requires to consider the different perspectives of urban water. In this context, the use of artificial intelligence can lead to simulations that help make decisions before implementing real changes. Specifically, agent-based models (ABM) simulating people's behaviour in response to different measures.

Pol Vidal Lamolla's doctoral thesis has applied these models in four cases that, despite going beyond the Barcelona Metropolitan Area, are relevant for urban water management within this geographical context. The objective is to analyse how users respond to various policies. For example, purely economic demand management measures or in combination with measures of a different nature, such as behavioural nudges. But also changes in the operation of the infrastructure with the aim of saving water or its development considering how the impact generated changes territorially. This allowed finding out the tariff modifications with the greatest impact on consumption, how to better help households with few resources or which times are most suitable for applying saving measures.

This thesis, developed within the framework of an industrial doctoral project with Aigües de Barcelona, has been directed by Dr Manel Poch from the Laboratory of Chemical and Environmental Engineering (LEQUIA) research group of the UdG and by Dr María Molinos Senante from the Institute of Sustainable Processes (ISP) research group of the University of Valladolid. In this sense, it constitutes a further step in LEQUIA's research to apply agent-based modelling to the urban water cycle from an interdisciplinary approach, by means of artificial intelligence techniques, water resources science, social sciences, and environmental and economic assessment methodologies. These simulations offer valuable information for urban water managers such as those from Aigües de Barcelona, and open the door to a future where water management is more efficient, sustainable and adapted to social needs. It is also worth noting that the researcher has identified key areas for improvement in future works such as, for example, requirements for modelling with agents that more accurately represent reality, considering whether greater complexity/opacity of the models may have counterpartners, or studying the social acceptance of ABM from an ethical and transparency perspective.

Publications:

- Understanding the Residential Water Demand Response to Price Changes: Measuring Price Elasticity with Social Simulations. Vidal-Lamolla, P.; Molinos-Senante, M.; Poch, M. *Water* 2024, 16, 2501. <https://doi.org/10.3390/w16172501>
- Assessing urban water demand-side management policies before their implementation: An agent-based model approach Pol Vidal-Lamolla, María Molinos-Senante, Luis Oliva-Felipe, Sergio Alvarez-Napagao, Ulises Cortés, Eduardo Martínez-Gomariz, Pablo Noriega, Gustaf Olsson, Manel Poch, *Sustainable Cities and Society*, Volume 107, 2024, 105435, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105435>
- Agent-based modelling to simulate the socio-economic effects of implementing time-of-use tariffs for domestic water. Pol Vidal Lamolla, Alexandra Popartan, Toni Perello-Moragues, Pablo Noriega, David Saurí, Manel Poch, Maria Molinos-Senante, *Sustainable Cities and Society*, Volume 86, 2022, 104118, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104118>