UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

La ciudad como prototipo: Estrategias, herramientas y aprendizajes de la experimentación urbana ante la crisis ecológica

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

José Manuel Alméstar Urteaga
Título profesional de Arquitecto
Diplomatura en Gestión de Proyectos
Master en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo

Madrid, 2025

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Doctorado en Arquitectura y Urbanismo

La ciudad como prototipo: Estrategias, herramientas y aprendizajes de la experimentación urbana ante la crisis ecológica

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

José Manuel Alméstar Urteaga
Título profesional de Arquitecto
Diplomatura en Gestión de Proyectos
Master en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo

Bajo la dirección de:
Dra. María de la Nieves Mestre Martínez

Madrid, 2025

Título:

La ciudad como prototipo: Estrategias, herramientas y aprendizajes de la experimentación urbana ante la crisis ecológica

Autor:

José Manuel Alméstar Urteaga

Programa de doctorado:

Arquitectura y Urbanismo

Supervisión de tesis:

Dra. Arq. Maria de la Nieves Mestres Martinez

Universidad Politécnica de Madrid

Revisores externos:

-
-

Tribunal de tesis:

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.

Fecha de defensa:

La investigación ha sido parcialmente financiada a través de diversos proyectos europeos tales como Madrid Deep Demonstration (EIT Climate–KIC), LIFE PACT (LIFE20 CCA/ BE/001710), URBREATH (Horizon Europe 101139711). Así también, la investigación forma parte de los resultados de la convocatoria de ayudas dirigidas al personal investigador en formación predoctoral para realizar una estancia de investigación internacional igual o superior a tres meses, del Programa Propio de I+D+i 2024 de la Universidad Politécnica de Madrid.

"Las ciudades son un inmenso laboratorio de prueba y error, fracaso y éxito [...] Las ciudades tienen la capacidad de proporcionar algo para todos, solo porque, y solo cuando, sean creadas por todos".

Jane Jacobs. "Muerte y vida de las grandes ciudades" (1961)

Agradecimientos

Una tesis sobre experimentación urbana no podría desarrollarse —ni comprenderse— si no es desde el trabajo colectivo, la colaboración constante y la generosidad de quienes han compartido este camino conmigo. Esta investigación se sostiene sobre vínculos, alianzas y aprendizajes compartidos con muchas personas y organizaciones que han hecho posible imaginar y construir nuevas formas de hacer ciudad.

Gracias a organizaciones como Dark Matter Labs, Basurama, Gea 21, Climate-KIC y a la Universidad Politécnica de Madrid por abrir espacios de encuentro, reflexión y acción. Mi gratitud también al Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo Humano de la UPM y la UCM, por haberme brindado las primeras herramientas para entender el mundo desde otras claves. Mi reconocimiento y gratitud también a Irene Luque, José Carpio, Jose Miguel Fernandez -Güel, Jorge Martín Sainz de los Terreros y Jaime Moreno quienes han revisado esta tesis con una mirada crítica y constructiva, ayudándome a mejorarla, así como a Víctor Muñoz por su valiosa orientación durante mi estancia en TU Delft.

Un agradecimiento muy especial al itdUPM, que ha sido mucho más que un lugar de trabajo: ha sido mi casa, mi escuela y mi refugio. Allí aprendí que se puede trabajar desde la empatía, la generosidad y el compromiso por un presente más justo y compartido. A todo el equipo de compañeros y amigos del itdUPM y del Atelier itd, gracias por tanto. Y en particular a Carlos Mataix, quien un día me dijo que yo no solo diseñaría espacios físicos, sino también espacios para la colaboración. Gracias, Carlos, por las largas charlas, los experimentos musicales y por un apoyo que me ha enriquecido profundamente, tanto en lo profesional como en lo personal.

Durante los últimos siete años he tenido el privilegio de aprender día a día, desde la práctica, junto a personas profundamente comprometidas con la transformación de nuestras ciudades —especialmente desde el Ayuntamiento de Madrid—. Gracias a Juan Azcárate, Irene García, Luis Tejero, Raúl Monte, Itziar Bayón, Mónica Cid y Juan José Márquez. Y muy especialmente, gracias a Marisol Mena de quien aprendo que la vocación pública puede ser un ejercicio de ternura, generosidad y coraje, y que, a veces, “desobedecer por responsabilidad” es una forma de cuidar lo común.

Esta tesis no existiría sin el acompañamiento, la claridad y el saber compartido de quienes han sido coautores y cómplices intelectuales de esta tesis: Susana Sastre-Merino, Paloma Velón, Margarita Martínez, Carlos Calderón, Miguel Marchamalo, Uriel Fogué, Eva Gil y Amanda Masha. Y, muy especialmente, gracias infinitas a Sara Romero-Muñoz, por caminar conmigo en este proceso lleno de desafíos, preguntas y aprendizajes; y a mi directora, Nieves Mestre, por brindarme la libertad de explorar, dudar, descubrir, y por

alentarme a construir un camino propio que ha enriquecido profundamente esta tesis.

Y, por último —pero en lo más profundo de todo esto—, gracias a la familia que la vida me dió. A mi abuela, a mis padres y a mis hermanas, por su amor incondicional y por enseñarme cada día sobre la generosidad, la empatía y el cuidado. A la familia que descubrí en Madrid y a la que elegí construir. Gracias a mis amigos, y en especial a Pierrick, por su paciencia, su presencia y el inmenso cariño de cada día.

A todos vosotros y vosotras… gracias, de corazón.

Acknowledgments

A thesis on urban experimentation could neither be developed nor understood without collective work, constant collaboration, and the generosity of those who have walked this path with me. This research is built on relationships, alliances, and shared learnings with many people and organizations that have made it possible to imagine and construct new ways of shaping the city.

Thanks to organizations such as Dark Matter Labs, Basurama, Gea 21, Climate-KIC, and the Universidad Politécnica de Madrid for creating spaces for encounter, reflection, and action. I am also grateful to the Master's Programme in Strategies and Technologies for Human Development (UPM and UCM) for having provided me with the first tools to understand the world through different lenses. My appreciation and gratitude also go to Irene Luque, José Carpio, José Miguel Fernández-Güell, and Jorge Martín Sainz de los Terreros, who reviewed this thesis with a critical and constructive eye, helping me to improve it; and to Víctor Muñoz for his valuable guidance during my research stay at TU Delft.

A very special thanks to itdUPM, which has been much more than a workplace: it has been my home, my school, and my refuge. There, I learned that it is possible to work with empathy, generosity, and a commitment to a more just and shared present. To the entire team of colleagues and friends at itdUPM and Atelier itd, thank you for everything. And especially to Carlos Mataix, who once told me that I would not only design physical spaces, but also spaces for collaboration. Thank you, Carlos, for the long conversations, musical experiments, and for the support that has enriched me deeply, both professionally and personally.

Over the past seven years, I have had the privilege of learning every day, through practice, alongside people deeply committed to transforming our cities—especially within the Madrid City Council. Thank you to Juan Azcárate, Irene García, Luis Tejero, Raúl Monte, Itziar Bayón, Mónica Cid, and Juan José Márquez. And most especially, thank you to Marisol Mena, from whom I have learned that public service can be an act of tenderness, generosity, and courage, and that sometimes, "disobeying out of responsibility" is a way of caring for the commons.

This thesis would not exist without the guidance, clarity, and shared knowledge of those who have been co-authors and intellectual companions in this process: Susana Sastre-Merino, Paloma Velón, Margarita Martínez, Carlos Calderón, Miguel Marchamalo, Uriel Fogué, Eva Gil, and Amanda Masha. And most especially, infinite thanks to Sara Romero-Muñoz for walking with me through this process full of challenges, questions, and learning; and to my advisor, Nieves Mestre, for giving me the freedom to explore, to doubt, to discover, and for encouraging me to build my own path—one that has deeply enriched this thesis.

And finally—but at the heart of all this—thank you to the family life has given me. To my grandmom, my parents and sisters, for their unconditional love and for teaching me every day about generosity, empathy, and care. To the family I discovered in Madrid and chose to build. Thanks to my friends, and especially to Pierrick, for his patience, his constant presence, and the immense love he gives me every day.

To all of you… thank you, from the bottom of my heart.

Resumen

Esta tesis doctoral, estructurada como un compendio de artículos científicos revisados por pares, explora el potencial de la experimentación urbana como estrategia para fortalecer la capacidad adaptativa del ecosistema urbano multiactor frente a la crisis climática. Frente a la urgencia e incertidumbre de los desafíos urbanos contemporáneos y a la necesidad de instrumentos de planeamiento más ágiles para abordar la complejidad, la experimentación urbana emerge como una estrategia complementaria al planeamiento urbano tradicional para mirar a la ciudad no como un objeto terminado, sino como un prototipo en evolución continua. Desde esta perspectiva, la experimentación urbana se concibe como una infraestructura institucional y cognitiva capaz de activar aprendizajes colectivos, reorganizar relaciones de poder y generar nuevas formas de acción colaborativa.

La investigación articula un marco teórico interdisciplinar que integra aportes de la teoría de sistemas complejos, la planificación urbana, el enfoque de porfolios, la cocreación y el Modelo de Innovación de la Quíntuple Hélice. Metodológicamente, incorpora la selección de caso múltiple holístico con un enfoque híbrido *action case,* que combina enfoques interpretativos e intervencionistas, permitiendo al investigador desempeñar un rol activo como facilitador en los contextos estudiados. El núcleo empírico de la tesis se compone de cuatro estudios de caso desarrollados en Madrid, cada uno correspondiente a un artículo científico y abordado desde una escala distinta (mobiliario, equipamiento, barrio y ciudad). Esta estrategia multiescalar permite analizar la articulación entre intervenciones situadas y estructuras institucionales más amplias.

Los principales hallazgos muestran que los experimentos urbanos promueven la producción de conocimiento, activan capacidades institucionales latentes y generan condiciones para la transformación sistémica. Se evidencia que, cuando son organizados e integrados en un porfolio de intervenciones interdependientes, los experimentos urbanos y proyectos adquieren mayor potencial de escalabilidad, incidencia política y sostenibilidad en el tiempo. Asimismo, se identifican fricciones estructurales que limitan su institucionalización, como la fragmentación organizativa, la rigidez normativa y la persistencia de marcos tecnocráticos en la administración pública.

Además, la tesis ofrece un marco teórico-metodológico para integrar la experimentación urbana en el planeamiento urbano orientado a la adaptación y descarbonización, proponiendo herramientas conceptuales y operativas para gestionar porfolios urbanos colaborativos. De esta forma, la tesis argumenta que la institucionalización de la experimentación no debe entenderse como una fase preliminar del planeamiento, sino como un segundo sistema operativo que acompaña, complementa y transforma las formas tradicionales de gestionar y hacer la ciudad.

Abstract

This doctoral thesis, structured as a compendium of peer-reviewed scientific articles, explores the potential of urban experimentation as a strategy to strengthen the adaptive capacity of the multi-stakeholder urban ecosystem in the face of the climate crisis. Given the urgency and uncertainty of contemporary urban challenges, as well as the need for more agile planning instruments to address complexity, urban experimentation emerges as a complementary strategy to traditional planning. It views the city not as a finished object but as a prototype in continuous evolution. From this perspective, urban experimentation is conceived as an institutional and cognitive infrastructure that can activate collective learning, reorganise power relations, and generate new forms of collaborative action.

The research presents an interdisciplinary theoretical framework that integrates contributions from complex systems theory, collaborative planning, the portfolio approach, co-creation, and the Quintuple Helix Innovation Model. Methodologically, it incorporates the selection of multiple embedded cases with a hybrid action case approach, which combines interpretive and interventionist approaches, allowing the researcher to play an active role as a facilitator within the studied contexts. The empirical core of the thesis comprises four case studies developed in Madrid, each corresponding to a scientific article and approached from different scales (prototype, facility, neighbourhood, and city). This multi-scale strategy allows for the analysis of the articulation between situated interventions and broader institutional structures.

The main findings indicate that urban experiments foster knowledge production, activate latent institutional capacities, and create conditions for systemic transformation. It is evident that, when organized and integrated into a portfolio of interdependent interventions, urban experiments and projects gain greater potential for scalability, policy impact, and long-term sustainability. Furthermore, structural frictions that limit their institutionalisation are identified, such as organisational fragmentation, regulatory rigidity, and the persistence of technocratic frameworks in public administration. Furthermore, the thesis provides a theoretical and methodological framework for integrating experimentation into urban planning, focusing on adaptation and decarbonization, and proposes conceptual and operational tools for managing collaborative urban portfolios. Thus, the thesis argues that the institutionalisation of experimentation should not be understood as a preliminary phase of planning but rather as a secondary operating system that accompanies, complements, and transforms traditional ways of managing and creating cities.

Índice

Agradecimientos **i**
Acknowledgments **iii**
Resumen **v**
Abstract **vii**
Índice **ix**
Lista de Figuras **xiii**
Lista de Tablas **xvi**
Abreviaciones y Acrónimos **xvii**
Glosario **xviii**

La Ciudad como Prototipo

1. Introducción **3**
    1.1. Contexto **4**
    1.2. Objetivos de investigación **9**
    1.3. Motivación **11**
    1.4. Estructura de la tesis **13**

2. Estado de la cuestión: La experimentación urbana como enfoque emergente de transformación **15**
    2.1. De la planificación tradicional a los laboratorios urbanos: evolución conceptual y fundamentos de la experimentación **16**
    2.2. Configuración y sostenibilidad de ecosistemas multiactor para la experimentación urbana **25**
    2.3. La experimentación urbana como práctica de producción colectiva de conocimiento **30**
    2.4. Escalabilidad y transformación sistémica: límites y posibilidades de los experimentos urbanos **34**
    2.5. Aprendizajes y desafíos estratégicos en la experimentación urbana **38**

3. Metodología y materiales de la investigación **41**
    3.1. Metodología de la investigación **42**
        3.1.1. Casos de estudio múltiples holístico **42**
        3.1.2. Enfoque híbrido: *Action case* **44**
        3.1.3. Roles en el proceso de investigación **46**

3.2. Materiales de los casos de estudio múltiple 51
3.2.1. Contexto institucional de los casos de estudio 51
3.2.2. Descripción de los casos de estudio 52
Caso 1 | El Jardín Cyborg: mobiliario de arte urbano como infraestructuras de conocimiento para la adaptación al cambio climático 55
Caso 2 | Experimentación desde el aula: Activando la acción climática desde los equipamientos públicos 61
Caso 3 | Entornos y patios escolares: Reconfiguración institucional a través de la planificación participativa en barrios 65
Caso 4 | Porfolio de experimentación: Articulación multiescalar del conocimiento para una gobernanza climática urbana sistémica 71

4. Resultados
4.1. Compendio de artículos científicos de la tesis 79
4.1.1. Articulo A1 80
4.1.2. Artículo A2 82
4.1.3. Artículo A3 84
4.1.4. Artículo A4 86
4.2. Resultados clave de la investigación 88
4.3. Interrelación de los resultados 90
4.4. Resultados complementarios de la investigación 92
4.4.1 Diseminación científica y académica 92
4.4.2. Proyectos nacionales y Europeos que forman parte de la investigación 94

5. Discusión 97
5.1. Discusión crítica sobre la experimentación urbana en procesos de planeamiento con criterios climáticos 98
5.2. Permanencia y escalabilidad de los experimentos urbanos 103
5.3. Coproducción de conocimiento como práctica transformadora en la planificación urbana 110
5.4. Enfoque sistémico de porfolio y la gobernanza multinivel 113
5.5. El rol del urbanista-intermediario como agente de transformación 119
5.6. Hallazgos, requisitos y variables de éxito para la experimentación urbana 122

6. Conclusiones 127
6.1 Conclusiones derivadas de la investigación 129
6.2. Aportaciones teóricas 131
6.3. Limitaciones y futuras líneas de investigación 133
6.4. Reflexiones finales 136

7. Conclusions [english version] 137
7.1 Conclusions from the research 138
7.2. Theoretical Contributions 140
7.3. Limitations and Future Lines of Research 142
7.4. Final Reflections 145

8. Bibliografía 146

Anexo I: Compendio de artículos científicos de la tesis 155

1. Artículos científicos principales de la tesis 156
Artículo A1 |(Un)Likely Connections between (Un)Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project 156
Artículo A2 | Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs 182
Artículo A3 | (Re)designing the rules: Collaborative planning and actor networks for the transformation of schoolyards in Madrid 196
Artículo A4 | Breaking silos: A systemic portfolio approach and digital tool for collaborative urban decarbonisation 222

2. Artículos científicos complementarios de la tesis 248
B1 | Beyond Nature-Based rhetorics. A prospect of morphological redundancy in ecology-oriented design. 249
B2 | Application of Nature-based solutions and use of monitoring air and water pollution sensors through low-cost mini-portable measurement stations to promote environmental awareness in secondary education. 250
B3 | Bio-Based and Circular Buildings for Healthy, Clean Cities: A Handbook to help cities reduce embodied carbon in construction 251
B4 | Ecología a pie de Barrio: Multi-stakeholder collaboration for climate action in school environments 252
B5 | The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest 253
B6 | Estrategia de involucración ciudadana: Manual para la implementación 254
B7 | Estrategia de involucración ciudadana: *User Journey* 255
B8 | CONAMA: Oasis climático/social: Experimentación urbana y cocreación de los entornos escolares en Villaverde 256
B9 | The Wild City: collaborative practices in urban renaturing 257

B10 | El jardín bajo el asfalto **258**
B11 | Patios Escolares + Naturales: Manual de intervención de patios escolares con criterios de adaptación al cambio climático **259**

Anexo II: Transferencia y producción de conocimiento **261**

1. Diseminación de la investigación **262**
2. Experiencia docente **264**
3. Participación en proyectos nacionales y europeos para el desarrollo de esta investigación **267**
4. Participación como evaluador y asesor en proyectos experimentales sobre cambio climático en las ciudades. **271**
5. Informe sobre las actividades durante la estancia de doctorado en la TUDelft **272**

Lista de Figuras

Figura 1: Escenario de abatimiento de emisiones de CO2 (actual y deseado) y modelos teóricos alcanzar el abatimiento objetivo: (a) IPCC: Progress towards achieving climate targets in the EU-27 , (b) EIT Climate-KIC: System Innovation in action, (c) Cities Climate Finance Leadership Alliance. *Elaboración propia*

Figura 2: Desarrollo metodológico de la investigación basada en estudios de caso múltiple holístico y multiescalar. *Elaboración propia*

Figura 3: Principios de los sistemas complejos. Basado en Fernández-Güell (2022). *Elaboración propia*

Figura 4: Evolución cronológica sobre las líneas de pensamiento de los experimentos urbanos. *Elaboración propia*

Figura 5: Modelo de innovación de la Quíntuple Hélice. Basado en Carayannis (2012). *Elaboración propia*

Figura 6: Ciclo de KREBS para la creatividad. Basado en Oxman (2016). *Elaboración propia*

Figura 7: El enfoque multinivel. Basado en Geels (2002). *Elaboración propia*

Figura 8: Diseño de casos de estudio múltiples holístico. Basado en Yin (1994). *Elaboración propia*

Figura 9: La metodología de *Action Case* se posiciona como un método de investigación híbrido. Basado en Vidgen y Braa (1997). *Elaboración propia*

Figura 10: Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio de Madrid. *Elaboración propia*

Figura 11: Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 1. *Elaboración propia*

Figura 12: Exposición Internacional Ecovisionarios: Arte para un planeta en Emergencia, Matadero Madrid 2018.

Figura 13: Afiche y dossier de presentación de la Exposición Internacional Ecovisionarios: Arte para un planeta en Emergencia. Matadero Madrid 2018.

Figura 14: Ecosistema multiactor implicado en el caso de estudio 1. *Elaboración propia*

Figura 15: Jardín Cyborg | Prototipos del colectivo Double Happiness (Joyce Hwang y Nerea Feliz) centrados en los habitantes no humanos, Matadero Madrid (2018)

Figura 16: Jardín Cyborg | Prototipos del colectivo TAKK (Mireia Luzárraga y Alejandro Muiño) que desarrollan unos espacios de estancia, generadores de sombra, que participarán de la biodiversidad local, Matadero Madrid (2018)

Figura 17: Jardín Cyborg | Prototipos cyborg y de realidad virtual del colectivo uh513 (María Castellanos y Alberto Valverde) que invitan a ampliar nuestras capacidades sensoriales e interactuar con las plantas del jardín, Matadero Madrid (2018)

Figura 18: Jardín Cyborg | Prototipos cyborg y de realidad virtual del colectivo uh513 (María Castellanos y Alberto Valverde) que invitan a ampliar nuestras capacidades sensoriales e interactuar con las plantas del jardín, Matadero Madrid (2018)

Figura 19: Jardín Cyborg | Prototipos de Orkan Telhan, quien trabaja con nuevas especies y con los rituales de cuidado de estos híbridos, a la vez naturales y artificiales. Matadero Madrid (2018)

Figura 20: Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 2. *Elaboración propia*

Figura 21: Ecosistema multiactor implicado en el caso de estudio 2. *Elaboración propia*

Figura 22: Sensores de medición de calidad de NBS desarrolladas en el caso de estudio 2

Figura 23: Sesiones de trabajo con el alumnado

Figura 24: Sesiones de trabajo con el alumnado

Figura 25: Sesiones de trabajo con el alumnado

Figura 26: Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 3. *Elaboración propia*

Figura 27: Ecosistema multiactor implicado en el caso de estudio 3. *Elaboración propia*

Figura 28: Axonometría del proyecto de intervención. *Elaborado por: equipo.exe*

Figura 29: Axonometría del proyecto de intervención del CEIP Sagunto. *Elaborado por: equipo.exe*

Figura 30: Axonometría del proyecto de intervención del CEIP Navas de Tolosa. *Elaborado por: equipo.exe*

Figura 31: Vista del proyecto de intervención del CEIP Sagunto. *Elaborado por: Ayuntamiento de Madrid*

Figura 32: Foto de instalaciones de agua y nuevo vallado en CEIP Ambas de Tolosa, Villaverde. *Foto: Caren Camiscia*

Figura 33: Sesiones de divulgación del proyecto en el CEIP Navas de Tolosa de Villaverde. *Foto: Caren Camiscia 2024*

Figura 34: Juegos de Agua instalados en el centro educativo del caso de estudio 3. *Foto: Caren Camiscia 2024*

Figura 35: Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 4. *Elaboración propia*

Figura 36: Proceso metodológico implementado en la investigación del caso de estudio 4. *Elaboración propia*

Figura 37: Taxonomía del porfolio. Variables del portfolio y su ubicación en la herramienta digital. *Elaboración propia*

Figura 38: Visualización de la herramienta interactiva digital para el porfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. *Elaboración propia*

Figura 39: Visualización de la ficha de proyecto de la herramienta interactiva digital para el porfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. Elaboración propia

Figura 40: Controladores del portfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. *Elaboración propia*

Figura 41: Conexiones de primer (a), segundo (b) y tercer (c) nivel, entre componentes y anillos del portfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. *Elaboración propia*

Figura 42: Panorama de la investigación A1. *Elaboración propia*

Figura 43: Resumen gráfico de la investigación A1. *Elaboración propia*

Figura 44: Panorama de la investigación A2. *Elaboración propia*

Figura 45: Resumen gráfico de la investigación A2. *Elaboración propia*

Figura 46: Panorama de la investigación A3. Elaboración propia. *Elaboración propia*

Figura 47: Resumen gráfico de la investigación A3. *Elaboración propia*

Figura 48: Panorama de la investigación A4. Elaboración propia. *Elaboración propia*

Figura 49: Resumen gráfico de la investigación A4. *Elaboración propia*

Figura 50: Resultados clave de la investigación. Elaboración propia

Figura 51: Interrelación entre A1-A4. Elaboración propia

Figura 52: Sistemas caórdicos: Evolución temporal de la complejidad en la transición entre sistemas caórdicos: del sistema imperante (1) a la emergencia de sistemas paralelos (2–3). Basado en van Eijnatten, (2007). *Elaboración propia*

Figura 53: Propuesta de coexistencia de dos sistemas: el urbanismo tradicional y la experimentación urbana. *Elaboración propia*

Figura 54: Potencial de aplicación multinivel del enfoque de porfolio. *Elaboración propia*

Figura 55: Propuesta de sistema binario de palancas sistémicas. *Elaboración propia*

Figura 56: Modelos colaborativos para la gestión de porfolios: roles y escenarios de transición. *Elaboración propia*

Lista de Tablas

Tabla 1: Conceptos, descripciones y autores que desarrollan conceptos vinculados a los laboratorios urbanos. (*Elaboración propia)*

Tabla 2: Conceptos, descripciones y autores relacionados con la cocreación. *Elaboración propia*

Tabla 3: Artículos principales de la tesis, su escala y título. *Elaboración propia*

Tabla 4: Roles y afiliación de los investigadores según los artículos. *Elaboración propia*

Tabla 5: Caracterización de las actividades de gobernanza en la investigación (Loorbach, 2007) *Elaboración propia*

Tabla 6: Síntesis de hallazgos, requisitos y variables de éxito para la institucionalización de la experimentación urbana. *Elaboración propia*

Abreviaciones y Acrónimos

CCC	Acuerdo Climático de Ciudad *(Climate City Contract)*
EU	Unión Europea *(European Union)*
IAD	Marco de Análisis y desarrollo Institucional *(Institutional Analysis Development)*
itdUPM	Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano de la Universidad Politécnica de Madrid
IMNA	Instituto Mutante de Narrativas Ambientales
MDD	Madrid Deep Demonstration project
NBS	Soluciones basadas en la naturaleza (*Nature-based solution)*
QHIM	Modelo de Innovación de la Quintuple Helice *(Quintuple Helix Innovation Model)*
SDG	Objetivos de Desarrollo Sostenible *(Sustainable Development Goals)*
UCM	Universidad Complutense de Madrid
ULL	Urban Living Labs
UPM	Universidad Politécnica de Madrid *(Technical University of Madrid)*

Glosario

Aprendizaje iterativo	Proceso continuo de generación de conocimiento a partir de la reflexión sobre la acción, con el fin de mejorar sucesivas intervenciones.
Ciclo de KREBS	El Ciclo de Krebs (o ciclo del ácido cítrico) es una ruta metabólica central en células aeróbicas. Tiene lugar en la matriz mitocondrial y generando simultáneamente moléculas transportadoras de electrones y ATP en ciclos continuos.
Ciclo de KREBS para la creatividad	Modelo conceptual que mapea cómo fluye la energía creativa entre cuatro dominios: ciencia, ingeniería, diseño y arte. La *ciencia* convierte información en conocimiento; la *ingeniería* transforma conocimiento en utilidad; el *diseño* integra utilidad en comportamientos culturales; y el *arte* cuestiona y redefine percepciones, generando nuevas preguntas e inspiración, que retroalimentan el ciclo.
Cocreación	Proceso participativo en el que distintos actores (ciudadanía, instituciones, academia, empresas) diseñan conjuntamente soluciones, integrando saberes diversos.
Climate City Contract *(Acuerdo Climático de Ciudad)*	Instrumento de gobernanza multinivel promovido por la Unión Europea que articula compromisos climáticos entre ciudades, ciudadanos y estados miembros para alcanzar la neutralidad climática.
Configuración institucional *(arquitectura institucional, marcos institucionales)*	Conjunto de reglas, normas, actores y relaciones que estructuran las formas de tomar decisiones y de implementar políticas públicas.
Experimentación urbana *(experimento)*	Práctica deliberada de ensayo y aprendizaje situada en contextos reales, que busca transformar el entorno urbano mediante intervenciones adaptativas, participativas y reflexivas.
Ecosistema multiactor *(redes colaborativas, actores múltiples)*	Conjunto dinámico de actores de diferentes sectores (público, privado, académico, comunitario) que colaboran en procesos urbanos, compartiendo recursos, saberes y responsabilidades.
Escalado	Proceso mediante el cual un experimento o innovación urbana deja de ser una experiencia puntual y se convierte en práctica consolidada, influyendo en políticas públicas, estructuras institucionales o comportamientos sociales.
Evaluación iterativa *(evaluación evolutiva)*	Proceso de evaluación cíclica y adaptativa, que se ajusta progresivamente a lo largo del desarrollo de una intervención para mejorar su efectividad.
Innovación institucional	Cambio deliberado en las estructuras, normas o procedimientos de una organización o sistema institucional, orientado a mejorar su desempeño o adaptabilidad.

Intermediario *(facilitador)*	Actor o entidad que facilita la interacción, traducción y colaboración entre diferentes partes en procesos multiactor, operando como bisagra entre mundos institucionales.
Modelo de Innovación de la Quintuple Hélice *(Quintuple Helyx Innovation Model)*	Modelo de innovación que integra cinco esferas (academia, empresa, gobierno, sociedad civil y medioambiente) para abordar retos complejos de manera sistémica.
Modelo de Análisis y desarrollo institucional *(Institutional Analysis and Development Model)*	Marco de análisis desarrollado por Elinor Ostrom que permite estudiar cómo las reglas, actores y contextos afectan la acción colectiva y la gobernanza de recursos compartidos. En urbanismo se aplica para analizar la co-creación, la participación y la innovación institucional.
Multinivel *(Multilevel)*	Enfoque de coordinación en el que interactúan distintos niveles de gobierno (local, regional, nacional y europeo) junto con actores sociales y económicos, para abordar retos que superan una sola escala de decisión.
Plataformas de colaboración multiactor	Infraestructuras organizativas y tecnológicas que facilitan la interacción continuada entre actores diversos en torno a objetivos comunes, promoviendo coordinación, aprendizaje y acción colectiva.
Porfolio *(cartera, portafolio)*	Referente a la agrupación. Herramienta estratégica que agrupa e interconecta proyectos diversos para alinearlos con objetivos transformadores comunes, facilitando su evaluación conjunta y la toma de decisiones sistemáticas.
Prototipo *(prototipado, prototipado urbano)*	Intervención preliminar que permite explorar, testar y refinar ideas, servicios o infraestructuras en un entorno real antes de su consolidación.
Sistemas complejos	Conjuntos interrelacionados con múltiples componentes que interactúan de manera no lineal, generando comportamientos emergentes impredecibles y adaptativos.
Transformación sistémica	Cambio profundo y estructural en las dinámicas, estructuras y relaciones que conforman un sistema social, institucional o ecológico.
Transiciones sociotécnicas	Procesos de cambio estructural en sistemas sociotécnicos que combinan innovaciones tecnológicas, cambios culturales, transformaciones institucionales y nuevos modelos de gobernanza.
Urbanismo colaborativo	Enfoque de planificación que promueve la coproducción de espacios urbanos con la participación activa de actores diversos, priorizando el conocimiento situado y la justicia espacial

La ciudad como prototipo

1 | Introducción

Este capitulo sitúa la investigación en el marco de la crisis ecológica urbana, destacando la necesidad de superar enfoques incrementales y avanzar hacia estrategias transformadoras. De esre contexto destila la pregunta central de la tesis *¿Cuáles son los elementos fundamentales que la experimentación urbana aporta a los procesos de planeamiento orientados a la adaptación y descarbonización climática en las ciudades?*

A partir de la revisión de antecedentes clave —como el concepto de Metabolismo Urbano (Wolman, 1965), el informe sobre los Límites del Crecimiento (Meadows et al., 1972) y la evolución del prototipado aplicado a la ciudad— se pone de relieve el papel de la experimentación urbana como una vía para articular innovación institucional, producción colectiva de conocimiento y formas de gobernanza colaborativa.

1.1. Contexto

Las ciudades contemporáneas enfrentan uno de los mayores desafíos de su historia: actuar simultáneamente como epicentros de la crisis ecológica y como motores de las soluciones climáticas (Wilson, 2022). Desde la publicación de *Our Common Future* por la Comisión Brundtland (1987) hasta los compromisos adquiridos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, 1992), se ha consolidado un consenso global sobre la urgencia de transitar hacia modelos urbanos más sostenibles, resilientes y adaptativos (Carter et al., 2015).

La alta concentración de flujos de energía, materiales e información en las ciudades transforma de forma irreversible las condiciones del medio físico. Frente a la creciente evidencia científica sobre la limitada capacidad adaptativa de los sistemas urbanos, distintas agendas internacionales han impulsado avances significativos en materia de sostenibilidad (IPCC, 2023, ONU-Habitat, 2016, United Nations, 2020; 2022).

Décadas atrás, en 1965 Abel Wolman propuso un enfoque pionero sobre el metabolismo urbano, evidenciando los límites del modelo lineal de apropiación de recursos y expulsión de residuos en las ciudades modernas (Wolman, 1965). Por otro lado, el informe *The Limits to Growth* (Meadows et al., 1972), elaborado en el MIT por encargo del Club de Roma, proyectó mediante el modelo *World3* la inviabilidad del crecimiento ilimitado, anticipando la necesidad de transformar profundamente los sistemas urbanos antes de alcanzar umbrales ecológicos irreversibles. Si bien fue objeto de críticas por simplificar dinámicas económicas y políticas, sucesivas actualizaciones del estudio —en 1992, 2004 y 2012— incorporaron mejoras metodológicas, escenarios alternativos y un mayor reconocimiento de los factores sociales e institucionales que afectan las trayectorias de sostenibilidad (Meadows et al., 2004; Randers, 2012).

Inspirado por Wolman, Paul Duvigneaud desarrolló el modelo *Écosystème Urbs*, aplicándolo al caso de Bruselas (1974) y formulando un marco teórico socioecológico para reorientar los flujos urbanos a través del planeamiento. Sin embargo, como señalan Kennedy et al. (2007), entre 1965 y 2000 sólo un número limitado de ciudades aplicaron un enfoque metabólico riguroso, en parte debido a las barreras técnicas y la falta de datos.

A día de hoy, este contexto sigue aún vigente. La creciente necesidad de limitar el calentamiento global a 1,5 °C exige multiplicar por seis el ritmo actual de reducción de emisiones (IPCC, 2023), lo que demanda abandonar enfoques incrementales para abrazar estrategias transformadoras, multisectoriales y de largo alcance (EIT Cli-

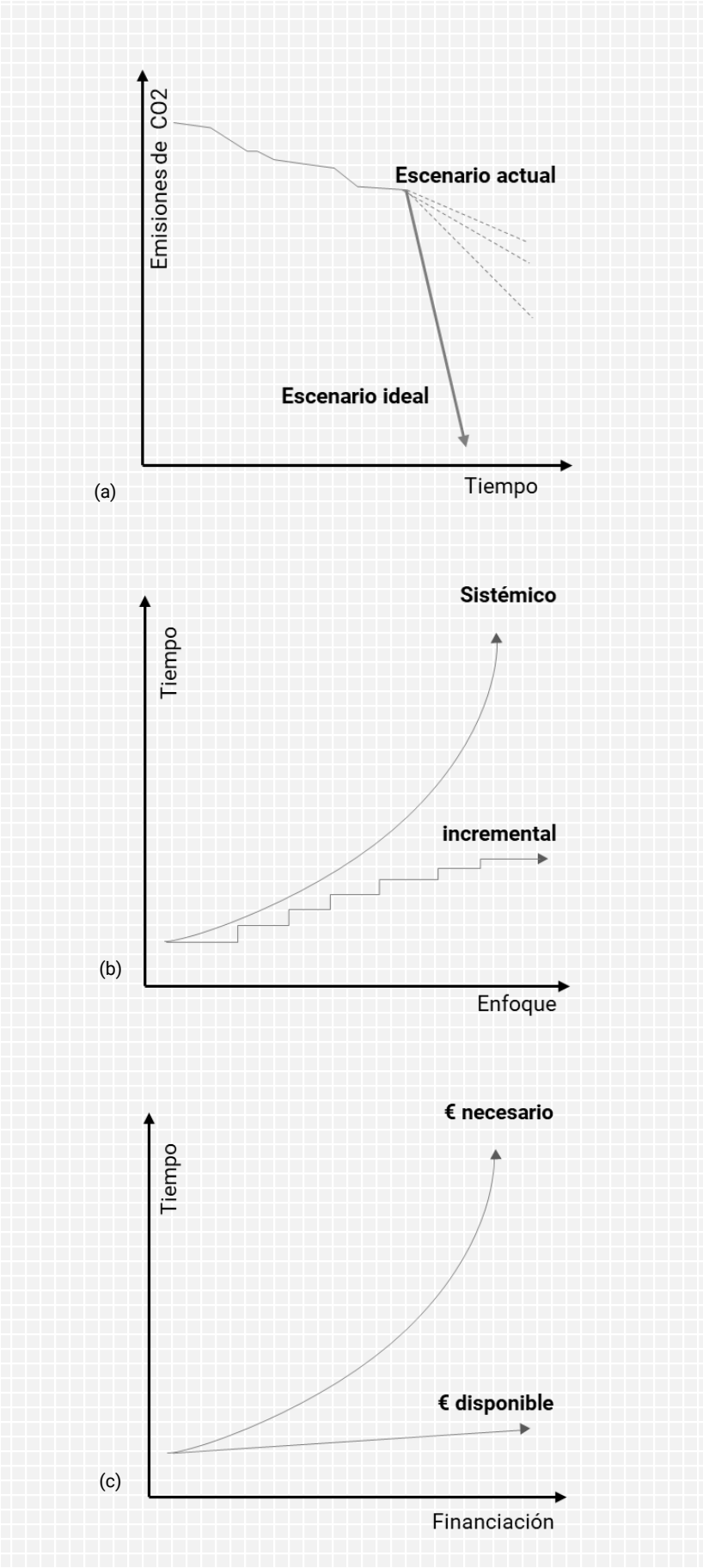
mate-KIC, 2019) (Ver Figura 1) . Asimismo, según la *Cities Climate Finance Leadership Alliance* (2024), esta transición exigirá movilizar más de 4.400 mil millones de euros anuales en inversión climática urbana, lo que supone no solo un desafío operativo, sino también un reto financiero de gran envergadura. (Ver Figura 1).

Los instrumentos de planeamiento urbano —anclados en lógicas jerárquicas, prescriptivas y sectoriales— han resultado insuficientes para responder de forma sistémica, eficaz y a la velocidad requerida a los retos derivados del cambio climático (Evans, Karvonen & Raven, 2016).

Frente a este reto, muchas administraciones públicas se enfrentan a limitaciones estructurales para actuar con agilidad. Las arquitecturas institucionales heredadas, diseñadas para entornos estables y predecibles, presentan dificultades para operar en contextos de incertidumbre, complejidad e interdependencia (Ayuntamiento de Madrid, 2024). Esto obliga a repensar las formas tradicionales de planificación urbana y a explorar mecanismos complementarios basados en la adaptabilidad, la coproducción de conocimiento. En este contexto emerge el urbanismo experimental, entendido como un enfoque de transformación urbana que incorpora la prueba situada, la intervención temporal y el aprendizaje iterativo como medios para explorar alternativas sistémicas y colaborativas frente a los límites del planeamiento convencional (Karvonen & van Heur, 2014; Evans et al., 2016).

Pese a que la tesis está indudablemente anclada en la experimentación urbana se ha escogido el concepto de *"prototipo"* para el título de la tesis ya que es entendido no sólo como una herramienta técnica, sino como un dispositivo epistémico y relacional. Desde el ámbito del diseño y la innovación, el prototipo ha evolucionado desde su acepción tradicional —como modelo preliminar de prueba— hacia una categoría conceptual más amplia, asociada a procesos de exploración, iteración y aprendizaje situado (Lim, Stolterman & Tenenberg, 2008). En esta perspectiva extendida, el prototipo no solo valida funcionalidades, sino que actúa como dispositivo para generar conocimiento, activar relaciones sociales y revelar nuevas posibilidades (Bjögvinsson, Ehn & Hillgren, 2012).

En contextos urbanos, esta concepción ha servido para interpretar el prototipo como intervención anticipatoria y abierta que permite ensayar configuraciones materiales, institucionales o normativas en condiciones reales y temporales (Karvonen & van Heur, 2014). Esta noción ha cobrado particular relevancia en campos como el diseño participativo y la innovación pública, donde el prototipo funciona como un puente entre la imaginación de futuros posibles y la acción colectiva situada (Manzini, 2015). En paralelo, la teoría del prototipado urbano permite interpretar los experimentos urbanos como procesos performativos que movilizan narrativas, imaginarios y ca-



→ **Figura 1:** Escenario de abatimiento de emisiones de CO2 (actual y deseado) y modelos teóricos alcanzar el abatimiento objetivo: (a) IPCC: Progress towards achieving climate targets in the EU-27 , (b) EIT Climate-KIC: System Innovation in action, (c) Cities Climate Finance Leadership Alliance. *Elaboración propia*

pacidades colectivas (Manzini, 2015) para la generación de conocimiento (Carayannis, 2012). El enfoque de los comunes urbanos, desarrollado por Ostrom (1990), ha contribuido a visibilizar la importancia de las reglas, marcos de interacción y arreglos institucionales en la sostenibilidad de estas iniciativas.

Desde los años 70, la convergencia entre avances tecnológicos e innovación social ha dado lugar a nuevas estrategias de intervención urbana, tales como los experimentos de nicho, *Living Labs, Urban Living Labs, Regulatory Sandbox* (de Jong et al., 2015). Estos entornos experimentales permiten ensayar soluciones en condiciones reales, facilitando procesos de aprendizaje colectivo, evaluación iterativa y cocreación entre ciudadanos, academia, empresas y gobiernos (Karvonen & van Heur, 2014). La literatura especializada ha ampliado el campo de análisis abordando dimensiones como la generación de conocimiento, el escalado, la cocreación de valor público o la configuración de ecosistemas multiactor.

No obstante, persisten vacíos críticos en la literatura. Todavía resulta insuficiente la comprensión sobre cómo se articulan los conocimientos locales en diferentes escalas urbanas y cómo estos pueden integrarse de manera efectiva en procesos de planificación multiescalar. Asimismo, falta claridad sobre qué condiciones institucionales —políticas, normativas y organizativas— son necesarias para transformar estructuras existentes y superar inercias burocráticas. Del mismo modo, se abre la interrogante de cómo evitar que la experimentación urbana se reduzca a prácticas superficiales, meramente simbólicas o cooptadas por enfoques tecnocráticos que neutralicen su potencial transformador. Estas cuestiones revelan tanto los límites actuales de las prácticas de experimentación como la urgencia de avanzar hacia marcos conceptuales y metodológicos más robustos. Estas preguntas remiten a los límites actuales de las prácticas de experimentación urbana y abren el camino para nuevas agendas de investigación.

Estudios recientes van creando una masa crítica y evidencia de que - a diferencia de enfoques urbanos más tradicionales- la experimentación urbana introduce una lógica de prueba y aprendizaje iterativo en contextos reales, donde se ponen en juego múltiples racionalidades, saberes y escalas de acción. En este sentido, los experimentos urbanos no son simplemente soluciones técnicas o dispositivos piloto, sino infraestructuras que permiten ensayar futuros posibles, activar capacidades latentes y prototipar nuevas formas de acción colectiva (Evans 2014, 2016; Franziska, 2023).

Por tanto, esta tesis doctoral se sitúa en el campo emergente de la experimentación urbana, con el objetivo de explorar sus elementos fundamentales como estrategia para fortalecer las capacidades adaptativas del ecosistema urbano ante la crisis climática. A partir del análisis de cuatro estudios de caso desarrollados en Madrid —

publicados como artículos científicos— se construye un marco teórico-metodológico que sintetiza aprendizajes, herramientas y estrategias orientadas a la transformación sistémica de las ciudades. adaptativa de las ciudades frente a los retos climáticos. En este sentido, la investigación se articula en torno a la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los elementos fundamentales que la experimentación urbana aporta a los procesos de planeamiento urbano orientados a la adaptación y descarbonización climática en las ciudades?

Desde esta interrogante, la tesis busca aportar al debate sobre la experimentación urbana mediante la conceptualización de “la ciudad como prototipo” referido como un espacio para la innovación institucional, la coproducción de conocimiento y la transición ecológica, donde el planeamiento no sólo da forma al entorno urbano, sino que también aprende, se adapta y se reinventa de forma colaborativa.

1.2. Objetivos de investigación

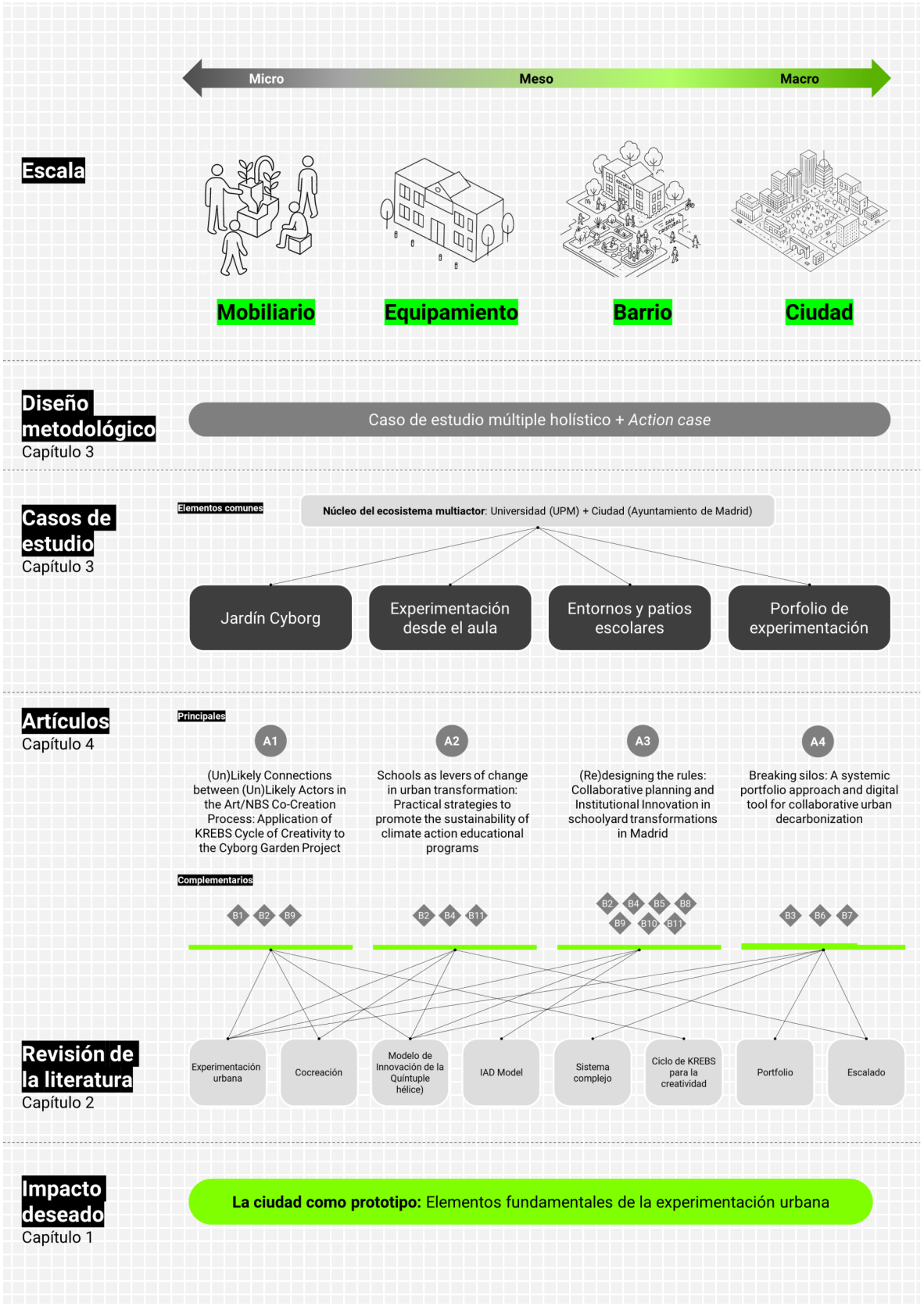
La presente investigación parte de la premisa de que la experimentación urbana puede constituirse en una vía estratégica para reconfigurar los marcos tradicionales de planeamiento frente a los desafíos del cambio climático. A partir de la pregunta de investigación, la tesis plantea cuatro objetivos específicos de investigación:

+ *Identificar cómo las estrategias de cocreación aplicadas en iniciativas de experimentación urbana producen conocimiento en los experimentos urbanos.*
+ *Identificar los factores que inciden en la sostenibilidad y la escalabilidad de los experimentos urbanos.*
+ *Comprender cómo se reconfiguran las reglas institucionales y los procesos asociados en el marco de los experimentos urbanos.*
+ *Desarrollar y poner a prueba marcos analíticos y operativos para diseñar, implementar y evaluar mecanismos y prácticas experimentales que articulen conocimiento y habiliten la toma de decisiones colectivas entre ecosistemas locales y externos.*

La presente tesis se fundamenta en una estrategia metodológica articulada a partir de un diseño de casos de estudio múltiples en los que el doctorando ha desempeñado un rol activo como coordinador, facilitador/intermediario y miembro del equipo. Este posicionamiento ha permitido una inmersión directa en los contextos estudiados, así como el acceso privilegiado a materiales empíricos, dinámicas de colaboración interinstitucional y procesos de cocreación.

Cada uno de los objetivos específicos de la tesis ha sido abordado mediante un caso empírico, desarrollado en profundidad y formalizado en forma de artículo científico revisado por pares y publicado en acceso abierto en revistas académicas internacionales de alto impacto (Ver Sección 4: Resultados). Estos estudios de caso constituyen tanto el corpus empírico como el vehículo de validación científica del proceso investigativo, y permiten triangular observaciones, interpretaciones y aprendizajes en distintos contextos organizativos, territoriales y operativos.

Como se menciona en la Sección 3 (metodología y materiales de la investigación), un elemento estructurante del enfoque metodológico adoptado es la dimensión escalar del análisis. A lo largo de la investigación se han identificado y trabajado cuatro escalas urbanas interrelacionadas, que permiten capturar tanto los procesos micro de experimentación urbana, como las dinámicas meso y macro que configuran la gobernanza experimental y el aprendizaje institucional a nivel de ciudad. Estas escalas —mobiliario, equipamiento, barrio y ciudad— no se abordan como compartimentos estancos, sino como planos interdependientes de acción y reflexión, desde los cuales se analizan las condiciones de posibilidad, las tensiones y los efectos de la experimentación urbana en distintos niveles del diseño urbano (Ver Figura 2).



↑ **Figura 2:** Desarrollo metodológico de la investigación basada en estudios de caso múltiple holístico y multiescalar. *Elaboración propia*

1.3. Motivación

A lo largo de los últimos ocho años, he desarrollado mi trayectoria profesional en la intersección entre la investigación aplicada y la coordinación de proyectos europeos centrados en la transición ecológica y social de las ciudades. Este recorrido comenzó tras culminar el Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo —impartido conjuntamente por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Universidad Complutense de Madrid (UCM)— que permitió incorporarme al Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano (itdUPM). Este centro actúa como un intermediario institucional entre el ámbito académico y diferentes ecosistemas multiactor, especializado en el diseño y facilitación de entornos colaborativos que impulsan procesos de transformación sistémica hacia la sostenibilidad.

Posteriormente, me integré al EIT Climate-KIC —la Comunidad Europea de Innovación Climática del Instituto Europeo de Innovación y Tecnología—, desde donde he participado en iniciativas dirigidas a promover nuevos enfoques de planificación urbana, basados en la innovación institucional, el aprendizaje organizacional y la gobernanza experimental. En este contexto, he formado parte del equipo facilitador de la Plataforma Española para la Misión Europea de Ciudades (citiES 2030), colaborando con más de quince ciudades españolas en la construcción de estrategias de descarbonización con orientación sistémica y transformadora.

Durante este tiempo, he coordinado cerca de quince proyectos europeos centrados en el fortalecimiento de capacidades institucionales mediante el desarrollo de mecanismos de colaboración entre actores públicos, académicos, empresariales y comunitarios. Estas experiencias me han permitido observar de forma directa el compromiso y la resiliencia de los equipos técnicos municipales, quienes, pese a operar en marcos administrativos rígidos, muestran una fuerte voluntad de innovación pública. Una de las lecciones más claras ha sido constatar que los retos climáticos, sociales e institucionales actuales no pueden enfrentarse desde intervenciones sectoriales o enfoques incrementales, sino que requieren de estrategias sistémicas e integradas que activen capacidades de aprendizaje, adaptación y acción colectiva.

Desde esta convicción ética, profesional y académica, surge la motivación de esta tesis doctoral: explorar el potencial de la experimentación urbana como enfoque legítimo de planificación y gestión urbana frente a los desafíos climáticos. La investigación se inscribe en el campo de la experimentación urbana, con el objetivo de contribuir al desarrollo conceptual, metodológico y operativo del prototipado urbano como herramienta para reconfigurar los marcos insti-

tucionales y epistémicos que limitan la transformación ecológica de las ciudades.

La tesis propone consolidar un marco teórico-práctico que reconozca la experimentación urbana como forma legítima de acción pública, no como alternativa paralela al planeamiento urbano tradicional, sino como estrategia complementaria que permita ensayar y escalar innovaciones en entornos reales. Este enfoque parte de la hipótesis que los procesos de experimentación urbana no solo permiten explorar soluciones técnicas o espaciales, sino que habilitan infraestructuras institucionales ágiles, democráticas y adaptativas, capaces de operar bajo condiciones de complejidad e incertidumbre. Sin embargo, resulta imperante identificar los elementos y condiciones habilitantes que posibilitan que los experimentos urbanos cumplan efectivamente este rol, evitando que se conviertan en prácticas aisladas, meramente simbólicas o fácilmente cooptadas por lógicas tecnocráticas.

En este sentido, el propósito del trabajo no es únicamente académico, sino también aplicado al ofrecer orientaciones útiles para fortalecer el rol del urbanista como intermediador de procesos colaborativos, en los que el conocimiento técnico se articula con saberes situados y configuraciones institucionales. Se busca contribuir a un urbanismo más reflexivo, experimental y transformador, en el que el planeamiento no solo prescriba, sino que aprenda, negocie y se reinvente en diálogo con los actores y territorios a los que afecta.

La tesis se apoya, además, en una base empírica sólida, ya que se nutre directamente de la experiencia acumulada en proyectos europeos competitivos desarrollados entre 2018 y 2025, en los que he desempeñado funciones de coordinación e intermediación. Esta posición me ha permitido el acceso directo a procesos de cocreación, documentación técnica, datos empíricos y ecosistemas multiactor clave.

No obstante, el diseño, el enfoque y los objetivos de la tesis han sido definidos con plena autonomía intelectual. El valor diferencial de la investigación no radica en la descripción de casos, sino en el análisis transversal y crítico de dichas experiencias, a partir del cual se formulan cuestionamientos originales y se generan aprendizajes con potencial de transferencia a otros contextos urbanos.

Por último, a lo largo del proceso de investigación he desarrollado de forma activa la diseminación del conocimiento generado, así como la formación sobre los principales avances, tanto en entornos universitarios como en espacios de capacitación dirigidos a técnicos municipales, contribuyendo así a su aplicabilidad práctica, su contraste y al fortalecimiento de capacidades institucionales para la transformación urbana.

1.4. Estructura de la tesis

La presente tesis doctoral se organiza en tres partes que responden las cuales articulan el marco conceptual, la estrategia metodológica, los resultados de la investigación y su proyección práctica.

La ciudad como prototipo: fundamentos, metodología y resultados

Tras la introducción, la sección 2 desarrolla el estado de la cuestión sobre la experimentación urbana como enfoque emergente para la transformación sostenible. Se analizan sus fundamentos conceptuales, dinámicas multiactor, procesos de producción colectiva de conocimiento y barreras para la escalabilidad. A partir de esta revisión crítica, se identifican vacíos teóricos y desafíos estratégicos que estructuran la agenda de investigación de la tesis. La sección 3 detalla la metodología de investigación utilizada, los objetivos, los materiales y métodos aplicados, así como los estudios de caso abordados en los cuatro artículos según cuatro escalas de análisis. La sección 4 presenta los resultados de la investigación, destacando los hallazgos clave de cada artículo y su análisis transversal en torno a los artículos principales, cada uno de los cuales aborda dimensiones específicas del problema. La sección 5 discute críticamente cómo la experimentación urbana puede fortalecer las capacidades del ecosistema multiactor, articulando evidencias empíricas contrastadas en torno a cuatro ejes: permanencia y escalabilidad, coproducción de conocimiento, enfoques de porfolio y el rol del urbanista como agente intermediador. Por último la sección 6 ofrece las conclusiones generales de la tesis, reflexiona sobre sus limitaciones y plantea oportunidades para investigaciones futuras que profundicen en la integración de la experimentación urbana como herramienta central de transformación sistémica.

Anexo I | Compendio de Artículos científicos

Esta parte compila los cuatro artículos científicos que conforman el núcleo de la tesis, en los que el doctorando es el autor principal. Estos son: A1) *Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs;* A2) (*Un)Likely Connections between (Un) Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project*; A3) (*Re) designing the rules: Collaborative planning and actor networks for the transformation of schoolyards in Madrid;* y, A4) *Breaking silos: A systemic portfolio approach and digital tool for collaborative urban decarbonisation.*

Asimismo, se incorporan publicaciones científicas y académicas complementarias que han contribuido a enriquecer tanto el proceso como los resultados finales de esta investigación. En estas publica-

ciones, el doctorando ha participado con distintos niveles de autoría, ya sea como autor principal o como coautor, desempeñando un rol activo en el desarrollo conceptual, metodológico y empírico de cada trabajo. Estas contribuciones, aunque no forman parte central del cuerpo principal de la tesis, han sido fundamentales para ampliar y contrastar enfoques, y consolidar la trayectoria investigadora del doctorando en el campo de estudio. Los artículos complementarios son once, dos científicos y nueve artículos de diseminación y comunicaciones técnicas.

Anexo II | Transferencia y Producción de conocimiento

La tercera parte da cuenta del contexto aplicado de la investigación. Se describen los proyectos nacionales y europeos en los que se enmarcan los estudios de caso analizados, subrayando el carácter situado y colaborativo de la investigación. También se documentan las actividades docentes desarrolladas por el doctorando en el marco de la tesis, las estrategias de diseminación y transferencia del conocimiento generado, así como los detalles de la estancia doctoral. Esta parte busca evidenciar la dimensión práctica y formativa del trabajo doctoral, en coherencia con su enfoque transdisciplinar y orientado al cambio sistémico.

RESUMEN

+ La crisis climática exige estrategias urbanas transformadoras, más allá de enfoques sectoriales o incrementales.
+ La experimentación urbana emerge como herramienta para enfrentar complejidad e incertidumbre en el planeamiento.
+ El prototipo se concibe como dispositivo epistémico, relacional y performativo que activa aprendizaje colectivo.
+ Persisten vacíos sobre escalabilidad, integración multiescalar y condiciones institucionales para sostener los experimentos urbanos.
+ Se busca consolidar un marco teórico-práctico que legitime la experimentación urbana como acción pública complementaria al planeamiento tradicional.
+ El trabajo de investigación de la tesis se nutre de proyectos europeos y de la práctica profesional del doctorando, aportando evidencia empírica.

2 | Estado de la cuestión:

La experimentación urbana como enfoque emergente de transformación

Este capítulo desarrolla el marco teórico de la tesis, situando la ciudad como sistema complejo y cuestionando con ello los enfoques tecnocráticos y lineales del planeamiento urbano. Se contrasta la visión tradicional con perspectivas humanísticas y deliberativas, introduciendo la noción de dilema de la planificación y la necesidad de enfoques híbridos. Posteriormente, se explora la emergencia de la experimentación urbana y sus múltiples tipologías destacando sus ambigüedades conceptuales y limitaciones de implantación. El capítulo profundiza en el rol de los ecosistemas multiactor, apoyándose en el QHIM, y en las dinámicas de cocreación , incluyendo el ciclo de KREBS. Finalmente, se analizan los desafíos para la escalabilidad y el enfoque de portfolio para consolidar aprendizajes, superar fragmentaciones y fortalecer la transformación sistémica.

2.1. De la planificación tradicional a los laboratorios urbanos: evolución conceptual y fundamentos de la experimentación

Sistemas complejos

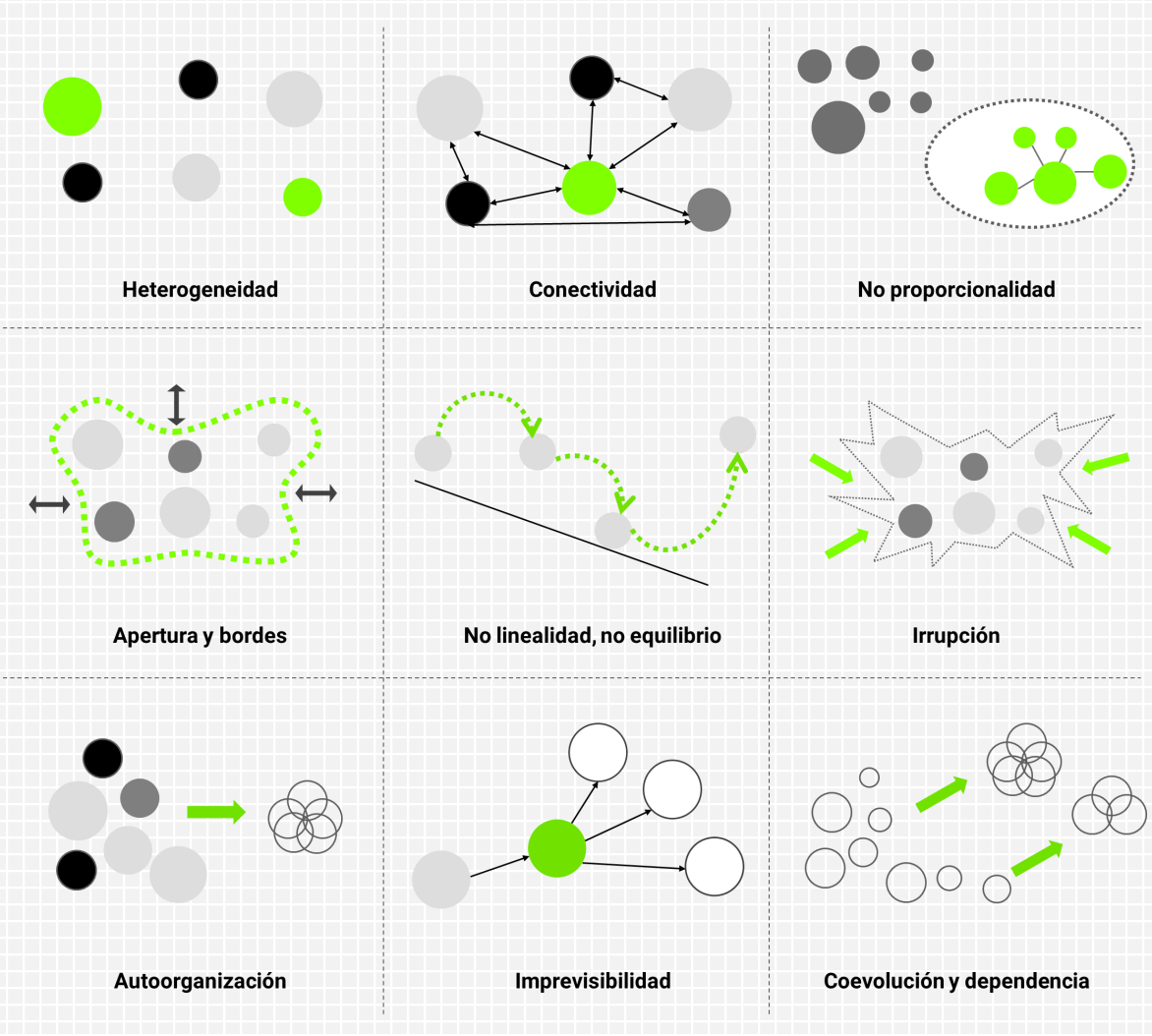
La ciudad contemporánea constituye un sistema complejo, en tanto estructura compuesta por elementos interconectados cuyas interacciones producen propiedades emergentes no reducibles al análisis de sus partes (De Roo & Silva, 2010; Fernández Güell, 2022). Esta comprensión desafía las visiones tradicionales de la planificación urbana, las cuales históricamente han concebido la ciudad como un sistema susceptible de ser descompuesto, analizado y gobernado mediante herramientas racionales y tecnológicas de corte determinista (Allmendinger, 2002; Scott, 2020). Este enfoque tecnocrático ha sido objeto de críticas por su difícil aplicación ante los llamados "problemas complejos" del urbanismo (Rittel & Webber, 1973), es decir, aquellos problemas sociales profundamente interrelacionados, inciertos y sin soluciones definitivas. Si bien no hay un consenso o una definición precisa sobre el concepto complejidad, Fernandez-Güell (2022) establece una serie de principios vinculados a los sistemas complejos, sistemas donde subyacen los problemas complejos (ver Figura 3). Estos principios son:

+ **Heterogeneidad:** Constan de un número elevado de elementos diversos con interacciones heterogéneas que se transforman en el espacio y tiempo
+ **Conectividad:** Se establecen redes de relación de dependencia en progresión geométrica según el número de elementos.
+ **No proporcionalidad:** La sumatoria de los elementos no configuran el sistema, sino la interacción de los elementos condiciona el rendimiento del sistema.
+ **Apertura al entorno y bordes difusos:** Debido a su naturaleza, no pueden ser aislados de su contexto y su delimitación resulta poco clara.
+ **No linealidad y no equilibrio:** Debido a las constantes interacciones internas (con los elementos) y externas (otros sistemas), experimentan múltiples estados sin volver a fases previas.
+ **Irrupción:** Vinculado al principio anterior, las interacciones internas y externas configuran nuevos patrones de comportamiento de forma inesperada e imprevisible.
+ **Autoorganización:** Los sistemas complejos se adaptan a

entornos cambiantes configurando nuevas estructuras según tiempo, espacio y función.

+ **Imprevisibilidad:** Vinculado al principio de irrupción, resulta poco factible proyectar patrones de comportamiento en los sistemas complejos.

+ **Coevolución y dependencia:** Los sistemas se transforman en estrecha relación con sus elementos internos y los sistemas colindantes.



↑ **Figura 3:** Principios de los sistemas complejos. Basado en Fernández-Güell (2022). *Elaboración propia*

Durante gran parte del siglo XX, el planeamiento urbano ha estado dominado por enfoques racionalistas y tecnocráticos, orientados a establecer marcos normativos y predictivos para la organización de la ciudad. Estos modelos, basados en una lógica secuencial de diagnóstico, diseño y ejecución, se estructuraron sobre la idea de que la ciudad podía ser planificada como un sistema estable y lineal (Healey, 2020). Sin embargo, la creciente complejidad e incertidumbre que caracteriza a los desafíos urbanos

contemporáneos —como el cambio climático, las desigualdades sociales o la fragmentación institucional— ha evidenciado los límites de estos enfoques prescriptivos (Funtowicz, & Ravetz, ,1993; Evans, Karvonen & Raven, 2016).

Por otro lado, el paradigma de la escasez, el cual ha dominado gran parte del pensamiento económico y la planificación urbana del siglo XX, también ha sido cuestionado por un enfoque que sitúa la abundancia de información , tecnologías y ecosistemas multiactor como motor de la innovación (Anderson, 2009; Ostrom, 2009; Drucker, 2012). En este contexto, la gestión de la abundancia no implica únicamente disponer de más recursos, sino organizarlos y redistribuirlos estratégicamente para maximizar su valor sistémico, fomentando la creatividad, la resiliencia y la justicia socio-ecológica (Elkington, 1999; Diamandis & Kotler, 2012; Kelly, 2010).

Este enfoque, entra en tensión con los marcos institucionales existentes, caracterizados por rigidez organizativa, fragmentación sectorial y modelos operativos diseñados para contextos estables, normativos y jerárquicos (Weber, 1978; Anderson, 2009; Romero-Muñoz et al., 2023). Estas estructuras obstaculizan la adopción de modelos más dinámicos de gestión urbana, limitando la innovación y la capacidad de respuesta ante desafíos complejos como el cambio climático (Kattel & Mazzucato, 2018) (Revisar A1 y A2 del compendio de artículos).

Frente a esta visión, diversos autores desde enfoques humanísticos han promovido la necesidad de repensar la ciudad desde su complejidad inherente. Alexander (1967) y Jacobs (1961) cuestionaron la planificación racionalista por su tendencia a simplificar la realidad urbana, omitiendo las dinámicas sociales, culturales y afectivas que dan vida a la ciudad. Esta crítica a la simplificación técnica de la planificación ha sido reforzada por enfoques pluralistas, como el de Davidoff (1965), quien defendió el *"advocacy planning"* como una práctica orientada a visibilizar y representar activamente los intereses de grupos excluidos. Su propuesta supone un reconocimiento explícito de que no existe un único interés público, sino múltiples racionalidades en conflicto que deben ser escuchadas y negociadas. En este sentido, la planificación se concibe como una práctica democrática deliberativa que debe acoger la diversidad de visiones y disputar las formas legítimas de imaginar la ciudad, donde la planificación urbana se reinterpreta como un proceso colectivo y abierto, en el que la participación ciudadana constituye no sólo un derecho democrático sino una condición epistemológica para comprender y actuar sobre lo urbano (Jacobs, 1961).

En esta línea, Arnstein (1969) propuso una influyente "*escalera de participación ciudadana"*, que diferencia niveles de involucramiento desde formas manipulativas hasta el control ciudadano efectivo. Su

planteamiento invita a superar enfoques participativos simbólicos o consultivos, y avanzar hacia formas de gobernanza donde la ciudadanía no solo sean escuchados, sino que puedan ejercer poder real en la toma de decisiones sobre su entorno urbano.

Esta polarización entre enfoques tecnocráticos y humanísticos ha dado lugar al denominado *"dilema de la planificación"*, representado como un péndulo que oscila entre ambos extremos. Esta teoría ha sido desarrollada por Portugali (2011), quien describe cómo las teorías y prácticas urbanas se mueven históricamente entre enfoques *top-down,* centrados en el control y la predicción, y enfoques *bottom-up*, basados en la autoorganización, la emergencia y la participación ciudadana. Lejos de buscar una síntesis estática, este movimiento pendular revela la necesidad de enfoques híbridos capaces de navegar la tensión entre orden y caos, disciplina y creatividad. Desde esta perspectiva, Innes y Booher (1999) argumentan que los sistemas urbanos deben abordarse como sistemas adaptativos, donde los procesos de consenso se construyen a través del diálogo iterativo y la deliberación entre actores interdependientes. No se trata de alcanzar acuerdos universales, sino de sostener estructuras que favorezcan el aprendizaje colectivo y la toma de decisión situada.

Autores como Zellner y Campbell (2015) refuerzan esta visión, señalando que las herramientas propias del análisis de sistemas complejos no resuelven por sí mismas los problemas urbanos, pero sí pueden facilitar procesos de toma de decisiones más democráticas cuando se integran en dinámicas participativas.

El reconocimiento de la ciudad como sistema complejo implica un cambio epistemológico en el urbanismo, de una ciencia basada en el control y la predicción, hacia una orientada a gestionar la incertidumbre, la pluralidad de saberes y la coevolución de actores y contextos (De Roo & Silva, 2010; Fernández Güell, 2022). Esta transición exige no solo nuevas herramientas, sino también una transformación profunda de las culturas profesionales, institucionales y ciudadanas implicadas en la planificación.

Ante esta tensión estructural, la teoría de la segunda curva —o el segundo sistema operativo— de Charles Handy (2016) ofrece una clave analítica valiosa. Handy propone la coexistencia de dos sistemas operativos dentro de las organizaciones, transportable a otros contextos: uno dominante, centrado en la estabilidad y la eficiencia (la primera curva), y otro emergente, orientado a la innovación, la adaptabilidad y la experimentación (la segunda curva).

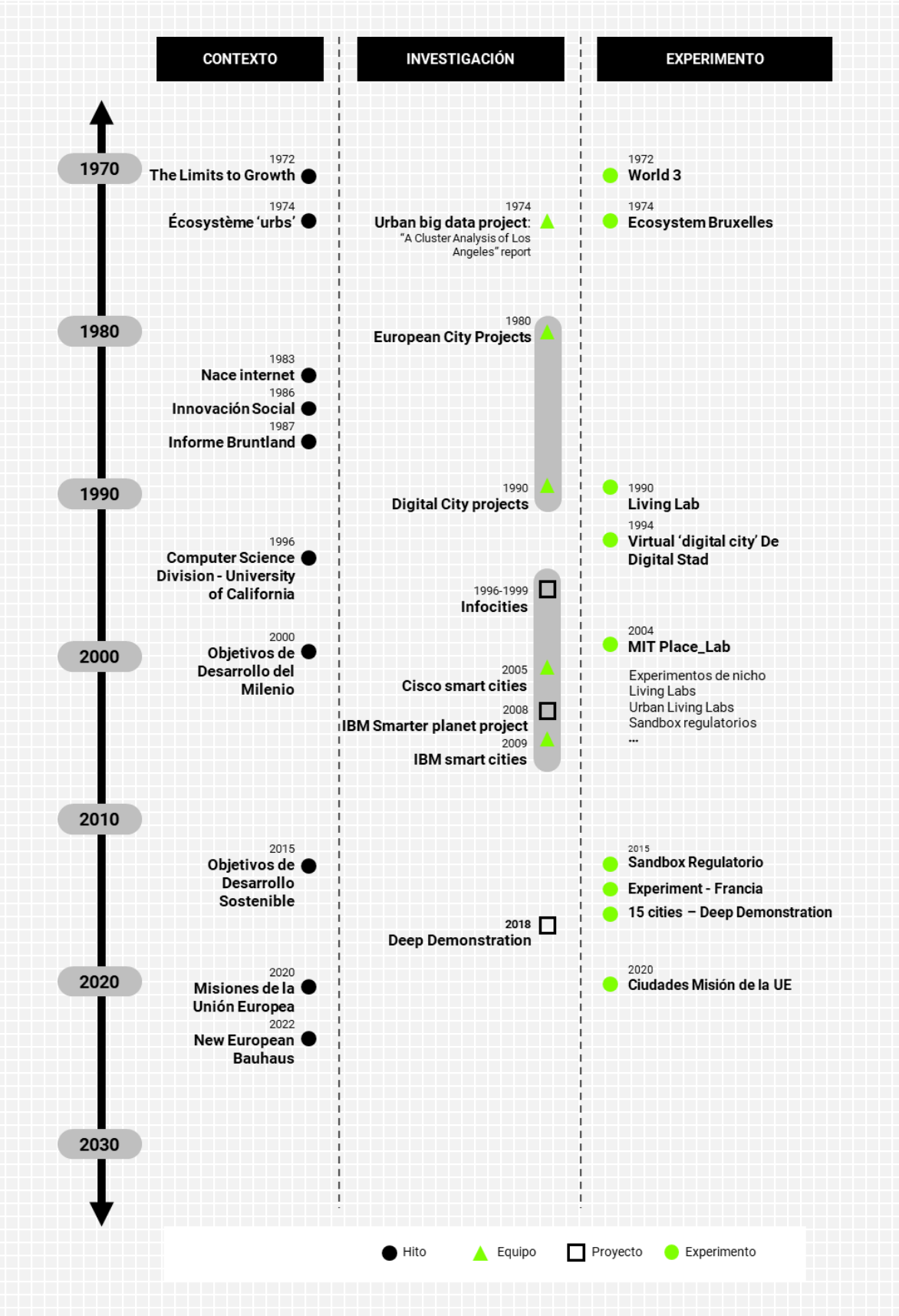
Experimentación urbana

Es en este contexto donde emergen nuevas formas de acción urbana basadas en la experimentación, entendida como la práctica situada que permite explorar, testear e iterar soluciones a

problemas urbanos complejos en condiciones reales (Evans et al., 2014; 2016). Desde los años 70, los avances tecnológicos y la innovación social han promovido la generación de estrategias experimentales a través de conceptos como los experimentos de nicho, *Living Labs, Urban Living Labs (ULLs), Regulatory sandbox*, entre otros, que se presentan como instrumentos disruptivos a los modelos de planificación moderna (Ver Figura 4). Esta transición epistemológica ha dado lugar a un campo emergente de prácticas que constituyen plataformas híbridas entre planificación, investigación aplicada e innovación social (Evans et al., 2014; Marvin, Bulkeley, 2016).

Los ULLs, en particular, han emergido como espacios privilegiados para el diseño colaborativo, el aprendizaje institucional y la gobernanza experimental en contextos urbanos (Voytenko et al., 2016; Steen & van Bueren, 2017). Su proliferación ha sido alentada por marcos estratégicos globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Pacto Verde Europeo y la Agenda Urbana de la Unión Europea. Sin embargo, el concepto de ULL sigue siendo aún polisémico y de poca claridad aplicada. Mientras que algunas interpretaciones los reducen a entornos de prueba para soluciones tecnológicas bajo condiciones controladas o demostrativas, otras perspectivas —en línea con los enfoques de la transición— los consideran iniciativas inclusivas, basadas en la práctica y orientadas por desafíos sociales, diseñadas para promover la innovación sistémica mediante aprendizaje social en condiciones de profunda incertidumbre (Franziska E. 2023; Sengers et al., 2016). La Tabla 1 sintetiza los principales enfoques y conceptos asociados a los ULL destacando sus características clave y autores de referencia. Estos conceptos han sido seleccionados por su relevancia en el campo de la innovación urbana y la sostenibilidad, y permite comprender la diversidad de tipologías, escalas y objetivos que asumen estos laboratorios en contextos reales de cambio.

Esta ambigüedad conceptual ha generado debates en torno a la capacidad real de los ULLs para generar transformaciones estructurales, más allá de la innovación incremental. En algunos casos, su potencial transformador ha sido limitado por la cooptación de lo experimental por lógicas tecnocráticas o de mercado, que reducen su capacidad disruptiva y lo alejan de procesos democráticos de coproducción de conocimiento y acción colectiva (Nevens et al., 2013; Loorbach, 2007; Sengers et al., 2016). Como señalan Sengers et al. (2016), el riesgo de que estos espacios se conviertan en instrumentos simbólicos o superficiales puede incrementarse cuando se excluyen visiones divergentes o actores no convencionales del proceso de experimentación. En este sentido, su eficacia transformadora podría depender en gran medida de la capacidad para incluir una diversidad de actores, sostener compromisos institucionales a largo plazo y negociar marcos problemáticos abiertos, todo lo cual constituye un reto central para la gobernanza urbana contemporánea.



↑ **Figura 4:** Evolución cronológica sobre las líneas de pensamiento de los experimentos urbanos. *Elaboración propia*

→ **Tabla 1:** Conceptos, descripciones y autores que desarrollan conceptos vinculados a los laboratorios urbanos. (*Elaboración propia)*

Concepto	Descripción	Autores de referencia
Experimento de nicho	Espacio protegido para el desarrollo de innovaciones pioneras que enfrentan resistencias del régimen dominante. Permiten aprendizaje, desarrollo y empoderamiento.	Kemp et al. (1998); Schot & Geels (2008); Smith & Raven (2012)
Experimento sociotécnico acotado	Introducción deliberada de una innovación sociotécnica a pequeña escala y en contextos reales, con énfasis en el aprendizaje social.	Brown & Vergragt (2008); Bandura (1977); Argyris & Schön (1978)
Experimento de transición	Proyecto orientado a desafíos sistémicos que busca transformar regímenes a través de procesos participativos y aprendizaje estructural.	Van den Bosch & Rotmans (2008); Loorbach (2007); Rotmans et al. (2001)
Experimento de base	Iniciativas comunitarias o de sociedad civil que promueven innovación social desde abajo, a menudo en contextos vulnerables o marginales.	Seyfang & Smith (2007); Seyfang (2010)
Experimento de sostenibilidad	Iniciativas planificadas que incorporan configuraciones sociotécnicas novedosas con potencial de sostenibilidad, especialmente en el Sur Global.	Berkhout et al. (2010); Wieczorek et al. (2015); Sengers & Raven (2015)
Laboratorio de transición urbana (*Urban Transition Lab*)	Espacio experimental para cocrear acciones transformadoras en ciudades a través de procesos participativos orientados al aprendizaje institucional.	Nevens et al. (2013)
Living Lab	Entorno de experimentación en condiciones reales donde usuarios, instituciones, empresas y academia co-diseñan, testean y evalúan soluciones innovadoras.	Leminen et al. (2012); Steen & van Bueren (2017)
Urban Living Lab	Aplicación específica del enfoque Living Lab al contexto urbano, centrado en la transformación de entornos urbanos mediante gobernanza colaborativa, experimentación situada y aprendizaje institucional.	Voytenko et al. (2016); Marvin et al. (2016);
Experimento de gobernanza	Configuración institucional que busca innovar en los modos de toma de decisiones a través de planificación colaborativa y aprendizaje social.	Bos & Brown (2012)
Experimento climático urbano	Intervención intencional y estratégica en nombre de una comunidad urbana para mitigar o adaptarse al cambio climático.	Bulkeley et al. (2015);
Sandbox regulatorio	Entorno de prueba controlado que permite la implementación temporal de excepciones normativas para testar innovaciones regulatorias o tecnológicas sin los riesgos legales habituales.	Kalmán, J. 2025

En contraposición a estas visiones instrumentalizadas, el urbanismo colaborativo ha aportado una crítica relevante al planeamiento convencional, defendiendo la necesidad de incorporar múltiples racionalidades, saberes situados y procesos deliberativos en la toma de decisiones urbanas (Friedmann, 2020; Innes & Booher, 2010). Este enfoque no solo promueve una visión más democrática del planeamiento, sino que también reconoce el valor del aprendizaje colectivo como motores de transformación urbana. Dentro de este marco, la experimentación urbana adquiere una dimensión más política, al desafiar las formas tradicionales de autoridad técnica y abrir espacio a la acción cívica, la creatividad institucional y la producción compartida de conocimiento (Ostrom, 2009; 2010).

Autores como Marvin y Silver (2016) han analizado el surgimiento de la "ciudad experimental" como un nuevo régimen de gobernanza, en el cual lo experimental se institucionaliza como lógica de intervención urbana. Desde esta perspectiva, la experimentación urbana ha evolucionado desde enfoques orientados al *testing* tecnológico o la gestión de proyectos piloto, hacia formas más complejas y sistémicas de innovación institucional. Esta evolución incluye una creciente integración con marcos de transición sociotécnica, producción de conocimiento situado, gobernanza adaptativa y nuevas ecologías de actores públicos, privados y sociales (Soberón M., 2024).

En este sentido, la experimentación urbana puede definirse como una práctica colectiva, iterativa y situada, orientada a transformar las condiciones materiales, relacionales e institucionales que configuran la acción urbana, mediante intervenciones diseñadas para explorar alternativas y aprender en contextos de incertidumbre (Evans, 2014; 2016; Sengers, et al. 2016).

Esta definición enfatiza su carácter epistemológico, político y operativo. Sin embargo, su despliegue encuentra fricciones estructurales al confrontar el enfoque abierto, adaptativo y transdisciplinar que caracteriza a los experimentos urbanos, con las lógicas dominantes del urbanismo tecnocrático, más orientadas al control, la linealidad y la eficiencia. Estas fricciones no son sólo metodológicas, sino también ideológicas, al poner en cuestión quién produce el conocimiento válido, cómo se define el interés público y qué formas de ciudad se legitiman como deseables.

Expuesto lo anterior se han identificados cuatro tipos de vacíos entorno a la experimentación urbana:

1. **Vacíos condicionales u operativos,** referidos a la falta de claridad sobre las condiciones que permiten que los experimentos urbanos generen aprendizajes transferibles o escalables, así como su integración efectiva en marcos de

acción más amplios.

2. **Vacíos de articulación multiescalar,** que evidencian la escasa conexión entre las intervenciones a nivel micro —como los pilotos locales o proyectos de barrio— y los marcos de planeamiento estratégico o regulatorio a nivel municipal, regional o nacional.

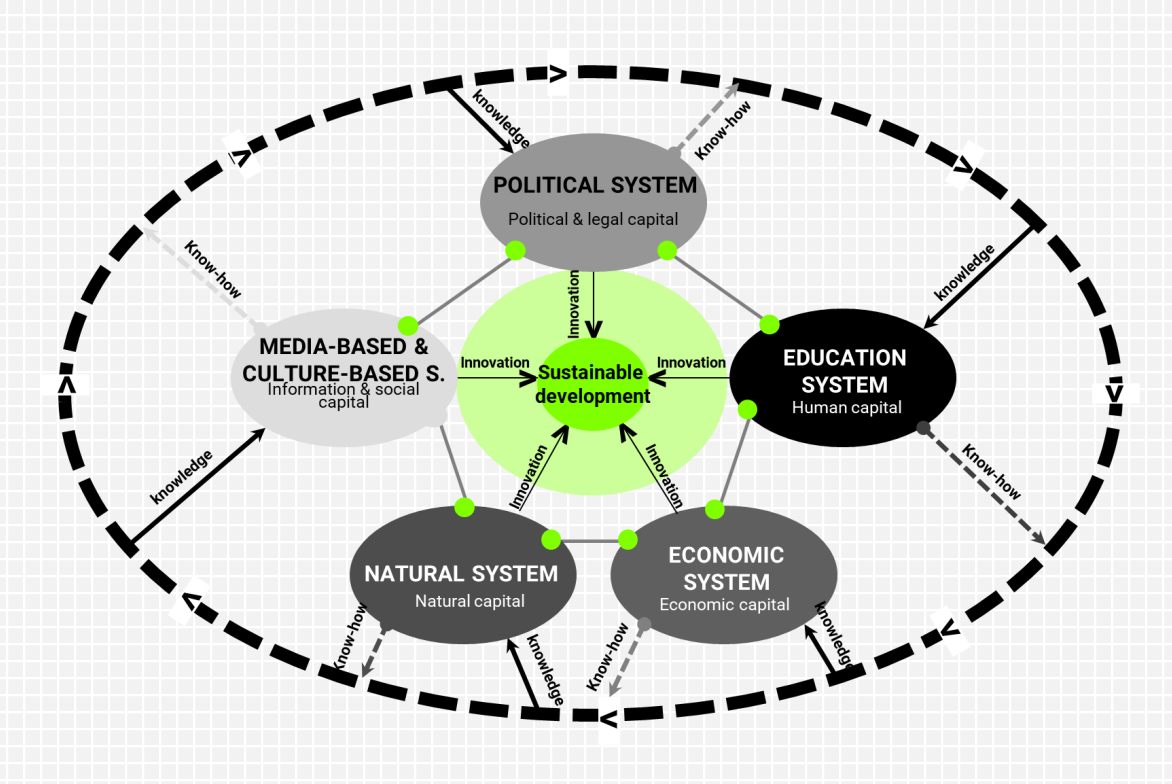
3. **Vacíos teóricos o analíticos,** relacionados con una débil conceptualización de los efectos de los experimentos urbanos en la redistribución de poder, capacidades y agencia entre los actores involucrados, especialmente en contextos institucionales complejos.

4. **Vacíos evaluativos o instrumentales,** vinculados a la carencia de marcos e instrumentos adecuados para evaluar la eficacia de los experimentos urbanos en términos de transformación institucional, más allá de su valor como innovación técnica o social.

2.2. Configuración y sostenibilidad de ecosistemas multiactor para la experimentación urbana

Modelo de Innovación de la Quíntuple Hélice

Como se mencionó en la sección anterior, la experimentación urbana se basa en la confluencia de ecosistemas multiactor que coproducen conocimiento, toman decisiones y desarrollan soluciones en contextos reales (Evans, 2014; 2016; Sengers, et al. 2016). Este ecosistema exige marcos de colaboración capaces de sostener la interacción entre sectores público, privado, académico, comunitario y mediático, lo que ha dado lugar al despliegue de modelos sobre el flujo de conocimiento tales como el Modelo de Innovación de la Quíntuple Hélice (QHIM) (en inglés *Quíntuple Helix Innovation Model*) (Carayannis et al., 2012a; 2012b), que extiende el enfoque tradicional de innovación más allá de la triple hélice sistema educativo, político y económico (Carayannis & Campbell, 2010). La incorporación de la sociedad civil y el medio ambiente como hélices adicionales responde al reconocimiento de que los retos urbanos contemporáneos, (especialmente la adaptación y descarbonización climática) requieren innovaciones no solo tecnológicas, sino también sociales e institucionales (ver Figura 5).



↑ **Figura 5**: Modelo de innovación de la Quíntuple Hélice. Basado en Carayannis (2012). *Elaboración propia*

El QHIM conceptualiza los ecosistemas multiactor como ensamblajes dinámicos donde circulan conocimientos e innovación para el desarrollo sostenible. Su valor reside en que no presupone una jerarquía fija entre actores, sino que reconoce el papel evolutivo de cada uno. La universidad aporta capacidades analíticas y metodológicas; las empresas, recursos técnicos y financieros; el gobierno, el marco normativo y la escala de implementación; la ciudadanía, saberes situados, demandas y legitimidad social; y el entorno natural, los límites biofísicos y los servicios ecosistémicos que condicionan y orientan las intervenciones urbanas (Carayannis et al., 2016). No obstante, como ocurre con cualquier modelo, el planteamiento de Carayannis adolece de cierta rigidez al asignar de manera predeterminada un tipo de actor a cada sistema —por ejemplo, al sistema político las administraciones públicas y el cuerpo político, o al sistema educativo las universidades y centros tecnológicos—, dejando fuera actores que ocupan posiciones híbridas o interseccionales, como las redes internacionales, las plataformas ciudadanas o determinadas instituciones culturales, que pueden desempeñar un doble rol y atravesar varios sistemas a la vez. Esta limitación obliga a considerar al QHIM no como una taxonomía cerrada, sino como una herramienta heurística abierta a reinterpretaciones contextuales.

Desde esta perspectiva, los ecosistemas multiactor no son estructuras fijas, sino configuraciones que deben construirse, mantenerse y adaptarse continuamente. Estas condiciones han sido ampliamente estudiadas en la literatura científica sobre transiciones sociotécnicas (Geels, 2002; Bulkeley et al., 2015; Frantzeskaki et al., 2017). A falta de una arquitectura institucional adecuada, los procesos de colaboración pueden colapsar por la ausencia de objetivos compartidos, la competencia entre agendas o la asimetría en capacidades de incidencia, tal como se explica a continuación:

1. **La gestión y coordinación entre actores con racionalidades diversas:** Las administraciones públicas tienden a operar bajo lógicas de control, predictibilidad y rendición de cuentas, mientras que otros actores como las comunidades locales o colectivos valoran la flexibilidad, la apertura y la adaptación continua. En este marco, Innes y Booher (2010) proponen el concepto de "*racionalidad colaborativa*" como una forma de planificación orientada a procesos deliberativos, donde el entendimiento mutuo y el reconocimiento de la diversidad reemplazan a la búsqueda de soluciones óptimas desde arriba. Esta lógica permite afrontar la complejidad sin necesidad de simplificarla, articulando procesos más flexibles y adaptativos. Sin embargo, esto puede generar tensiones al momento de definir los objetivos de un experimento urbano, su duración, métricas de evaluación o criterios para su potencial escalado. Además, la gobernanza

multinivel añade otra capa de complejidad, al requerir que las iniciativas locales dialoguen con estrategias regionales, nacionales o internacionales, cada una con tiempos, códigos y prioridades distintas (Smith & Raven, 2012; Truffer et al., 2015).

2. **La sostenibilidad política y financiera de los ecosistemas:** A diferencia de la gestión de proyectos con cronogramas cerrados y presupuestos definidos, los procesos experimentales demandan recursos que evolucionan en función del aprendizaje, la iteración y la capacidad de escalar. Esto implica asegurar no solo fuentes de financiación diversificadas (por ejemplo, fondos públicos, filantropía, alianzas con el sector privado), sino también el compromiso político sostenido de las instituciones que deben habilitar estos espacios (Deiglmeier, K., & Greco, A.,2018).

3. **Nuevos valores en las culturas organizativas:** Los ecosistemas multiactor requieren culturas organizacionales que valoren el aprendizaje colectivo, el ensayo-error y la producción colaborativa de conocimiento. Este tipo de cultura institucional sigue siendo incipiente en muchas administraciones urbanas, donde persisten estructuras jerárquicas, departamentalización y resistencias a formas no convencionales de hacer ciudad. La literatura sobre laboratorios urbanos muestra que, cuando no se reconocen estas fricciones, los procesos se banalizan y pierden su capacidad transformadora (Torrens & von Wirth, 2021; Romero-Muñoz et al., 2024) (Revisar A2 del compendio de artículos).

Por otro lado, es importante reconocer que la diversidad de saberes en los ecosistemas multiactor de los experimentos urbanos implica una reivindicación del espacio como construcción política y epistémica. Desde esta perspectiva, la producción colaborativa de conocimiento no puede desligarse de las dinámicas de poder que configuran quién participa, qué formas de saber son legitimadas y qué intereses prevalecen en la transformación del entorno urbano.

Autores como Henri Lefebvre (1974, 1991) han planteado que el espacio urbano no es una entidad neutral ni meramente física, sino una construcción social atravesada por relaciones de dominación, donde el “derecho a la ciudad” se configura como una demanda colectiva de apropiación, uso y significación del espacio por parte de quienes lo habitan. En continuidad con esta visión, Edward Soja (2010) retoma y amplifica la noción de *justice spatiale*, entendiendo la justicia espacial no sólo como una distribución equitativa de bienes, sino como la capacidad de incidir en la producción misma del espacio urbano, integrando saberes marginados en la toma de decisiones.

Desde una mirada complementaria, Richard Sennett (2018) ha defendido la necesidad de una ciudad abierta y porosa, capaz de acoger la diferencia y fomentar formas de colaboración que no anulen el conflicto, sino que lo metabolizan como fuente de aprendizaje colectivo. Esta visión pone en valor no sólo la inclusión formal, sino la calidad de las interacciones entre actores diversos, lo que conecta directamente con la noción de racionalidad colaborativa y los desafíos de intermediación en ecosistemas multiactor.

Por su parte, Peter Marcuse (2009) ha advertido sobre los riesgos de que la retórica participativa sea cooptada por dinámicas neoliberales, reproduciendo exclusiones a través de procesos simbólicamente inclusivos, pero materialmente injustos. En este sentido, Brenner, Marcuse & Mayer (2012) proponen una lectura crítica del urbanismo como proceso históricamente estructurado, que exige desenmascarar las relaciones de poder que subyacen a las formas dominantes de conocimiento, planeamiento y gestión del territorio.

Incorporar estas perspectivas permite enmarcar la valorización de saberes plurales no sólo como una cuestión metodológica o instrumental, sino como una apuesta ética y política por construir formas de planificación más justas, democráticas y transformadoras. Implica disputar las epistemologías hegemónicas que históricamente han invisibilizado el conocimiento situado de las clases trabajadoras, las comunidades racializadas y otros grupos subalternizados, y abrir paso a procesos coproducidos, en los que la legitimidad no emane únicamente del saber experto, sino también de la experiencia vivida, la memoria colectiva y los vínculos territoriales.

IAD Model

Esta apertura epistémica, sin embargo, implica también desafíos, tales como: ¿qué saberes se legitiman como válidos?, ¿quién define los criterios de éxito de un experimento?, ¿cómo se evitan dinámicas extractivas o la instrumentalización del conocimiento comunitario? En contextos de incertidumbre y alta complejidad, como señalan Ravetz (1999) e Innes & Booher (2010), avanzar hacia formas de conocimiento transdisciplinar y colaborativo no sólo es deseable, sino necesario para construir legitimidad y eficacia en la acción transformadora.

En esta línea, resulta pertinente recuperar el Marco de Análisis y Desarrollo Institucional (IAD) de Ostrom (1990), que propone desagregar cualquier situación de acción en tres componentes fundamentales: las reglas en uso que definen lo que los actores pueden, deben o no deben hacer; los atributos de los actores, que incluyen sus capacidades, intereses y recursos; y las condiciones materiales del mundo biofísico, que enmarcan y limitan las interacciones. El IAD permite observar cómo estas variables

interactúan en un "arena de acción" concreta, donde los resultados no son predeterminados, sino fruto de equilibrios dinámicos mediados por la cooperación, el conflicto y el aprendizaje. Aplicado a los ecosistemas multiactor urbanos, este marco ayuda a identificar no sólo qué actores participan, sino bajo qué reglas lo hacen, qué recursos movilizan y cómo los condicionantes institucionales y materiales afectan a la sostenibilidad de los procesos de experimentación (Revisar A3 del compendio de artículos).

Es por lo que la sostenibilidad de los ecosistemas multiactor exige superar tanto las visiones lineales de la innovación como las prácticas de participación simbólica. Implica transitar de formas de relación transaccionales hacia formas transformacionales (Moreno, 2022), capaces de sostener procesos abiertos, adaptativos y distribuidos. Este tipo de ecosistemas no solo permitirían diseñar soluciones a los retos urbanos contemporáneos, sino también ensayar nuevas formas de institucionalidad democrática, más sensibles al contexto, más inclusivas y orientadas al largo plazo.

2.3. La experimentación urbana como práctica de producción colectiva de conocimiento

Como se ha mencionado en la sección 2.2, uno de los principales aportes de la experimentación urbana contemporánea es su capacidad para activar procesos de coproducción y cocreación en contextos situados. Esta dimensión epistémica es clave para repensar el diseño urbano más allá de los marcos tecnocráticos tradicionales, al reconocer que el conocimiento necesario para transformar las ciudades no reside únicamente en la técnica o la academia, sino también en los saberes ciudadanos, organizativos y territoriales que emergen en el hacer compartido (Carayannis & Campbell, 2010; Carayannis et al., 2012a; 2012b).

Cocreación

En el ámbito de la innovación, conceptos como coproducción y cocreación han ganado relevancia aludiendo a formas de colaboración entre múltiples actores para abordar la creciente complejidad de los problemas sociales. Aunque a menudo utilizados de manera indistinta, ambos términos responden a genealogías y énfasis distintos que conviene precisar. En la Tabla 2 se exploran las dimensiones distintivas desde la coproducción a la cocreación.

La coproducción, acuñada inicialmente en el ámbito de los estudios sobre gobernanza de bienes comunes (Ostrom, 1996; Boyle y Harris, 2009), alude a la colaboración entre el Estado y la ciudadanía en la provisión de servicios públicos, destacando una redistribución de roles y capacidades. En el contexto urbano, la coproducción ha sido clave para problematizar la relación entre el diseño institucional y el desempeño de las políticas públicas, visibilizando la agencia de los actores no estatales en la producción del bienestar colectivo.

La cocreación, en cambio, ha emergido como un enfoque más amplio e intencionadamente transdisciplinar, que no se limita a la provisión de servicios, sino que abarca todo el ciclo de intervención, desde la identificación del problema hasta la evaluación de soluciones (Voorberg et al., 2015; Stott, 2018). Su foco reside en generar valor público mediante procesos dialógicos, creativos y horizontales, en los que los diferentes actores colaboran y construyen conjuntamente significados, expectativas y visiones de futuro.

La cocreación incorpora dimensiones epistémicas y simbólicas, al cuestionar quién decide, qué cuenta como conocimiento válido y cómo se definen los criterios de éxito de una intervención (Manzini, 2015; Trischler et al., 2018).

→ **Tabla 2**: Conceptos, descripciones y autores relacionados con la cocreación. *Elaboración propia*

Concepto	Autores	Descripción
Coproducción	Elinor Ostrom (1996)	Centra su trabajo en la relación entre los servicios y las comunidades. Tenía un interés particular en la economía cooperativa y en cómo las comunidades gestionan los recursos comunes.
	Boyle & Harris (2009)	Es la prestación de servicios públicos en una relación igualitaria y recíproca entre los profesionales, las personas que utilizan los servicios, sus familias y sus vecinos. Cuando las actividades se coproducen de esta manera, tanto los servicios como los barrios se convierten en agentes de cambio mucho más efectivos.
Codiseño	Szebeko & Tan, (2010)	También conocido como diseño participativo o diseño colaborativo, es la promoción de colectivos ciudadanos en la implicación en los procesos creativos de la arquitectura y el diseño, y su valoración como socios en los procesos de producción y toma de decisiones.
Co-construction	Hargreaves (2006)	"La voluntad de tratar a los educandos como socios activos en el diseño, la implementación y la evaluación de su educación".
	Osborne et al (2016)	Confiere conocimientos y aprendizajes como consecuencia del proceso de construcción
Co-innovación	Lee et al., (2012)	"Se trata de un modelo de gestión empresarial donde confluyen ideas externas, colaborativas y co-creativas para crear valor organizativo y compartido' como resultado de un nuevo 'ecosistema' de interdependencia entre actores individuales y organizacionales de diferentes sectores".
Cocreación	Voorberg et al., (2015)	Un proceso de colaboración y participación activa entre diferentes actores provenientes de diferentes procedencias con el objetivo de generar valor. Implica una relación de igualdad entre los participantes basada en la transparencia, el diálogo y la confianza.
	Prahalad y Ramaswamy (2000)	"... proceso para un mejor compromiso entre las empresas y sus clientes en respuesta a los cambios provocados por la globalización, que incluyen: un mayor escrutinio público a través del acceso a la información, un aumento de las redes a través de las redes sociales y las fronteras geográficas, una mejor elección del cliente y la experimentación con diferentes servicios y productos".
	Trischler, et al (2018)	Un nuevo paradigma de contacto con el cliente se origina a través de la cocreación: el papel del cliente/ciudadano ya no se limita a ser el usuario final de un producto o servicio. En cambio, el cliente/ciudadano también se convierte en cocreador y co-diseñador. En otras palabras: las personas ya no son un sujeto; Están evolucionando para convertirse en un verdadero socio.
	Stott, L. (2018)	Es una forma nueva y más inclusiva de desarrollar y entregar bienes y servicios públicos. En respuesta a las preocupaciones sobre hasta qué punto el Estado, por un lado, y el mercado, por el otro, pueden proporcionar de manera realista servicios públicos que satisfagan adecuadamente las necesidades de los diferentes ciudadanos, el concepto de cocreación se ha posicionado como parte integral de una nueva forma de gobernanza que implica la contribución de múltiples actores a los servicios públicos.

Esta perspectiva se alinea con la noción de acción comunicativa en el sentido habermasiano (Habermas, 1987), según la cual los acuerdos no se imponen unilateralmente, sino que se construyen mediante la deliberación racional entre actores libres e iguales. Desde este enfoque, la validez del conocimiento no depende exclusivamente de su origen técnico, sino de su capacidad para ser comprendido, aceptado y justificado en un espacio compartido de diálogo (Habermas, 1987).

Por otro lado, autoras como Maria Lind (2007) describen la cocreación en las artes como un concepto abierto que ofrece predominantemente dos vías de participación. En el caso de la cocreación, basada en la noción de colaboración, existe un beneficio mutuo de los socios. Sin embargo, con la participación, los miembros solo pueden dar forma al desarrollo de una situación, cuyo marco está predefinido por el artista o por otra persona" (Lind, M. 2007). En el mismo hilo, Clair Bishop (2012) esboza tres principales fuentes motivadoras para la cocreación en las prácticas artísticas: (1) introducir el empoderamiento social o político del sujeto; (2) cuestionar la autoría introduciendo el colectivismo; y (3) formar comunidades que fomenten las responsabilidades sociales en tiempos de relaciones sociales en peligro.

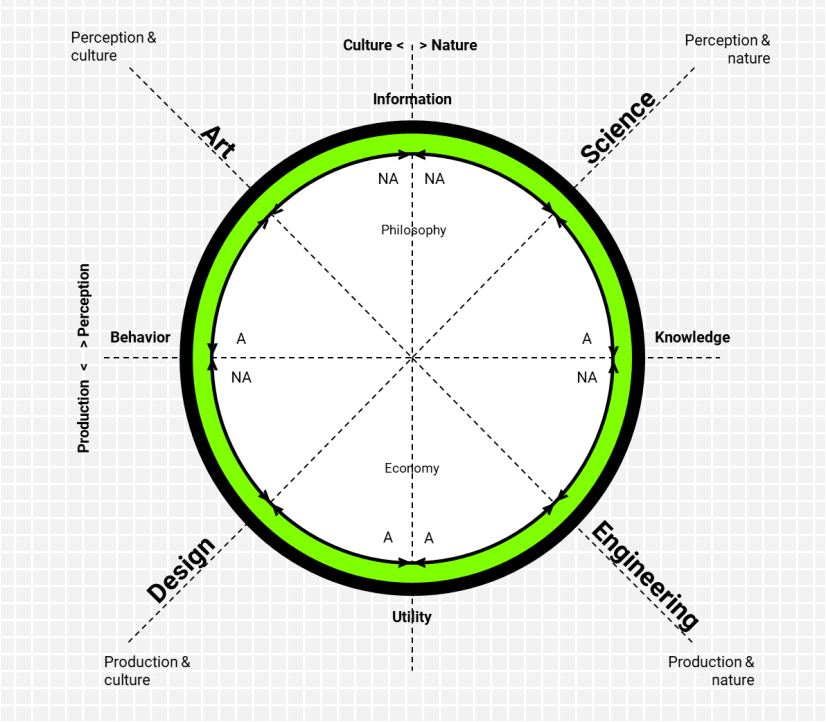
Curadores como Paul O'Neill (2006, 2010) conectan tales prácticas con un "giro educativo", una tendencia en el arte contemporáneo desde la segunda mitad de la década de 1990, desplazando el énfasis de la obra de arte basada en objetos hacia métodos pedagógicos alternativos que permiten el intercambio de conocimientos a través del arte. Su relevancia radica en que habilitan entornos propicios para la producción colectiva de conocimiento (Fischer, 2000; Pohl et al., 2010), donde se articulan saberes técnicos, empíricos, locales y afectivos.

Aquí resulta especialmente relevante la distinción propuesta por Ezio Manzini (2015) entre conocimiento experto —proveniente de profesionales con formación técnica— y conocimiento difuso, es decir, personas no expertas que actúan como co-diseñadores al aportar creatividad, conocimiento localizado y agencia transformadora.

Ciclo de KREBS para la creatividad

El valor de la cocreación reside precisamente en habilitar condiciones para esta colaboración horizontal y situada. En este sentido, el arte y las prácticas creativas desempeñan un rol muchas veces subestimado, actuando como catalizadores de “la energía creativa” (Oxman, 2016), al facilitar la emergencia de visiones compartidas, lenguajes accesibles y vínculos emocionales. Esta idea puede leerse en clave del denominado ciclo de KREBS de la creatividad, conceptualizado por Neri Oxman (2016), una metáfora inspirada en el ciclo biológico de producción de energía celular que describe cómo la creatividad se regenera y retroalimenta

continuamente en procesos colectivos. En este marco, la energía creativa no se concibe como un recurso finito que se agota, sino como un flujo metabólico que circula entre los actores, transformando inputs (saberes, emociones, experiencias) en outputs (nuevas preguntas, imaginarios y prototipos) que, a su vez, reingresan al ciclo alimentando nuevas iteraciones. Así, el rol del arte es doble: por un lado, problematizar y tensionar lo dado, cuestionando los supuestos dominantes; y por otro, abrir horizontes de posibilidad mediante la creación de símbolos, metáforas y narrativas que reconfiguran la manera en que se perciben los problemas y se imaginan las soluciones. De este modo, el ciclo de KREBS de la creatividad proporciona un marco para comprender cómo los procesos artísticos pueden nutrir la innovación transdisciplinar, ampliando los márgenes de lo pensable y lo practicable en la experimentación urbana (ver Figura 6; revisar A1 del compendio de artículos).



← **Figura 6:** Ciclo de KREBS para la creatividad. Basado en Oxman (2016). *Elaboración propia*

Sin embargo, este entrecruce de conocimientos y ciclos continuos de retroalimentación no ocurre de forma espontánea, ya que requiere marcos de reconocimiento mutuo y metodologías de diálogo que posibiliten una construcción efectiva y horizontal de sentido (Karvonen & van Heur, 2014; McFarlane, 2011; Ezquerra, 2024; Soberón, 2024). En este sentido, la intermediación adquiere un rol estratégico, no sólo como mediación, sino como función institucional que garantiza el equilibrio entre voces, la contención del conflicto y la traducción entre lenguajes disciplinares, institucionales y ciudadanos (Ezquerra, I., 2024). La figura del facilitador o intermediario se convierte así en una condición estructural para sostener la producción de conocimiento en ecosistemas urbanos complejos.

2.4. Límites y posibilidades de los experimentos urbanos

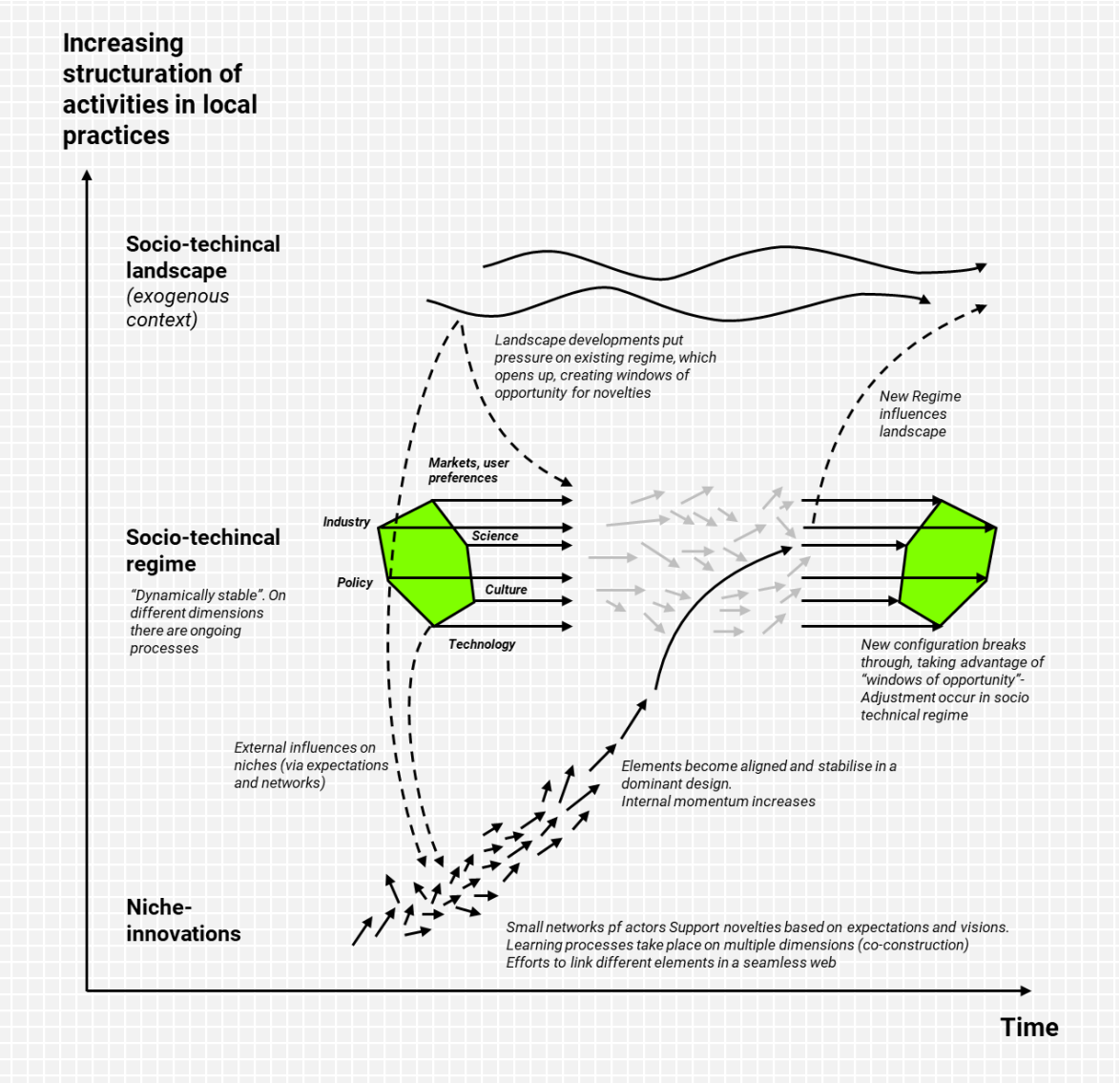
Escalado

A pesar de su capacidad para activar procesos de innovación institucional y generar aprendizajes en contextos reales, la experimentación urbana enfrenta reto tales como su limitada capacidad producir transformaciones a otras escalas (Deiglmeier, K., & Greco, A.,2018). Esta tensión entre lo macro y lo micro, entre lo temporal y lo duradero, constituye uno de los principales desafíos conceptuales y prácticos para la consolidación de la experimentación urbana.

La noción de escalabilidad en este campo no se refiere únicamente a la replicación de soluciones técnicas en otros lugares, sino a la transferencia de aprendizajes, capacidades e institucionalidad a nuevas escalas de gobernanza y a otros dominios de intervención. En este sentido, la literatura científica sobre transiciones sostenibles distingue tres dimensiones complementarias de la escalabilidad: *scaling out, scaling up y scaling deep* (Lam et al., 2020; Moore et al., 2015; von Wirth et al., 2014). *Scaling out* se refiere a la expansión horizontal de una iniciativa mediante su réplica o adaptación en otros contextos territoriales -manteniendo su esencia- pero respondiendo a realidades locales. *Scaling up* implica la consolidación de condiciones estructurales e institucionales —como normativas, presupuestos o políticas públicas— que permiten sostener y amplificar el impacto de la innovación más allá del piloto o del experimento. Por último, *scaling deep* alude a los cambios culturales, normativos y de sentido compartido que permiten que una transformación se enraíce en valores, prácticas y modos de hacer ciudad.

Este enfoque multidimensional permite superar las visiones lineales del escalado y situar la cuestión de la transformación sistémica en el centro de la agenda de la experimentación urbana, por tanto, escalar significa consolidar procesos, influir en reglas y reorganizar relaciones de poder más allá del experimento singular. La mayoría de los estudios muestran que los experimentos urbanos –como los proyectos pilotos- tienden a permanecer como “islas de innovación” desconectadas de las estructuras permanentes de planificación, financiamiento o decisión política (Frantzeskaki et al., 2017; Torrens & von Wirth, 2021) (Revisar A2 del compendio de artículos).

Para abordar esta cuestión, resulta útil acudir al campo de las transiciones sociotécnicas, que analiza cómo surgen, se estabilizan y se institucionalizan nuevas prácticas, tecnologías y formas de organización en sistemas dominados por regímenes estables (Geels, 2002) (Ver Figura 7).



↑ **Figura 7:** El enfoque multinivel. Basado en Geels (2002). *Elaboración propia*

En este marco, los experimentos urbanos pueden entenderse como nichos de innovación protegidos, espacios donde se exploran alternativas con menor presión normativa y más libertad para el ensayo y el error. Sin embargo, para que estos nichos generen impactos estructurales, deben conectarse con redes amplias de actores, procesos políticos y mecanismos de coordinación interinstitucional que permitan modificar reglas y reconfigurar sistemas a otras escala (Smith & Raven, 2012).

Se han identificado empíricamente los principales factores que limitan el salto de los experimentos urbanos del régimen (Deigmeier, K., & Greco, A., 2018;). En primer lugar, barreras institucionales, vinculadas a la fragmentación del gobierno urbano, la rigidez de los procedimientos administrativos y la lógica departamentalizada de las políticas públicas. Esta fragmentación impide la coordinación entre sectores, dificulta la integración de aprendizajes y limita la capacidad del Estado para operar con una visión sistémica (Emerson, Nabatchi & Balogh, 2012; Bulkeley et al.,

2015; Zellner & Campbell, 2015). Estas barreras son especialmente evidentes en contextos donde los procesos de innovación urbana se insertan en estructuras burocráticas inflexibles, con lógicas jerárquicas que inhiben el aprendizaje organizacional y el pensamiento transversal (Nevens et al., 2013; Karvonen & van Heur, 2014). Asimismo, la compartimentalización sectorial de las políticas públicas dificulta la creación de mecanismos de gobernanza colaborativa capaces de sostener procesos experimentales más allá del piloto, impidiendo su articulación con escalas institucionales superiores o con otros dominios de intervención (Parés, Ospina & Subirats, 2017).

En segundo lugar, barreras culturales y cognitivas, asociadas a la resistencia al cambio, el cortoplacismo político y la persistencia de formas dominantes de imaginar y gestionar la ciudad (Bulkeley et al., 2015). En tercer lugar, existen limitaciones metodológicas para evaluar y comunicar el valor transformador de los experimentos, especialmente cuando sus impactos son intangibles, procesuales o distribuidos en el tiempo.

Como advierten Frantzeskaki et al. (2018) y Torrens y von Wirth (2021), los marcos de evaluación convencionales tienden a centrarse en resultados cuantificables de corto plazo, lo que dificulta captar aprendizajes relacionales, cambios institucionales o transformaciones culturales, que son fundamentales, pero menos visibles en las fases iniciales de los experimentos urbanos.

Frente a estas barreras, Nevens et al., (2013) propone un conjunto de condiciones que permitirían aumentar la probabilidad de que los experimentos urbanos se integren al régimen:

1. **Articulación multiescalar:** Asegurar la conexión entre escalas de gobernanza, de modo que los aprendizajes locales informen las estrategias regionales y nacionales

2. **Institucionalización flexible:** Incorporar los experimentos en las estructuras formales sin estandarizarlos totalmente, preservando la capacidad de adaptación al contexto local.

3. **Documentación y diseminación estratégica:** Desarrollar mecanismos para registrar las lecciones de los experimentos urbanos y difundirlas, visibilizando el valor de lo experimental y conectando comunidades de práctica.

Sin embargo, la propia lógica de la experimentación puede entrar en tensión con las estructuras que busca transformar o en las que busca integrarse. Mientras los experimentos urbanos valoran la apertura, la iteración y la incertidumbre, las administraciones públicas operan bajo criterios de control, previsibilidad y rendición de cuentas. Esta tensión no es simplemente técnica, sino también política, la cual remite a distintas formas de imaginar el cambio, el conocimiento y la legitimidad.

Porfolio

Como sugiere Ostrom (2009), para que el experimento sea efectivamente transformador, debe afectar no solo a los resultados, sino también a las reglas de juego y los mecanismos para la toma de decisión. En este contexto, emerge la teoría de porfolios como una respuesta a la necesidad de superar enfoques aislados y fragmentarios en los procesos de innovación urbana. Inspirada en los trabajos sobre políticas de innovación transformadora (Schot & Steinmueller, 2018; Haddad et al., 2022), esta perspectiva plantea que, en lugar de concentrar los esfuerzos en intervenciones puntuales, es necesario conformar un conjunto articulado de iniciativas proyectos e iniciativas experimentales orientadas por una visión estratégica común.

Un porfolio no solo agrupa proyectos diversos, sino que los alinea en torno a objetivos compartidos, tiempos coherentes, mecanismos de aprendizaje cruzado y criterios de evaluación conjunta. Su valor radica en permitir un aprendizaje distribuido, la movilización de recursos coordinados y la construcción de legitimidad en múltiples niveles. En el contexto urbano, esta aproximación facilita que la experimentación urbana deje de ser efímera, y se convierta en parte integral de los marcos de planificación y de las estrategias institucionales de largo plazo (Revisar A4 del compendio de artículos).

A modo de síntesis, si bien los experimentos urbanos ofrecen una vía concreta para ensayar soluciones innovadoras en contextos reales, su potencial transformador depende de su capacidad para afectar estructuras institucionales, modificar reglas de juego y redistribuir capacidades dentro del ecosistema urbano. La noción de escalabilidad permite abordar este desafío desde una mirada compleja, que va más allá de la replicación técnica. No obstante, persisten múltiples barreras institucionales, culturales y metodológicas que limitan la consolidación de aprendizajes y la inserción de lo experimental en las estructuras permanentes de planificación. Frente a ello, el enfoque de porfolio emerge como un marco para articular iniciativas diversas bajo una lógica estratégica, multiescalar y relacional. Así, la transformación sistémica no se concibe como un salto disruptivo aislado, sino como un proceso integrado de reorganización institucional sostenido por una ecología de iniciativas conectadas que, en su conjunto, permiten reorientar las trayectorias urbanas hacia la sostenibilidad y la justicia climática.

2.5. Principales aprendizajes y desafíos de la experimentación urbana

La revisión teórica realizada en este capítulo ha mostrado que la experimentación urbana constituye un enfoque emergente y en expansión dentro de las agendas de innovación urbana, gobernanza climática y transformación institucional. Si bien no se trata de un campo homogéneo ni plenamente consolidado, el estado del arte revisado indica que los experimentos urbanos podrían activar dinámicas de innovación más allá de la lógica lineal de la planificación tradicional, al habilitar entornos de prueba donde se entrelazan acción, reflexión y aprendizaje situado.

Los enfoques revisados infieren que la experimentación urbana es un medio para testear soluciones técnicas, así como un proceso de transformación institucional y cognitiva que opera en condiciones de alta incertidumbre. Su valor reside en su capacidad para integrar múltiples racionalidades, articular actores diversos, y promover formas de conocimiento colaborativo, adaptativo y orientado a la acción.

Entre los principales aprendizajes extraídos de las secciones anteriores, destacan los siguientes:

+ **Cambio de paradigma:** La experimentación urbana representa un cambio de paradigma frente a los enfoques tecnocráticos y lineales del planeamiento, al situar el conocimiento en contexto y reconocer su carácter distribuido, relacional y situado.
+ **Gestión:** Los ecosistemas multiactor que sustentan los procesos experimentales requieren estructuras organizativas, políticas y culturales que favorezcan la coordinación interinstitucional, el aprendizaje colectivo y la sostenibilidad de alianzas a largo plazo.
+ **Aprendizaje:** Los experimentos urbanos funcionan como artefactos de aprendizaje que activan procesos de producción de conocimiento, integrando saberes expertos y difusos, los cuales necesitan de intermediación, reglas compartidas e infraestructuras de documentación para consolidar su valor institucional.

Por otro lado, el análisis presentado en esta sección también ha revelado importantes ambigüedades conceptuales, debilidades metodológicas y tensiones institucionales que limitan su efectividad y sostenibilidad en el tiempo, tales como:

+ **Ambigüedad conceptual de los enfoques experimentales:** La noción de experimentación urbana abarca desde ensayos

tecnológicos hasta procesos de innovación institucional y social, lo que genera confusión sobre sus objetivos, escalas y niveles de impacto. Muchos de los conceptos referidos a la experimentación urbana se utilizan de manera polisémica, dificultando su aplicación coherente y su evaluación comparativa.

+ **Fricciones con las culturas organizativas vigentes:** La lógica iterativa y adaptativa de la experimentación urbana entra en conflicto con el urbanismo tradicional y con modelos de gestión pública basados en control, estandarización y rendición de cuentas, inhibiendo su integración en estructuras institucionales permanentes.

+ **Déficit de evidencia empírica sobre los efectos institucionales y sistémicos de la experimentación urbana:** Aún es limitada la evidencia que demuestre cómo los experimentos urbanos logran sostenerse en el tiempo más allá de su fase piloto, reconfigurar efectivamente las reglas de juego institucionales para una planificación colaborativa, o integrar aprendizajes y capacidades entre actores y escalas para superar la fragmentación de la acción climática urbana.

A partir de este balance teórico y conceptual, se identifican los cuatro objetivos específicos presentados en la sección 1.2, que orientan el desarrollo de esta investigación. Lejos de ser problemas aislados, estos desafíos deben entenderse como dimensiones interdependientes de un mismo entramado urbano-institucional, cuyo abordaje integrado resulta clave para potenciar el rol de la experimentación urbana. En este sentido, los desafíos identificados no solo delimitan el campo de estudio, sino que funcionan como vectores analíticos para examinar la capacidad transformadora de la experimentación en contextos reales de gobernanza urbana.

RESUMEN

+ La ciudad debe entenderse como un sistema complejo, superando visiones lineales y deterministas.
+ Existen tensiones entre enfoques tecnocráticos y humanísticos que requieren modelos híbridos para su implementación.
+ La experimentación urbana emerge como práctica situada para gestionar incertidumbre y promover innovación.
+ Persisten las ambigüedades conceptuales y operativas en los diferentes tipos de experimentos los cual implica un cierto riesgo de cooptación tecnocrática.
+ Los ecosistemas multiactor demandan diversidad, coordinación, sostenibilidad y culturas organizativas abiertas al ensayo-error.
+ La cocreación refuerza la legitimidad y diversidad epistémica en procesos urbanos.
+ El ciclo de KREBS de la creatividad ilustra la regeneración continua de aprendizajes colectivos.
+ El escalado no es solo réplica técnica, sino transformación institucional y cultural *(scaling out, up, deep)*.
+ Los portafolios de proyectos permiten articular iniciativas diversas bajo una lógica estratégica multiescalar.

3 | Metodología y materiales de la investigación

Este capítulo presenta el enfoque metodológico de la investigación, atendiendo tanto a la complejidad del objeto de estudio como a su carácter situado. La tesis adopta un diseño metodológico de *caso de estudio múltiple holístico*, siguiendo la tipología propuesta por Yin (1994). Los casos seleccionados se analizan mediante el enfoque *Action Case* (Vidgen & Braa, 1997), lo que favorece una colaboración estrecha entre actores institucionales, académicos y comunitarios. Finalmente, se detallan los materiales empleados en la investigación, los criterios utilizados para la selección de los casos de estudio y los distintos roles asumidos por el investigador a lo largo de los cuatro casos analizados.

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1 Casos de estudio múltiples holístico

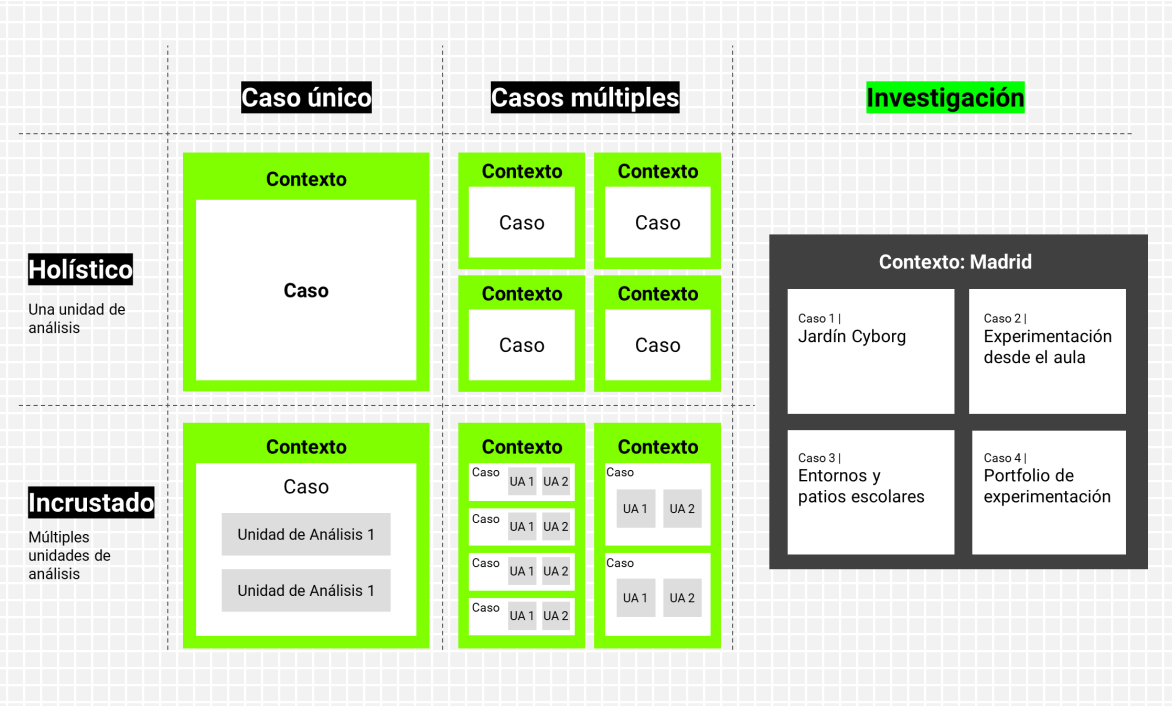
El núcleo empírico de esta tesis se compone de cuatro estudios de caso principales (A1, A2, A3 y A4), complementados por once estudios adicionales (B1–B11) de prácticas de experimentación urbana en la ciudad de Madrid (España). La selección de estos casos se realizó de manera intencional, siguiendo criterios tanto teóricos como de accesibilidad al campo, desarrollados en la sección 3.2 (Eisenhardt, 1989; Glaser & Strauss, 1967). Cada uno de ellos es analizado a través de marcos analíticos específicos, con el fin de captar la diversidad de dimensiones implicadas en los procesos de experimentación urbana. Estos casos representan iniciativas reales en las que el investigador participó como coordinador y facilitador, lo cual brinda una oportunidad singular para explorar el potencial de los procesos de experimentación urbana desde una perspectiva situada (ver Tabla 3).

↓ **Tabla 3:** Artículos principales de la tesis, su escala y título.
Elaboración propia

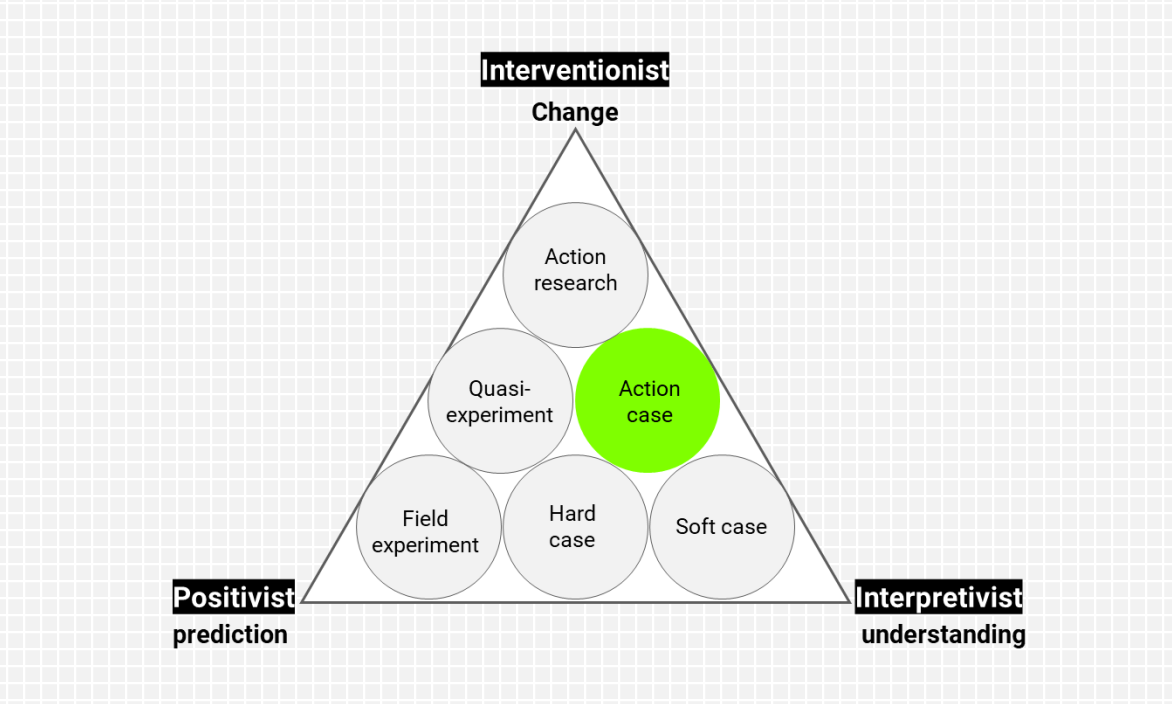
Art.	Escala	Título del artículo científico
A1	**Mobiliario**	*(Un)Likely Connections between (Un)Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project*
A2	**Equipamiento**	*Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs*
A3	**Barrio**	*(Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid*
A4	**Ciudad**	*Breaking silos: A systemic portfolio approach and digital tool for collaborative urban decarbonisation*

La elección de una metodología de casos múltiples holístico se justifica por el carácter exploratorio y contextual del objeto de estudio. Este enfoque permite analizar fenómenos complejos en profundidad dentro de un contexto real, prestando atención a las dinámicas sociales, institucionales y territoriales que lo configuran (Yin, 1981, 1994). La lógica del diseño holístico favorece la identificación de patrones comunes o de variaciones significativas entre los casos, lo cual es esencial para captar la multiescalaridad y la pluralidad de actores que caracterizan a los procesos de experimentación urbana (Yin, 2017) (Ver Figura 8).

Además, esta tesis adopta una selección intencional de casos de estudio basada en su relevancia estratégica y su accesibilidad, criterios especialmente importantes en investigaciones que requieren una interacción prolongada y situada con los actores implicados.



↑ **Figura 8:** Diseño de casos de estudio múltiples holístico. Basado en Yin (1994). *Elaboración propia*



↑ **Figura 9:** La metodología de *Action Case* se posiciona como un método de investigación híbrido. Basado en Vidgen y Braa (1997). *Elaboración propia*

Asimismo, se retoman los planteamientos de Pinkerton (1989), quien destaca que la claridad en los límites del caso permite a los usuarios —incluidos los lectores y evaluadores— comprender con mayor facilidad las dinámicas internas del fenómeno investigado.

El corpus empírico de esta tesis se compone de cuatro casos organizados como "ventanas analíticas" (Jardín Cyborg; Experimentación desde el aula; Entornos y patios escolares; Portfolio de experimentación) que operan en distintas escalas territoriales y organizativas (mobiliario, equipamiento, barrio y ciudad). Esta disposición permite una aproximación poliédrica al fenómeno de estudio, coherente con un enfoque multisituado (Marcus, 1995), al tiempo que facilita una lectura transversal de las interacciones entre actores, saberes y estructuras institucionales. A través de esta perspectiva, es posible analizar cómo emergen, se negocian y se consolidan nuevas reglas de juego en el marco de procesos de experimentación urbana.

3.1.2 Enfoque híbrido: *Action case*

En estudios de caso donde el investigador participa activamente en el proceso analizado, se genera una tensión metodológica entre lo que corresponde al desarrollo propio del caso y lo que constituye el objeto de la investigación. Esta tensión se hace visible en la distinción entre materiales, metodologías y resultados: mientras que cada caso de estudio produce sus propios insumos y aprendizajes, la investigación requiere construir un marco analítico propio y extraer resultados que trasciendan el ámbito particular del proyecto. En este contexto, el doble rol del investigador —como participante y como analista— implica un acceso directo y privilegiado a la totalidad de la documentación y productos generados, lo que enriquece la base empírica, pero exige un tratamiento reflexivo y crítico de las fuentes.

Con el fin de abordar esta tensión y aprovechar el valor añadido de la doble posicionalidad del investigador, la presente investigación complementa el diseño de caso de estudio múltiple holístico con el enfoque *Action Case*, un enfoque híbrido entre los paradigmas interpretativos e intervencionistas, propuesta por Vidgen y Braa (1997). Esta combinación permite integrar la profundidad analítica del estudio de caso con la orientación transformadora de la investigación-acción, resultando especialmente pertinente para investigaciones que se sitúan en la intersección entre producción académica y práctica profesional (Ver Figura 9).

El enfoque *Action Case* ofrece un marco flexible pero riguroso para explorar contextos urbanos complejos. Al implicar activamente al investigador en el proceso de investigación, se reconoce su posicionalidad como parte constitutiva del conocimiento generado. Así,

permite generar conocimiento situado que no solo describe, sino que contribuye a configurar la realidad investigada (Reason & Bradbury, 2001). Esta coproducción de conocimiento es clave en procesos de sostenibilidad urbana, donde convergen actores institucionales, técnicos y ciudadanos (Moreno-Serna, 2022).

Por un lado, el enfoque interpretativo prioriza la comprensión de las lógicas internas que estructuran la acción colectiva, atendiendo a los significados construidos por los actores (Lee, 1991). Se reconoce que las realidades sociales son múltiples, dinámicas y construidas intersubjetivamente, lo que implica adoptar una actitud reflexiva y contextualizada en la producción de conocimiento. En este marco, se retoma la noción de "conocimiento situado" propuesta por Haraway (2013), que subraya que toda investigación está localizada en cuerpos, relaciones e historias concretas. Lejos de asumir una falsa neutralidad, el enfoque asumido reconoce la necesidad de dar cuenta de la propia ubicación epistémica, ética y política del investigador.

Por otra parte, el componente intervencionista, apoyado en la investigación-acción, promueve ciclos iterativos de acción y reflexión colectiva, con el objetivo de transformar activamente los ámbitos investigados (Kemmis et al., 2014; Reason & Bradbury, 2001). Este enfoque reconoce que el conocimiento se genera en la práctica, mediante la interacción entre actores que problematizan su realidad, ensayan soluciones y reflexionan críticamente sobre los resultados. En línea con los planteamientos de Bell Hooks (2000, 2014a, 2014b), se asume que los saberes emergen en espacios atravesados por relaciones de poder, y que el lugar desde donde se investiga —identidad, privilegios, trayectorias— influye en las formas de ver, decir y actuar en el campo. Por lo que el enfoque interpretativo en esta tesis permite captar los sentidos que distintos actores asignan a la experimentación urbana, y dado el rol activo del investigador en la intermediación y diseño de los diferentes casos de estudio, se requiere una dimensión intervencionista que reconozca la producción de conocimiento como una práctica transformadora (Vidgen & Braa, 1997).

Este reconocimiento explícito de la posicionalidad del investigador —como actor involucrado en el campo de estudio, con responsabilidades metodológicas, políticas y éticas— permite adoptar una postura de compromiso crítico y reflexividad continua, indispensable en investigaciones orientadas a la transformación social. En este sentido, resulta clave también definir el rol del investigador dentro de cada caso de estudio, especialmente cuando se trabaja en contextos reales de intervención donde las fronteras entre observación, acción y producción tienden a diluirse. Esta implicación activa conlleva una posición metodológica particular, que exige explicitar los roles adoptados a lo largo de los casos de estudio como de la investigación .

3.1.3 Roles en el proceso de investigación

La construcción del conocimiento generado en la tesis no se limita a una recopilación *ex post* de estudios aislados, sino que emerge de una implicación directa en los procesos de intermediación, co-diseño e implementación de los casos de estudio. Una característica distintiva de esta investigación es que el equipo responsable de los diferentes estudios de caso desarrollados en cada artículo científico ha estado activamente involucrado en las dinámicas reales de experimentación urbana, desempeñando múltiples funciones en colaboración con actores institucionales y comunitarios. Esta configuración híbrida entre investigación y práctica sitúa el enfoque de esta tesis dentro de lo que se conoce como investigación colaborativa en la gestión *(collaborative management research),* entendida como un esfuerzo conjunto entre actores del objeto de estudio y uno o varios investigadores externos, orientado a generar aprendizajes compartidos y conocimiento aplicable (Lieberman, 1986; Shani et al., 2007).

Desde esta perspectiva, el investigador no se posiciona únicamente como observador externo, sino como un agente implicado en la transformación que produce colaborativamente el conocimiento científico accionable *(actionable scientific knowledge)* junto con otros actores del sistema (Coughlan & Coghlan, 2002; Zarei et al., 2019).

Este tipo de investigación se enmarca en el campo de los estudios sobre transiciones hacia la sostenibilidad, donde se reconoce que el conocimiento se genera en contextos dinámicos, mediados por relaciones de poder, tensiones normativas y aprendizajes situados. Wittmayer y Schäpke (2014) identifican cinco arquetipos de roles que puede asumir el investigador en estos procesos, en diálogo con enfoques como los de Loorbach et al. (2011), Pohl et al. (2010) y Miller et al. (2014):

+ **Facilitador de procesos** (*process facilitator):* Promueve dinámicas de aprendizaje dentro del equipo de investigación o entre los actores implicados en el proceso.
+ **Agente de cambio** (*change agent*): Se implica activamente en la resolución de problemas reales y en la articulación de actores diversos dentro de contextos específicos.
+ **Mediador de conocimientos** (*knowledge broker*): Habilita espacios para el intercambio de perspectivas y la reflexión crítica en contextos situados.
+ **Científico reflexivo** (*reflexive scientist*): Asume un rol más analítico, centrado en la observación, interpretación y sistematización de los datos generados.

+ **Científico auto-reflexivo** (*self-reflexive scientist*): Examina críticamente su propia posición, valores y supuestos dentro del proceso, así como los del equipo de investigación.

A lo largo de la tesis, estos roles no se han desempeñado de forma exclusiva ni lineal, sino que han sido asumidos de manera complementaria según los diferentes casos y fases del proceso de investigación. La Tabla 4 recoge la distribución de funciones entre los diferentes coautores de los artículos científicos, visibilizando la naturaleza interdependiente y transdisciplinar del enfoque adoptado. Así también, en la Tabla 5 se presentan las relaciones entre los casos de estudio, los objetivos de la investigación, los materiales utilizados para cada caso, las preguntas específicas de investigación, los métodos aplicados en cada uno de los artículos científicos y los resultados esperados.

Por último, entre septiembre y diciembre de 2024 y como parte de esta investigación y con el objetivo de optar a la mención internacional, el doctorando desarrolló una estancia doctoral en el Departamento de Urbanismo del *Delft University of Technology* (TU Delft), la cual constituyó un hito relevante para el avance de la investigación, permitiendo fortalecer y contrastar la producción académica, establecer nuevas líneas de colaboración estratégica y explorar la aplicación práctica del enfoque desarrollado en la tesis (Ver Anexo II Sección 5. Informe sobre las actividades durante la estancia de doctorado en la TU Delft). Las actividades de la estancia se organizaron en tres ámbitos principales:

+ **Producción académica:** Durante la estancia se desarrolló y refinó el cuarto artículo de la tesis doctoral, titulado Breaking *silos: A systemic portfolio approach and digital tool for collaborative urban decarbonisation*, orientado a conectar la conceptualización teórica de porfolios de proyectos con su implementación práctica en entornos urbanos. La colaboración con el equipo de urbanismo de TU Delft resultó especialmente relevante, aportando una perspectiva crítica basada en la justicia espacial, el *design ethnography* y el debate contemporáneo entre enfoques tecnocráticos y humanistas en la planificación urbana. Estos intercambios enriquecieron tanto la dimensión ética como metodológica del artículo - y permeando en la misma tesis- reforzando su anclaje en los principios de gobernanza colaborativa y transición justa. Asimismo, se elaboró y presentó la comunicación técnica llamada "Cocreación a través de la experimentación urbana: Los entornos escolares como oasis climático-social en Villaverde" en el Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 2024), visibilizando el potencial de los entornos escolares como espacios de innovación y transformación urbana (ver 4.2 Investigación complementaria). Por último se presentó al departamento de Urbanismo los avances de la tesis para su contraste y retroalimentación.

+ **Exploración de líneas de colaboración:** A lo largo de la estancia se mantuvieron reuniones entre el doctorando y el equipo de TU Delft para intercambiar aprendizajes sobre estrategias de experimentación urbana, urbanismo táctico y colaborativo. El equipo de TU Delft mostró un especial interés en la investigación desarrollada en el marco de la tesis, lo que permitió abrir un diálogo sobre posibles líneas de trabajo conjunto. Este proceso facilitó la identificación de sinergias con la experiencia de la Universidad Politécnica de Madrid y dio lugar a un primer borrador de propuestas de colaboración, alineadas con las futuras líneas de investigación de la tesis y orientadas al diseño de iniciativas conjuntas en el ámbito de la innovación urbana y la justicia socioecológica.

+ **Aplicación práctica de la investigación:** El doctorando presentó los avances de su investigación al equipo del Departamento de Urbanismo, abriendo un espacio de diálogo sobre las posibilidades de aplicar el enfoque por porfolios en proyectos desarrollados por el departamento. En colaboración con su tutor en TU Delft, se propuso una taxonomía y una herramienta digital diseñada para facilitar no solo la coordinación interna entre iniciativas, sino también la articulación estratégica con actores externos. Esta propuesta refuerza el potencial de la tesis para trascender el ámbito académico y convertirse en una herramienta útil para procesos reales de planificación colaborativa, gobernanza multiescalar y gestión integrada de proyectos urbanos.

→ **Tabla 4:** Roles y afiliación de los investigadores según los artículos. *Elaboración propia*

Investigador	Afiliación	Rol	Art.
Manuel Alméstar (M.A.)	Doctoral researcher at School of Architecture of Madrid. Innovation and Technology for Development Centre. Universidad Politécnica de Madrid	*Process facilitator*	A1, A2, A3, A4
		Change agent	A1, A2, A3, A4
		Knowledge broker	A1, A2, A3, A4
		Self-reflexive scientist	A1, A2, A3, A4
Susana Sastre-Merino (S.S-M.)	Professor Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad Politécnica de Madrid	*Self-reflexive scientist*	A2
		Change agent	A2
Paloma Velón (P.V.)	Researcher. Universidad Politécnica de Madrid	*Self-reflexive scientist*	A2
		Process facilitator	A2
Margarita Martínez Núñez (M.M.)	Professor at School of Engineering and Telecommunications Systems. Universidad Politécnica de Madrid	*Process facilitator*	A2
		Reflexive scientist	A2
Carlos Calderón (C.C.)	Professor at School of Forest Engineering and Natural Resources. Universidad Politécnica de Madrid	*Change agent*	A2
		Self-reflexive scientist	A2
Miguel Marchamalo (M.M.)	Professor at School of Civil Engineering Universidad Politécnica de Madrid	*Change agent*	A2
		Self-reflexive scientist	A2
Sara Romero-Muñoz (S.R-M)	Professor at School of Forest Engineering and Natural Resources. Universidad Politécnica de Madrid	*Process facilitator*	A1, A4
		Reflexive scientist	A3,
Nieves Mestre (N.M.)	Professor at School of Architecture of Madrid. Universidad Politécnica de Madrid	*Reflexive scientist*	A1
			A4
Uriel Fogué (U.F.)	Professor at School of Architecture of Madrid. Universidad Politécnica de Madrid	*Change agent*	A1
		Self-reflexive scientist	
Eva Gil (E.G.)	Professor at School of Architecture of Madrid. Universidad Politécnica de Madrid	*Change agent*	A1
		Self-reflexive scientist	
Amanda Masha (A.M.)	Curator of the Mutant Institute of Environmental Narratives. Artistic Director of the Climática Biennial for the Climate (Spain)	*Change agent*	A1
		Self-reflexive scientist	

Casos	Pregunta de investigación específica	Métodos	Productos desarrollados	Resultados esperados
Caso 1	**¿Cómo se habilita y potencia la producción de conocimiento en el diseño y desarrollo de experimentos urbanos?**	+ Análisis documental. + Entrevistas y encuestas + Observación participante + Validación con actores + Aplicación combinada de marcos de QHIM, KREBS y experimentación urbana	Aplicación del marco KREBS, estrategias para promover energía creativa y conocimiento	+ Reconocimiento de los límites de los modelos lineales de transferencia de conocimiento en contextos de innovación urbana. + Identificación de las condiciones necesarias para activar "energía creativa" en procesos de cocreación transdisciplinarios.
Caso 2	**¿Qué factores posibilitan o limitan la sostenibilidad y el escalado de los experimentos urbanos?**	+ Análisis documental. + Entrevistas y encuestas + Observación participante + Aplicación combinada de marcos de QHIM, eficacia colectiva y experimentación urbana	Marco analítico replicable, lecciones sobre sostenibilidad de programas educativos climáticos	+ Identificación de estrategias para garantizar la continuidad y escalabilidad de experimentos urbanos. + Desarrollo de un marco analítico basado en la QHIM para evaluar la escalabilidad de los experimentos urbanos.
Caso 3	**¿Cómo se reconfiguran las reglas y los procesos institucionales en los experimentos urbanos?**	+ Análisis documental. + Entrevistas. + Observación participante. + Aplicación marco IAD model.	Identificación de cambios en reglas en uso, redes de gobernanza ampliadas, legitimidad reforzada	+ Evidencia de cómo los experimentos urbanos reconfiguran reglas institucionales, redistribuyen roles y amplían las redes de gobernanza.
Caso 4	**¿Cómo se configuran mecanismos y prácticas experimentales capaces de articular conocimiento y facilitar la toma de decisiones colectivas más allá de la fragmentación institucional?**	+ Análisis documental. + Entrevistas. + Talleres de cocreación, + Prototipado de herramienta digital	Taxonomía sistemática, Herramienta digital interactiva, evidencias de mejora en coordinación urbana	+ Validación del enfoque de porfolio como instrumento complementario de gobernanza para fortalecer la capacidad estratégica y coordinada de los gobiernos locales junto a otras administraciones y agentes.

↑ **Tabla 5:** Caracterización de las actividades de gobernanza en la investigación (Loorbach, 2007)
Elaboración propia

3.2. Materiales de la investigación

3.2.1. Contexto institucional donde se enmarcan los casos de estudio

Esta tesis doctoral busca realizar un análisis de 4 casos de estudio en los que el investigador ha formado parte. Estas actividades de facilitación e intermediación fueron desarrolladas por el investigador en el Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano de la Universidad Politécnica de Madrid (itdUPM), organización que se caracteriza por su capacidad de intermediación y generación de alianzas para la transición justa y sostenible.

El itdUPM ha construido a lo largo de más de una década una sólida experiencia en la creación de entornos colaborativos interorganizacionales, desempeñando tanto roles de intermediación como funciones compartidas en consorcio de proyectos competitivos junto a actores nacionales e internacionales y plataformas de colaboración multiactor.

El itdUPM busca operar como bisagra entre el conocimiento académico, la práctica profesional y las demandas sociales, articulando ecosistemas de innovación que impulsen transformaciones sistémicas hacia la sostenibilidad. En este sentido, su labor se despliega no solo como catalizador de proyectos, sino también como organización intermediaria de procesos de aprendizajes institucionales y colaboración multiactor. Estas dinámicas lo posicionan como caso paradigmático para entender cómo las universidades pueden actuar como nodos estratégicos en los procesos de innovación urbana y adaptación climática.

De entre todos los proyectos desarrollados por el investigador en el itdUPM, esta tesis ha seleccionado cuatro casos emblemáticos inmersos en un conjunto de trece proyectos que permiten analizar desde distintos ángulos las estrategias, retos y aprendizajes de la intermediación para la sostenibilidad, permitiendo amplificar el alcance de los profesionales vinculados al urbanismo. Los trece proyectos competitivos se entrelazan dando lugar a investigaciones complementarias que permiten profundizar sobre el objeto de estudio (B1-B11).

Los cuatro casos de estudio corresponden a los proyectos abordados en los cuatro artículos científicos principales (A1-A4) que componen el núcleo de esta tesis, proporcionando una base empírica rica para explorar cómo se diseñan, implementan y consolidan los experimentos urbanos, los modelos de gobernanza colaborativa y las dinámicas de innovación institucional en contextos urbanos reales.

3.2.2 Descripción de los casos de estudio

Esta sección ofrece una descripción detallada y estructurada del conjunto de casos de estudio que sustentan la tesis. La Figura 10 sintetiza visualmente la articulación temporal entre distintos niveles de análisis según los siguientes elementos:

+ El contexto desde el cual emerge el caso de estudio.
+ Los principales hitos ocurridos en la ciudad de Madrid vinculados a los casos.
+ Los proyectos de investigación implementados para los casos de estudio.
+ Las investigaciones principales y complementarias desarrolladas a lo largo de la tesis doctoral.

En la primera columna de la Figura 10 (desde la izquierda) se sitúan los hitos que dan contexto al desarrollo de los casos en dinámicas relevantes para la transformación urbana contemporánea.

Estos hitos se relacionan con el trabajo desarrollado junto al Ayuntamiento de Madrid (segunda columna), en particular la Subdirección General de Energía y Cambio Climático, para abordar la neutralidad climática en la ciudad. Este contexto de colaboración ha operado como territorio de experimentación y aplicación de nuevas metodologías de gobernanza urbana, intervención territorial y colaboración multiactor.

En la tercera columna, se recogen los proyectos desarrollados entre 2018 y 2025, los cuales han sido desarrollados por el investigador y representan experiencias clave en la configuración del marco empírico de la tesis. Estos proyectos han sido impulsados desde diferentes escalas (local, nacional y europea) y han abordado temáticas como la regeneración urbana, las soluciones basadas en la naturaleza, la participación ciudadana, el arte urbano y la planificación adaptativa.

En la última columna se presentan los productos de investigación vinculados al presente trabajo doctoral, estructuradas en los cuatro artículos científicos principales (A1–A4) y once estudios complementarios (B1–B11). Estas investigaciones han permitido el análisis transversal de los procesos estudiados contribuyendo a la generación de conocimiento situado y aplicable a contextos urbanos complejos.

En el cuerpo descriptivo se describen en detalle los casos de estudio seleccionados, poniendo énfasis en los contextos principales en los que se desarrollan y en los materiales empleados para su análisis. Cada caso se introduce a partir de su relevancia para comprender los procesos de experimentación urbana en Madrid y se sustenta en publicaciones científicas indexas.

La descripción de los casos incluye diferentes niveles complementarios. Estos son:

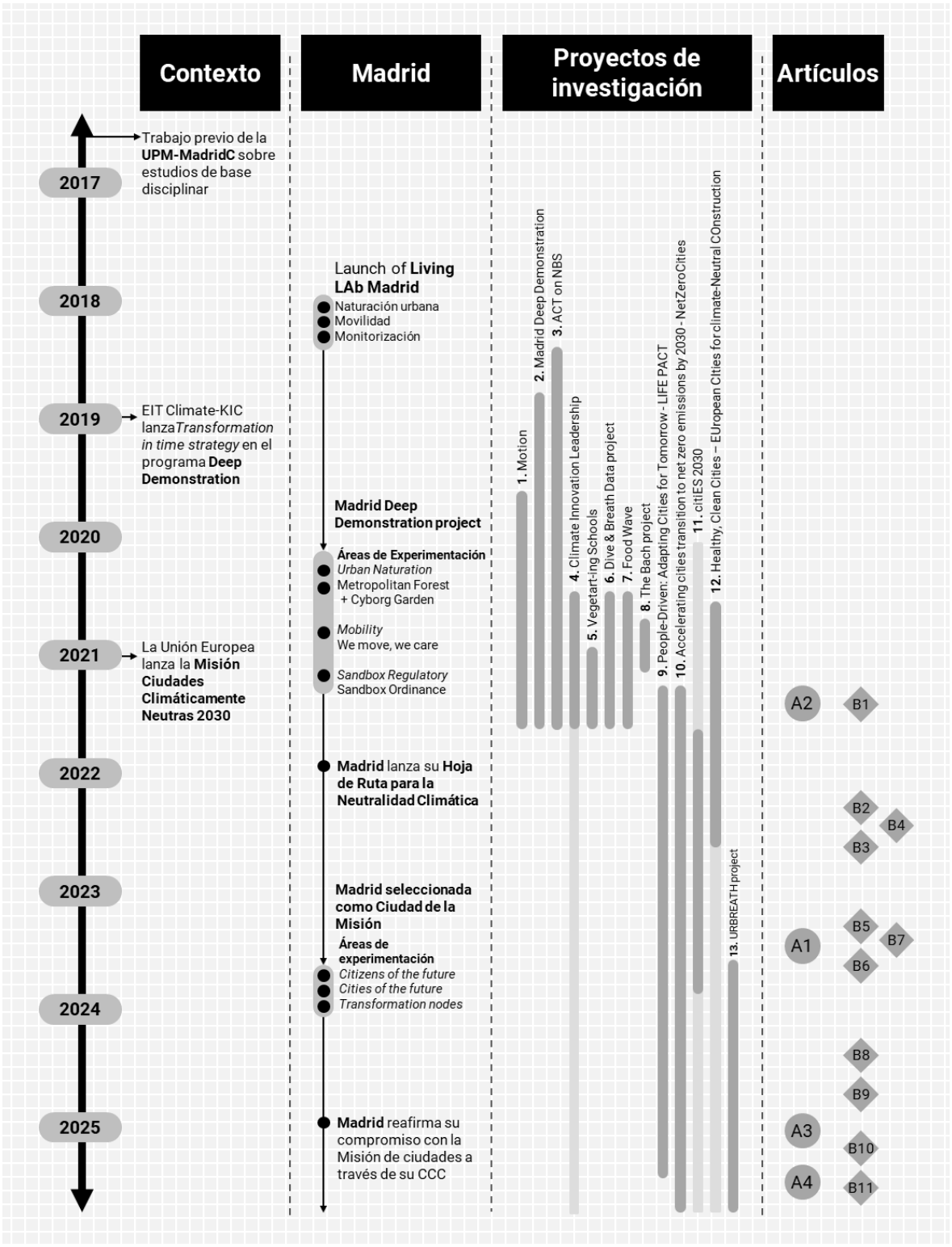
+ Referencia de la revista científica en la que se publica el artículo vinculado al caso de estudio.

+ Contexto urbano, social e institucional en el que se inscriben los procesos, destacando las condiciones específicas que motivaron la intervención (por ejemplo, vulnerabilidad climática, dinámicas comunitarias o marcos normativos).

+ Rol del investigador y del equipo de trabajo en el caso de estudio, tanto en la coordinación y facilitación de los procesos como en la sistematización de los aprendizajes derivados de ellos.

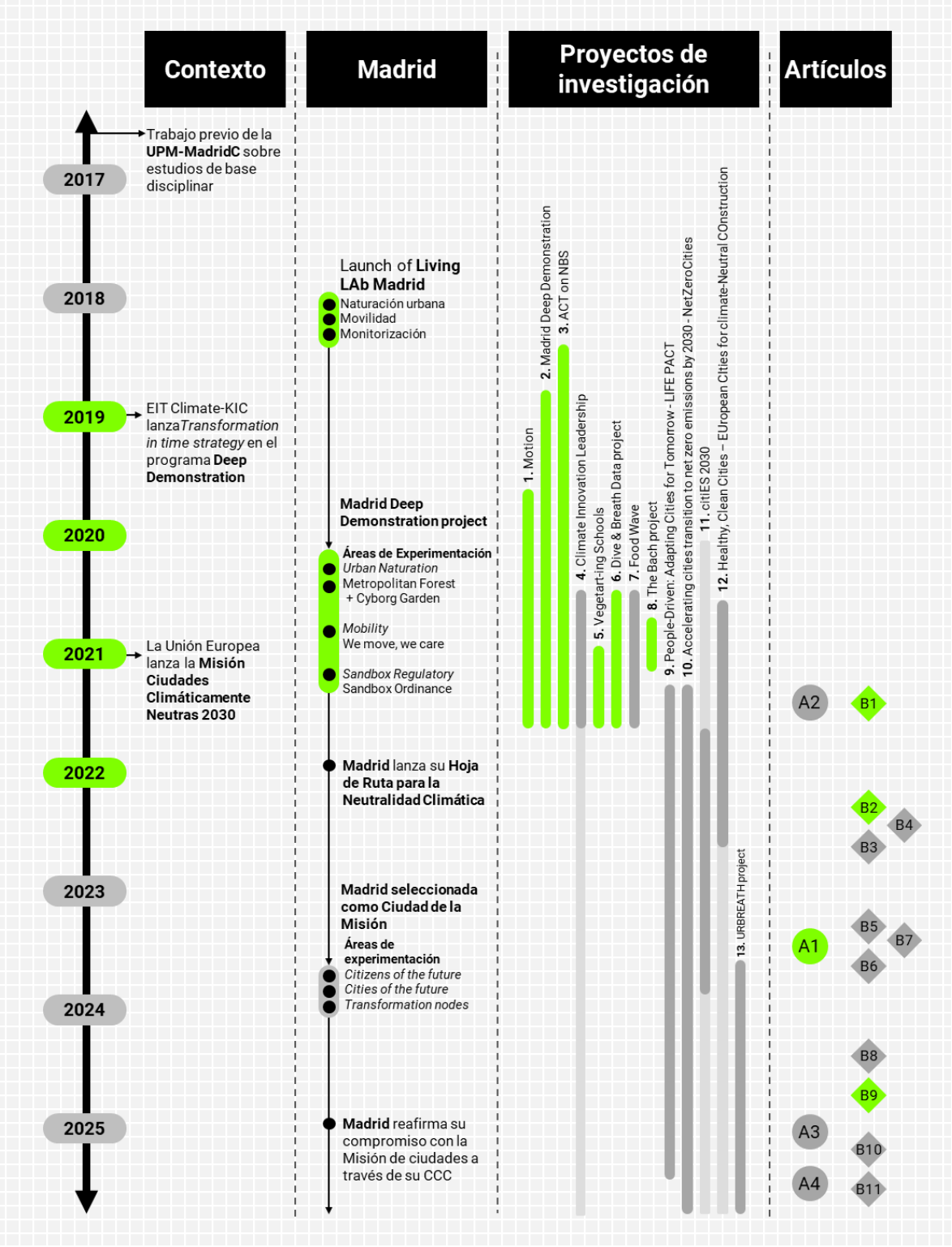
+ Materiales propios de la investigación, que incluyen entrevistas semiestructuradas, observaciones directas, documentos técnicos y pedagógicos, registros audiovisuales, productos comunicativos y análisis institucionales.

+ Principales resultados alcanzados en la investigación.



↑ **Figura 10:** Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio de Madrid. *Elaboración propia*

Caso 1 | El Jardín Cyborg: Mobiliario de arte urbano como infraestructuras de conocimiento para la adaptación al cambio climático



↑ **Figura 11:** Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 1. *Elaboración propia*

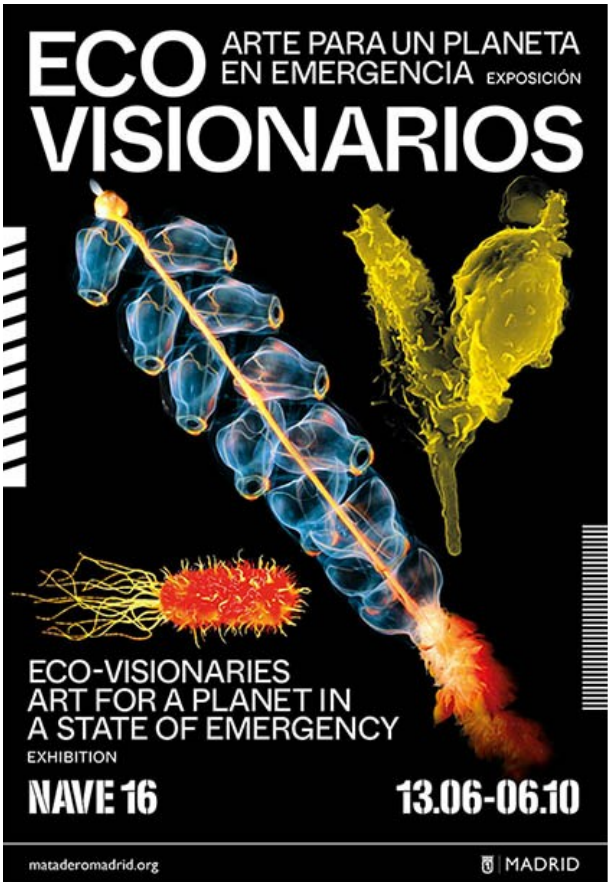
Desarrollado en el artículo *"(Un)Likely Connections between (Un) Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project"* publicado en la revista científica *MDPI Land*, el proyecto *"Cyborg Garden"* ha sido seleccionado como caso ilustrativo de cómo los enfoques artísticos pueden integrarse con estrategias de adaptación al cambio climático en el marco de la experimentación urbana, generando nuevas dinámicas de cocreación y producción de conocimiento. La iniciativa abordó el fenómeno de isla de calor urbano en el espacio público abierto del Centro de Creación Contemporánea Matadero Madrid, mediante el desarrollo de una serie de prototipos de mobiliario urbano con enfoque de adaptación al cambio climático que transformaron el lugar en un *"Jardín Cyborg"*. Estos fueron presentados en la Exposición Internacional "Ecovisionarios: Arte para un planeta en emergencia" (ver Figura 12-13). A través de dispositivos que vinculan lo humano y lo no humano, el proyecto desplegó una estética y una narrativa especulativa que interpela la crisis climática desde la convergencia entre arte, tecnología y ecología urbana. Fue desarrollado por un ecosistema multiactor amplio y diverso, que integró a técnicos municipales, empresas, investigadores, científicos, estudiantes y ciudadanía (ver Figura 14).

Este caso ilustra cómo los procesos artísticos pueden actuar como catalizadores de innovación climática, articulando conocimiento técnico y cultural. Su relevancia radica en demostrar que las interacciones entre actores convencionales y no convencionales —como artistas, diseñadores, científicos, técnicos municipales y ciudadanía— pueden desencadenar flujos creativos que amplifican el potencial transformador de los experimentos urbanos, superando los límites de los enfoques sectoriales tradicionales.

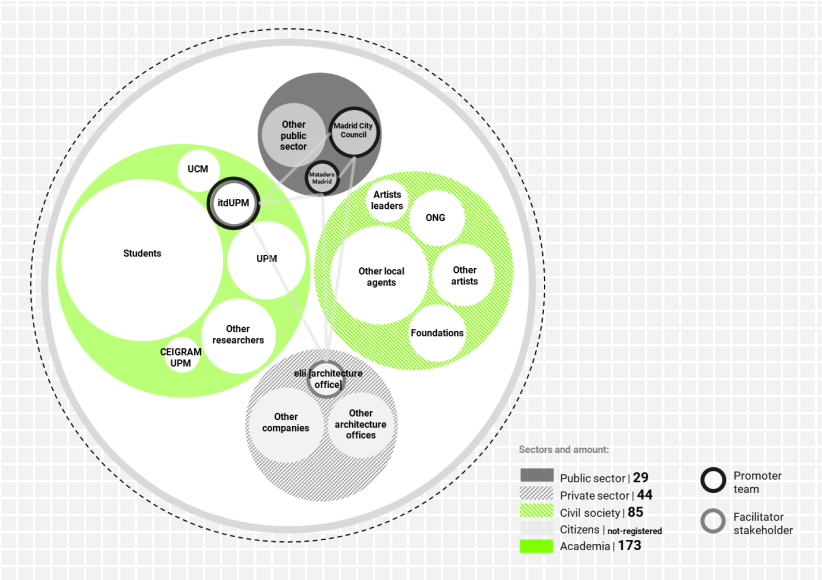
El investigador desempeñó el rol de intermediario en este proyecto, colaborando estrechamente con el Ayuntamiento de Madrid, el Centro Creación Contemporánea Matadero Madrid, la oficina de arquitectura elii, colectivos artísticos del Instituto Mutante de Narrativas Ambientales (IMNA) y un amplio ecosistema multiactor. El investigador coordinó las dinámicas interinstitucionales así como también diseñó y acompañó las metodologías participativas, asegurando que el proceso de cocreación integrara múltiples sistemas de conocimiento y produjera prototipos innovadores de infraestructura verde basado en procesos de creación artística liderado por 4 equipos: UH513, Double Happiness, TAKK y Orkhan Telham (Ver figuras 15-19)

La metodología para analizar este caso combinó enfoques cualitativos y de investigación-acción. Se aplicó un análisis detallado del ecosistema multiactor basado en la teoría del QHIM (Carayannis, 2009), así como de las metodologías y resultados de las sesiones de cocreación (incluyendo talleres y laboratorios de diseño), siguiendo los principios de inclusión, reciprocidad,

↑ **Figura 12:** Exposición Internacional Ecovisionarios: Arte para un planeta en Emergencia, Matadero Madrid 2018.



→ **Figura 13:** Afiche y dossier de presentación de la Exposición Internacional Ecovisionarios: Arte para un planeta en Emergencia. Matadero Madrid 2018.



→ **Figura 14:** Ecosistema multiactor implicado en el caso de estudio 1. *Elaboración propia*

innovación y valor agregado (Stott, 2018). El análisis también incorporó de forma novedosa la aplicación del modelo del Ciclo KREBS para la Creatividad (Oxman, 2016), lo que permitió mapear las transferencias de conocimiento entre arte, ciencia, ingeniería y diseño. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los facilitadores, artistas, diseñadores y técnicos involucrados, así como observación directa durante los talleres, sesiones de prototipado, así como en eventos públicos en el marco de la exposición internacional (2019).

Entre los materiales empleados se incluyeron fuentes primarias como actas de trabajo, notas de campo, grabaciones de reuniones, modelos físicos y digitales, mapas conceptuales de las sesiones y registros fotográficos y audiovisuales de las actividades. También se analizaron documentos técnicos, publicaciones derivadas del proyecto y artículos académicos que contextualizan la experiencia. La triangulación de estas fuentes permitió identificar tanto los aprendizajes como las tensiones emergentes en el proceso de cocreación y prototipado.

Los resultados destacan que el arte como espacio de análisis y exploración abre la puerta hacia contextos propicios para la cocreación multiactor de nuevas narrativas ecosociales que vinculan lo humano, la tecnología y la naturaleza. Se identificaron estrategias efectivas de cocreación para movilizar saberes difusos y expertos, y se propuso un marco conceptual que trasciende los modelos lineales tradicionales de transferencia de conocimiento. Por último, se identificaron las fricciones y tensiones que genera la inserción de procesos de experimentación urbana en marcos teóricos, normativos e institucionales resistentes al cambio, así como los mecanismos empleados para mitigar o diluir dichas tensiones.

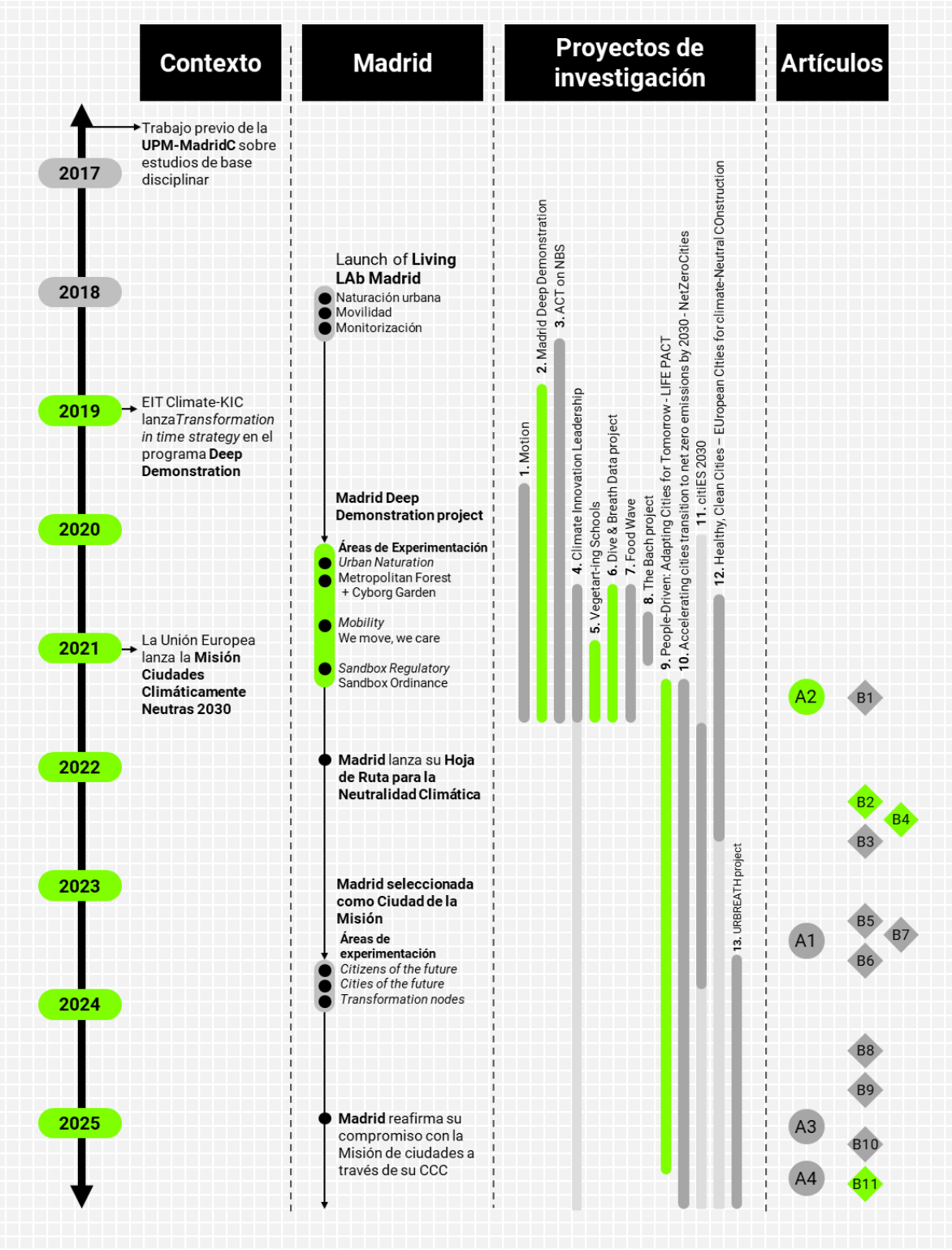
↑ **Figura 15:** Jardín Cyborg | Prototipos del colectivo Double Happiness (Joyce Hwang y Nerea Feliz) centrados en los habitantes no humanos, Matadero Madrid (2018)

↑ **Figura 16:** Jardín Cyborg | Prototipos del colectivo TAKK (Mireia Luzárraga y Alejandro Muiño) que desarrollan unos espacios de estancia, generadores de sombra, que participarán de la biodiversidad local, Matadero Madrid (2018)

↑↓ **Figura 17—18:** Jardín Cyborg | Prototipos cyborg y de realidad virtual del colectivo uh513 (María Castellanos y Alberto Valverde) que invitan a ampliar nuestras capacidades sensoriales e interactuar con las plantas del jardín , Matadero Madrid (2018)

↑ **Figura 19:** Jardín Cyborg | Prototipos de Orkan Telhan, quien trabaja con nuevas especies y con los rituales de cuidado de estos híbridos, a la vez, naturales y artificiales. Matadero Madrid (2018)

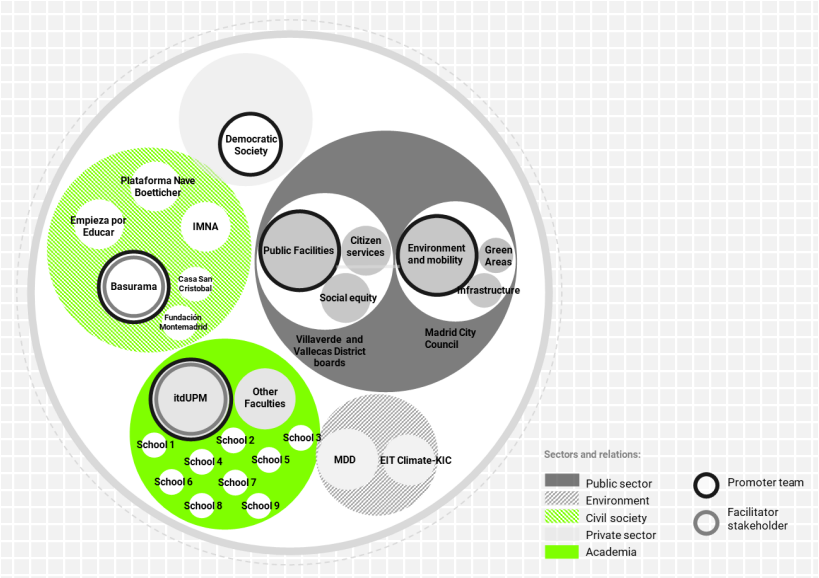
Caso 2 | Experimentación desde el aula: Activando la acción climática desde los equipamientos públicos



↑ **Figura 20:** Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 2. *Elaboración propia*

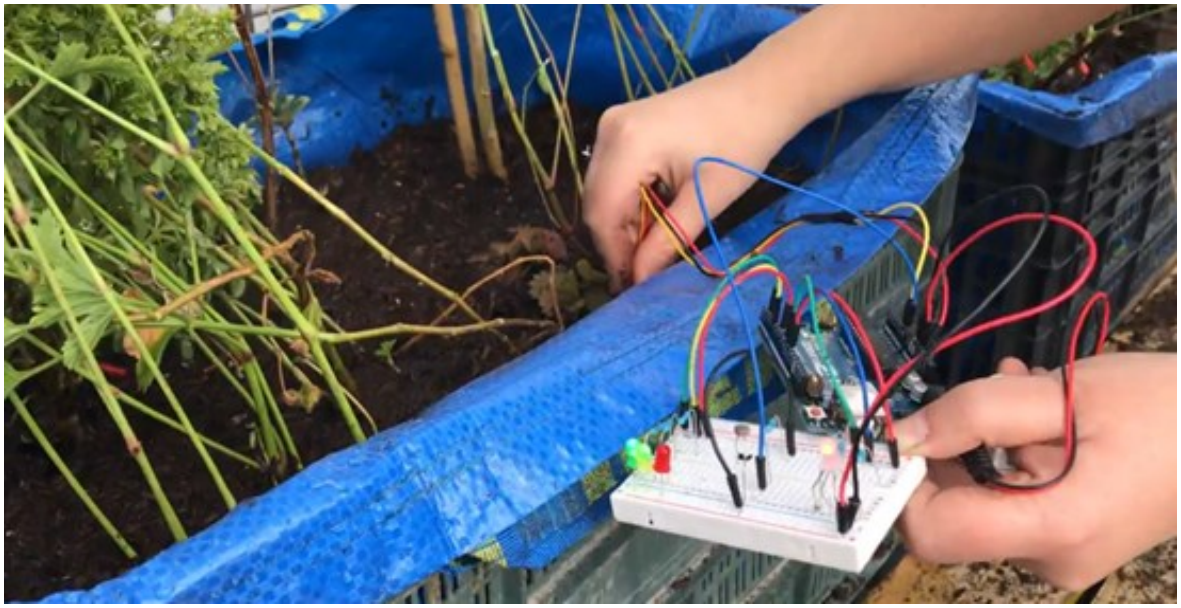
Desarrollado en el *artículo "Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs"* publicado en la revista científica *MDPI Sustainable Cities and Society*, el artículo se centró en el proyecto europeo Ecología a pie de Barrio y el Madrid Deep Demonstration y donde se identificaron puntos críticos que afectan la continuidad y escalabilidad de experimentos urbanos como instrumentos de innovación social. Este caso ha sido seleccionado por abordar cómo los equipamientos públicos -en particular los centros educativos- pueden actuar como palancas para la transformación urbana, integrando de manera innovadora la ciencia, la educación, y la acción climática. Su relevancia radica en demostrar que las acciones e intervenciones diseñadas desde la escuela pueden trascender el ámbito pedagógico, proyectándose hacia la comunidad local y el tejido urbano circundante, convirtiéndose en nodos clave para impulsar transformaciones socioecológicas más amplias.

El investigador desempeñó el rol de intermediario en este proyecto, articulando a actores municipales, centros educativos, asociaciones vecinales y organizaciones sociales (Ver Figura 21). Su labor consistió en generar las condiciones para el diálogo multiactor, codiseñar estrategias de acción climática contextualizadas y fomentar la apropiación de las iniciativas por parte de la comunidad escolar.



→ **Figura 21:** Ecosistema multiactor implicado en el caso de estudio 2. *Elaboración propia*

El marco analítico combinó un análisis mixto de la QHIM (Carayannis & Campbell, 2016), con los principios de eficacia colectiva para el cambio de comportamiento (Allen y Crowley 2017) dentro de procesos de innovación social (Young Foundation, 2016; Deiglmeier & Greco, 2018), combinando un enfoque cualitativo y exploratorio. Se realizaron entrevistas semiestructuradas con docentes, estudiantes, técnicos municipales y representantes de organizaciones sociales; se organizaron grupos focales para compren-



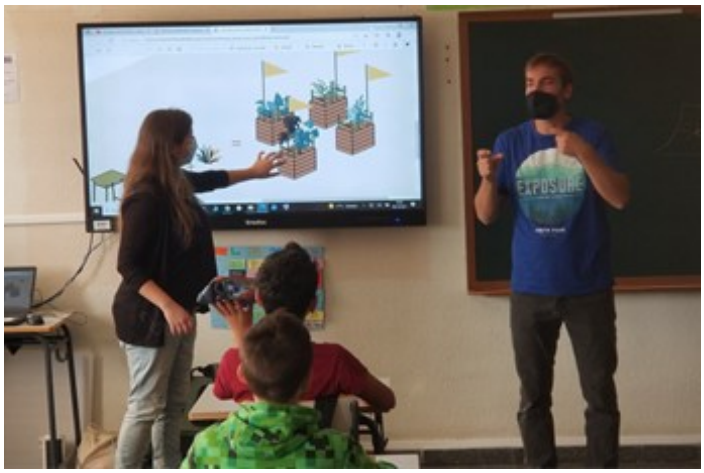
↑ **Figura 22:** Sensores de medición de calidad de NBS desarrolladas en el caso de estudio 2

der las percepciones colectivas y los aprendizajes generados; y se llevó a cabo un análisis documental exhaustivo de los informes de proyecto, planes de acción, registros de actividades, materiales pedagógicos y productos comunicativos generados. Además, se analizaron los resultados de talleres participativos que incorporaron el arte y la tecnología, los cuales fueron diseñados para capturar las voces y propuestas de los distintos actores involucrados (Ver Figuras 22-25).

Los materiales empleados para el análisis incluyeron tanto fuentes primarias (transcripciones de entrevistas, actas de reuniones, registros fotográficos, vídeos de actividades) como fuentes secundarias (documentación técnica, reportes intermedios, publicaciones académicas derivadas del proyecto). Esta triangulación metodológica permitió construir una visión rica y matizada de los procesos, retos y aprendizajes. Entre los resultados más destacados, se identificó que las escuelas, cuando son integradas en redes de colaboración multiactor tienen el potencial de convertirse en auténticos demostradores urbanos de acción climática, generando no solo impacto en el ámbito escolar, sino también fortaleciendo la resiliencia comunitaria, promoviendo el aprendizaje colectivo y articulando cambios tanto dentro como fuera del entorno escolar.

Uno de los principales hallazgos subraya la necesidad de crear contextos propicios para la colaboración en los experimentos urbanos. Estos contextos deben ser diseñados conforme a tres principios fundamentales: 1) Crear las condiciones para los espacios de participación abierta y multiactor; 2) Visibilizar la relevancia del problema abordado, enmarcándolo en las tres esferas de la agencia ciudadana (individual, comunitaria e institucional). 3) Evidenciar el carácter sistémico del problema, destacando su recurrencia en otros contextos geográficos y el potencial de el aprendizaje mutuo y el fortalecimiento colectivo que ello implica.

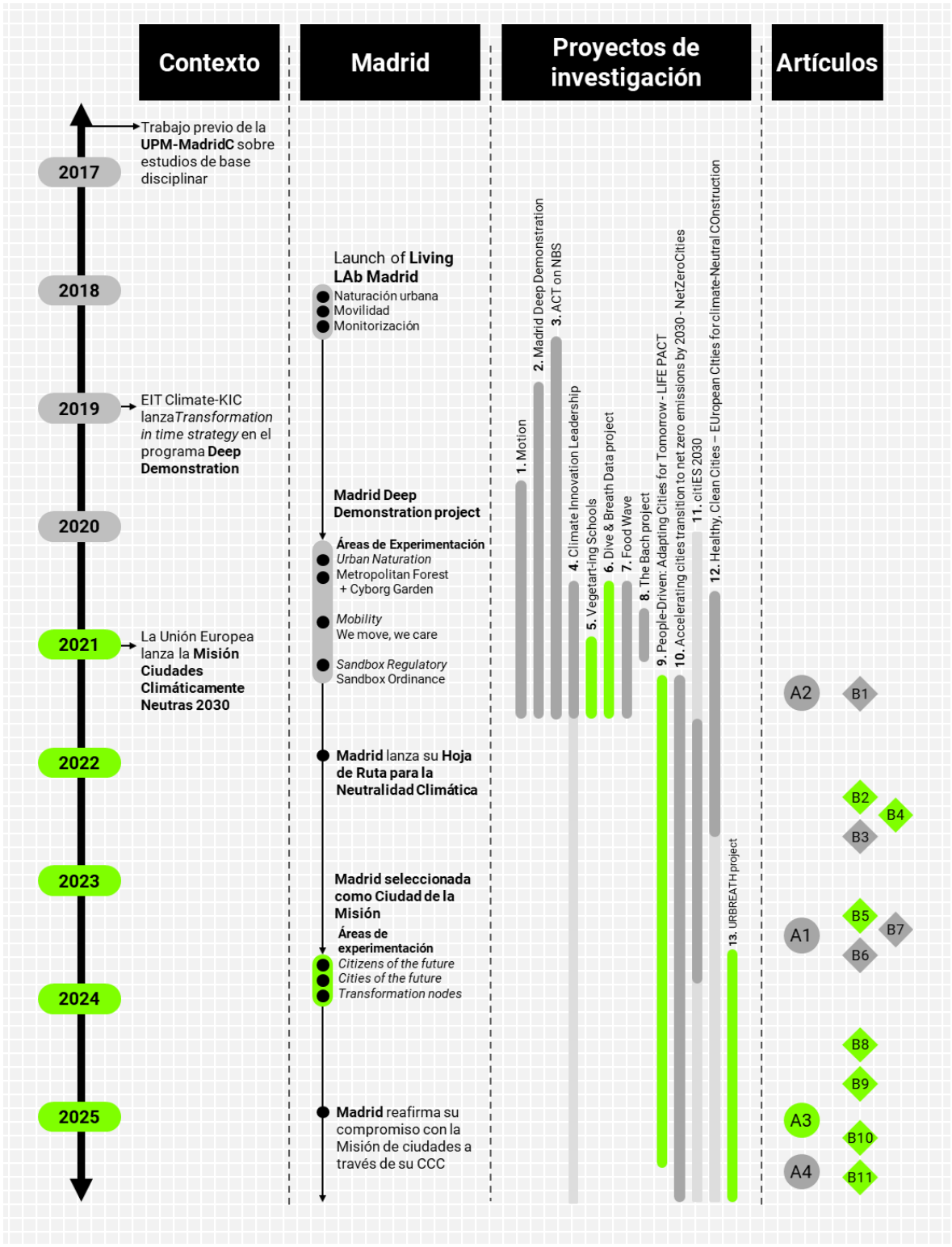
← **Figura 23:** Sesiones de trabajo con el alumnado



← **Figura 24:** Sesiones de trabajo con el alumnado

↓ **Figura 25:** Sesiones de trabajo con el alumnado

Caso 3 | Entornos y patios escolares: Reconfiguración institucional a través de la planificación participativa en barrios

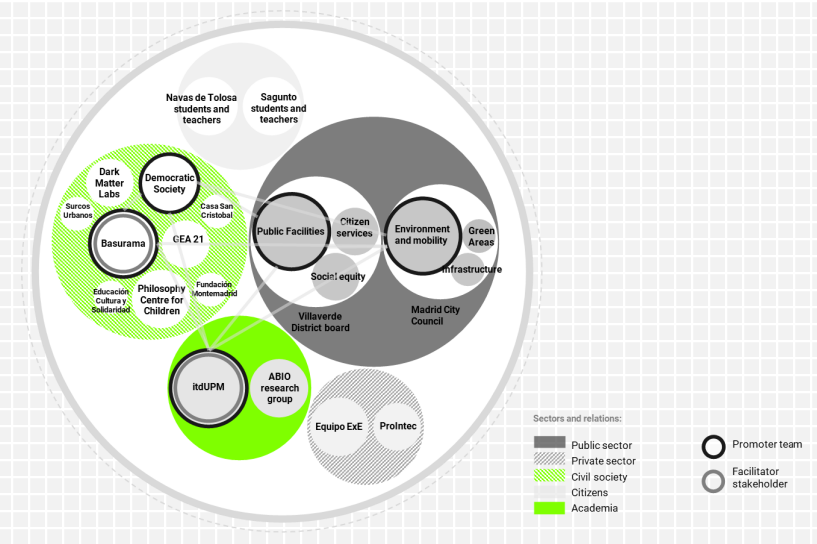


↑ **Figura 26:** Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 3. *Elaboración propia*

Desarrollado en el artículo *"(Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid"* publicado en la revista científica *MDPI Land*, el proyecto europeo LIFE PACT (People-driven: Adapting Cities for Tomorrow) ha sido seleccionado por su importancia para analizar cómo los procesos de experimentación urbana pueden transformar no solo los espacios físicos, sino también los marcos institucionales y las reglas de juego en procesos de experimentación urbana. Su relevancia reside en mostrar cómo el experimento urbano para la adaptación climática de entornos y patios escolares, especialmente en barrios de alta vulnerabilidad social y climática como San Cristóbal de los Ángeles (Madrid), puede operar como palanca para la innovación institucional, generando cambios significativos en las relaciones entre administración pública, comunidad educativa, ciudadanía y agentes del territorio.

El investigador desempeñó el rol de facilitador y coordinador de este proceso, articulando a equipos técnicos municipales, equipos directivos y docentes de las escuelas (CEIP Navas de Tolosa y CEIP Sagunto), asociaciones vecinales, entidades culturales y actores académicos (ver Figura 27). El investigador junto al equipo promotor del proyecto europeo LIFE PACT en la ciudad de Madrid diseñaron la arquitectura metodológica del proceso multiactor, basada en las fases de escucha activa, comunicación evolutiva, cocreación, prototipado, redacción técnica de los proyectos de ejecución, evaluación y escalado de este modelo (ver Figura 28-34). Gracias a ello se logró traducir el conocimiento local en propuestas de intervención concretas, a la vez que se codiseñaban puentes entre el conocimiento técnico, normativo y comunitario.

→ **Figura 27:** Ecosistema multiactor implicado en el caso de estudio 3. *Elaboración propia*



La metodología aplicada para analizar este caso se sustentó en un enfoque cualitativo con base en el Marco de Análisis y Desarrollo Institucional (IAD) de Elinor Ostrom, que permite descomponer las situaciones de acción institucional en reglas, actores, recursos y

↑ **Figura 28:** Axonometría del proyecto de intervención. *Elaborado por: equipo.exe*

resultados. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a técnicos municipales, diseñadores urbanos, equipos escolares y asociaciones locales; se llevaron a cabo observaciones directas durante las sesiones de co-diseño y prototipado; y se analizaron documentos clave, como actas de reuniones, informes técnicos, mapas participativos y documentos gráficos elaborados durante el proceso.

Los materiales empleados incluyen una amplia gama de fuentes primarias y secundarias, tales como registros audiovisuales de los talleres, transcripciones de entrevistas, análisis de documentación institucional, materiales pedagógicos generados por los colegios, fichas técnicas de diseño urbano, y productos comunicativos (como vídeos, manifiestos escolares y exposiciones públicas). Esta triangulación permitió comprender los resultados materiales del proyecto (mejoras en el diseño bioclimático, incorporación de infraestructura verde, nuevos usos del espacio escolar), así como captar las transformaciones intangibles, cambios en las reglas informales, fortalecimiento de capacidades institucionales y generación de legitimidad social.

Entre los principales resultados se destacan que el experimento urbano posibilita la ampliación del ecosistema de actores implicados, la reconfiguración de los roles y responsabilidades en el proceso de diseño, y la introducción de nuevas dinámicas deliberativas que modifican las reglas en uso, sin necesidad de reformas normativas formales. El caso evidencia que los barrios -en este caso los entornos escolares- pueden operar como verdaderos comunes urbanos, laboratorios de innovación participativa y espacios de aprendizaje institucional, con un potencial significativo para replicarse en otros contextos urbanos.

↑ **Figura 29:** Axonometría del proyecto de intervención del CEIP Sagunto. *Elaborado por: equipo.exe*

↓ **Figura 30:** Axonometría del proyecto de intervención del CEIP Navas de Tolosa. *Elaborado por: equipo.exe*

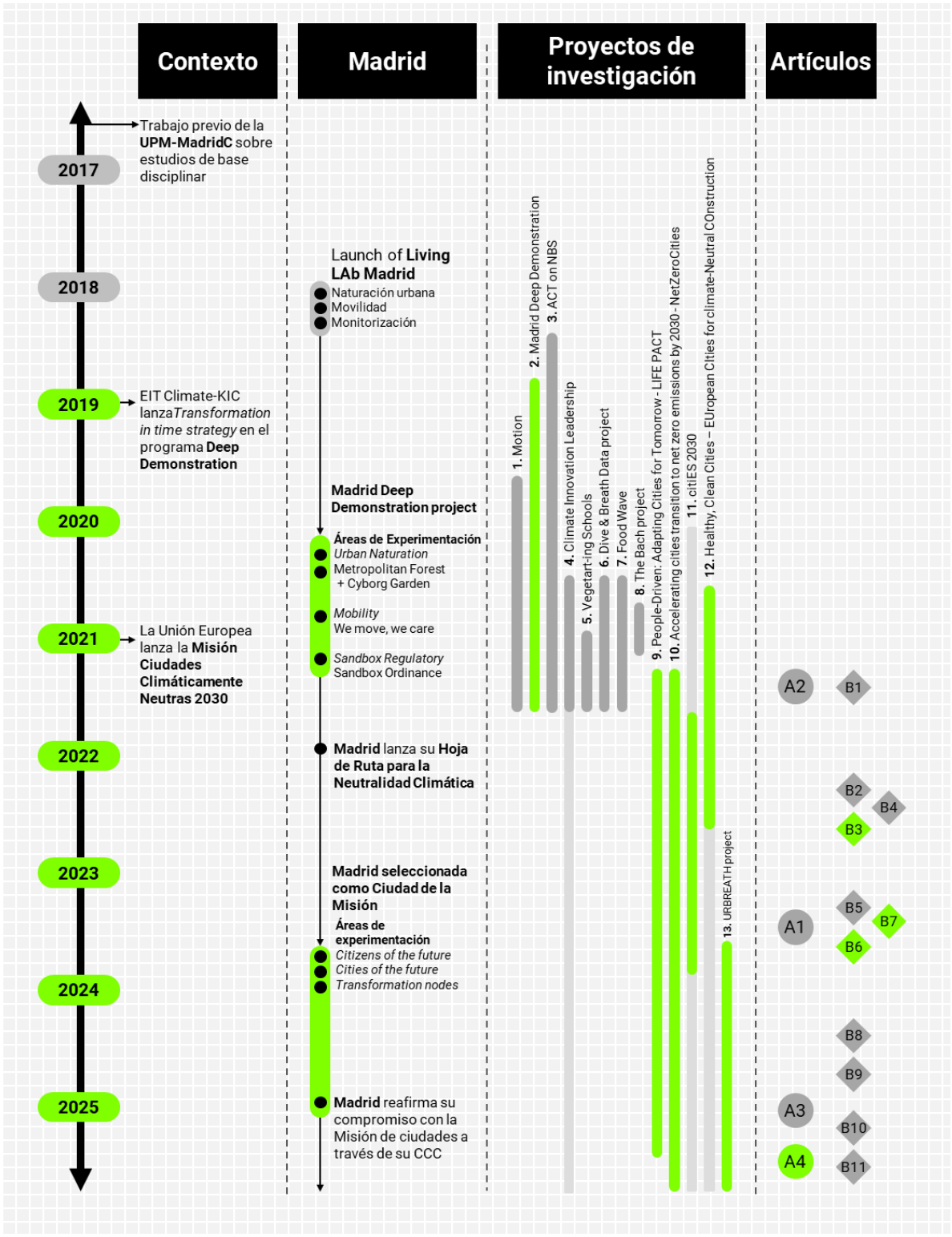
↑ **Figura 31:** Vista del proyecto de intervención del CEIP Sagunto. *Elaborado por: Ayuntamiento de Madrid*

↑ **Figura 32:** Foto de instalaciones de agua y nuevo vallado en CEIP Ambas de Tolosa, Villaverde. *Foto: Caren Camiscia*

↑ **Figura 33:** Sesiones de divulgación del proyecto en el CEIP Navas de Tolosa de Villaverde. *Foto: Caren Camiscia 2024*

↑ **Figura 34:** Juegos de Agua instalados en el centro educativo del caso de estudio 3. *Foto: Caren Camiscia 2024*

Caso 4 | Porfolio de experimentación: Articulación multiescalar del conocimiento para una gobernanza climática urbana sistémica



↑ **Figura 35:** Línea temporal integrada de hitos contextuales, proyectos y actividades de investigación en relación con el caso de estudio 4. *Elaboración propia*

Desarrollado en el artículo *"Breaking silos: A systemic portfolio approach and digital tool for collaborative urban decarbonisation",* publicado en la revista *MDPI Sustainability*, este artículo se inscribe en los proyectos europeos URBREATH y la Misión Europea de Ciudades Climáticamente Neutrales para 2030. Esta iniciativa ha sido seleccionada por su relevancia como programa emblemático de innovación sistémica aplicada a la gestión urbana, en particular en el ámbito de la descarbonización. La Misión impulsa la transformación de 112 ciudades europeas, configurando espacios de aprendizaje, colaboración e implementación orientados a acelerar la transición hacia modelos urbanos sostenibles.

Uno de los instrumentos clave de esta transformación son los Climate City Contracts (NetZeroCities, 2024), a través de los cuales las ciudades formalizan sus compromisos políticos, planes de acción e inversiones para alcanzar la neutralidad climática. Sin embargo, el verdadero desafío radica en cómo articular este conocimiento en ecosistemas urbanos complejos y cómo amplificar su impacto mediante la colaboración entre actores diversos y entre ciudades. El enfoque de porfolio propuesto en el artículo responde precisamente a esta necesidad, al ofrecer herramientas para gestionar la interdependencia entre proyectos, movilizar recursos estratégicos y fomentar el aprendizaje colectivo más allá de compartimentos institucionales y territoriales.

Su importancia radica en mostrar cómo un enfoque de porfolio contribuye a romper los silos sectoriales, integrando a múltiples actores, escalas, proyectos y experimentos urbanos bajo un marco común de acción climática. Además, destaca el potencial de las herramientas digitales como apoyo a los sistemas urbanos y como oportunidad para gestionar la abundancia de recursos urbanos y la complejidad que esto atañe, ofreciendo capacidades de visualización, priorización y evaluación estratégica para la colaboración multiactor.

El investigador desempeñó el rol de diseñador y facilitador para la implementación del enfoque de porfolio en el Acuerdo Climático de la Ciudad de Madrid en el marco de la Misión Europea de Ciudades Climáticamente Neutrales. Su rol incluyó la facilitación de procesos multiactor, el diseño metodológico del portfolio, la coordinación de los flujos de información entre actores y la supervisión del desarrollo e implementación de herramientas digitales específicas para el seguimiento y aprendizaje colectivo (Ver figura 36).

Junto al Ayuntamiento de Madrid y otros agentes locales, nacionales y europeos, se construyó un porfolio de experimentos y proyectos tractores orientados a acelerar la transición climática de la ciudad, incluyendo acciones en movilidad, eficiencia energética, regeneración y naturaleza urbana. El investigador diseñó una taxonomía traduciendo conceptos complejos a lenguajes accesibles garanti-

zando que la herramienta digital se integrara de manera coherente en el Acuerdo Climático de la ciudad (Ver figura 37).

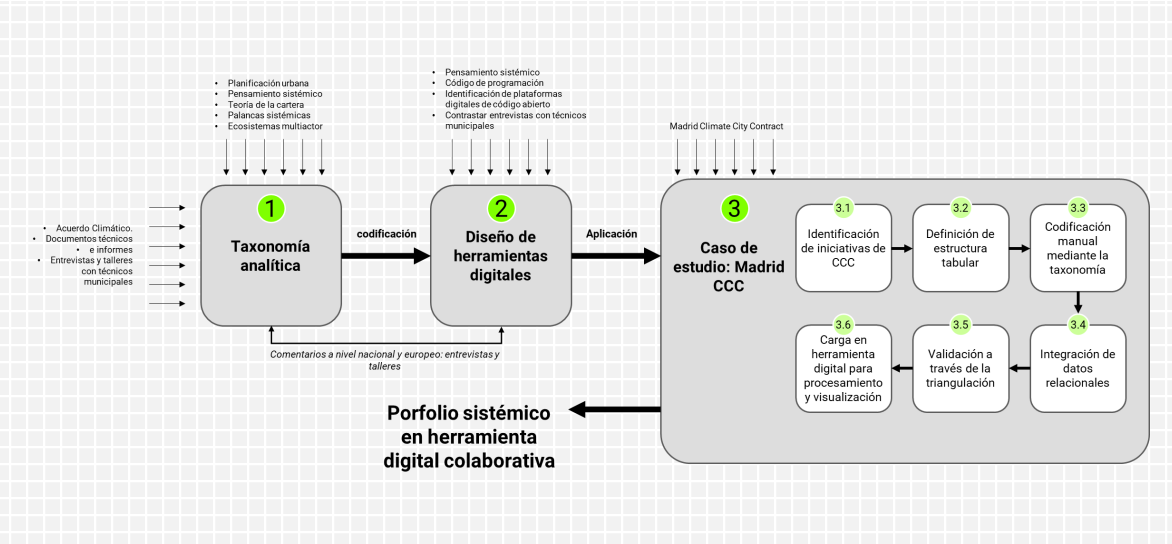
La metodología de análisis de este caso combinó métodos cualitativo, el análisis documental exhaustivo de los materiales producidos durante el diseño y despliegue del porfolio (planes estratégicos, documentos de trabajo, reportes de progreso, fichas de proyectos), se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con actores clave del ecosistema del Ayuntamiento de Madrid y la Misión de Ciudades (municipio, agencias, socios tecnológicos, organizaciones sociales), y se desarrollaron y analizaron las funcionalidades, potencialidades y limitaciones de la herramienta digital desarrollada para este caso de estudio.

Además, se aplicó un análisis comparativo de las dinámicas de colaboración y aprendizaje en las fases previas y posteriores a la adopción del enfoque de porfolio, identificando cambios en patrones de interacción, toma de decisiones y gestión estratégica. Entre los materiales utilizados se incluyeron registros de reuniones, materiales gráficos y de visualización generados por la herramienta digital, informes de monitoreo, resultados de talleres colaborativos y análisis de indicadores de impacto.

Entre los principales resultados, destaca el diseño y desarrollo de la herramienta digital para el portfolio de experimentación, que permite visualizar una serie de conexiones no explícitas. Mediante la aplicación de un enfoque de portfolio (ver Figuras 38-41), la herramienta digital desarrollada facilita la visualización de avances tangibles, como la consolidación de un portfolio integrado y la articulación de proyectos previamente dispersos. Esta herramienta contribuye a superar las fragmentaciones en la gobernanza urbana, facilitando la coordinación interdepartamental, la alineación de agendas políticas y la aceleración en la implementación de acciones climáticas.

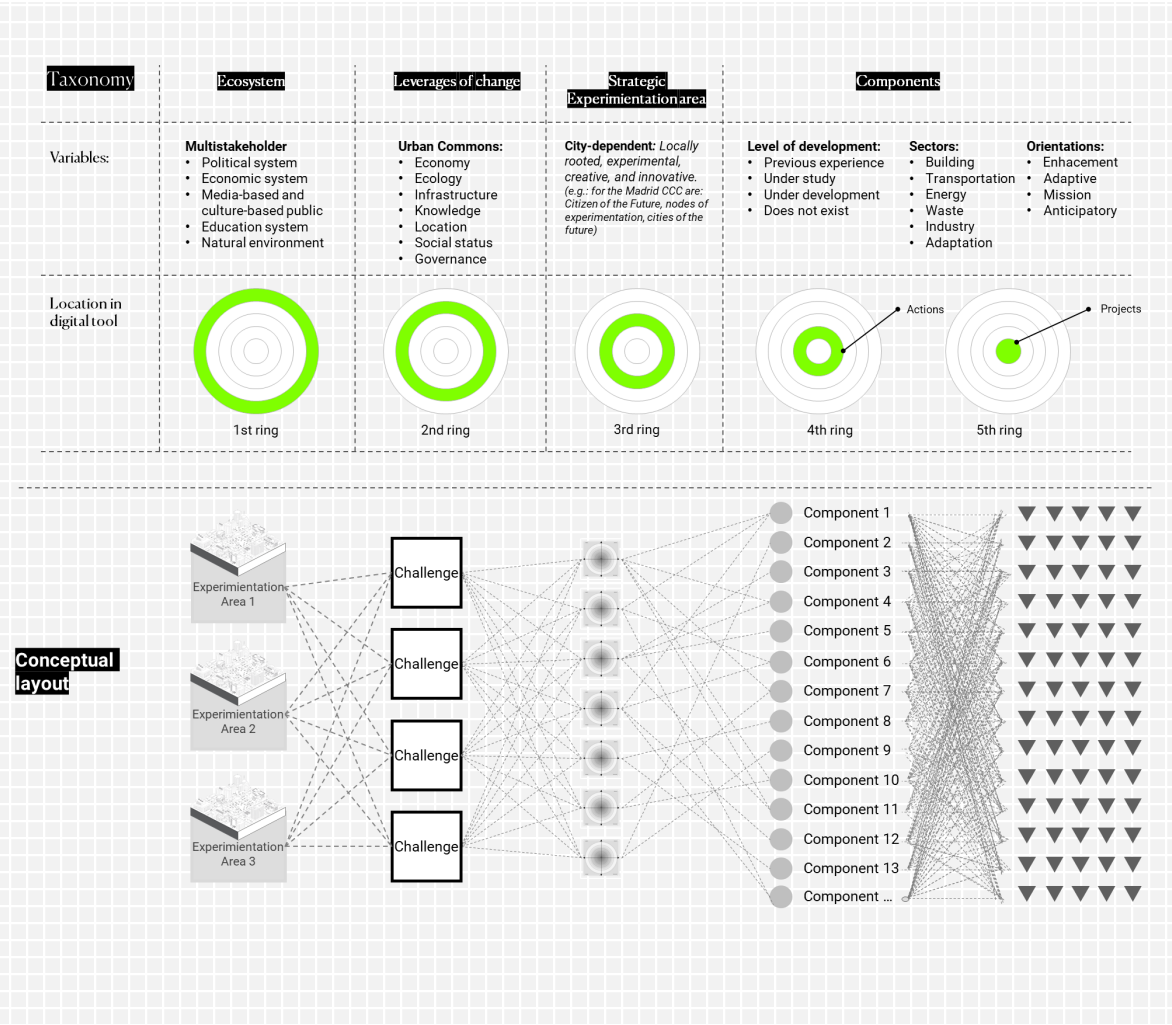
La riqueza de datos y la colaboración a lo largo de la investigación permitieron construir una visión holística del proceso, evidenciando que la descarbonización urbana no se limita exclusivamente a proyectos infraestructurales orientados al abatimiento directo de emisiones de CO₂, sino que también depende de iniciativas programáticas que fortalecen las capacidades del ecosistema multiactor y habilitan condiciones para superar barreras organizativas preexistentes.

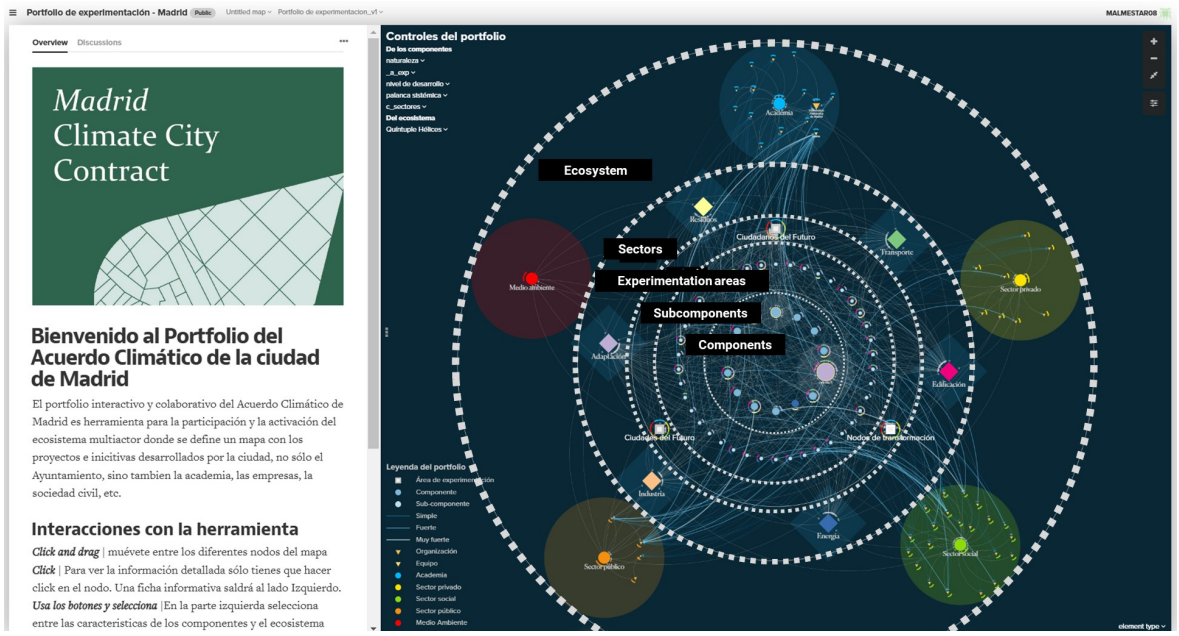
No obstante, si bien la herramienta digital permite visibilizar las interconexiones entre iniciativas, no las establece por sí misma; por tanto, la dimensión analógica —sustentada en relaciones humanas, procesos deliberativos y estructuras institucionales— sigue siendo esencial para activar y sostener dichas conexiones.



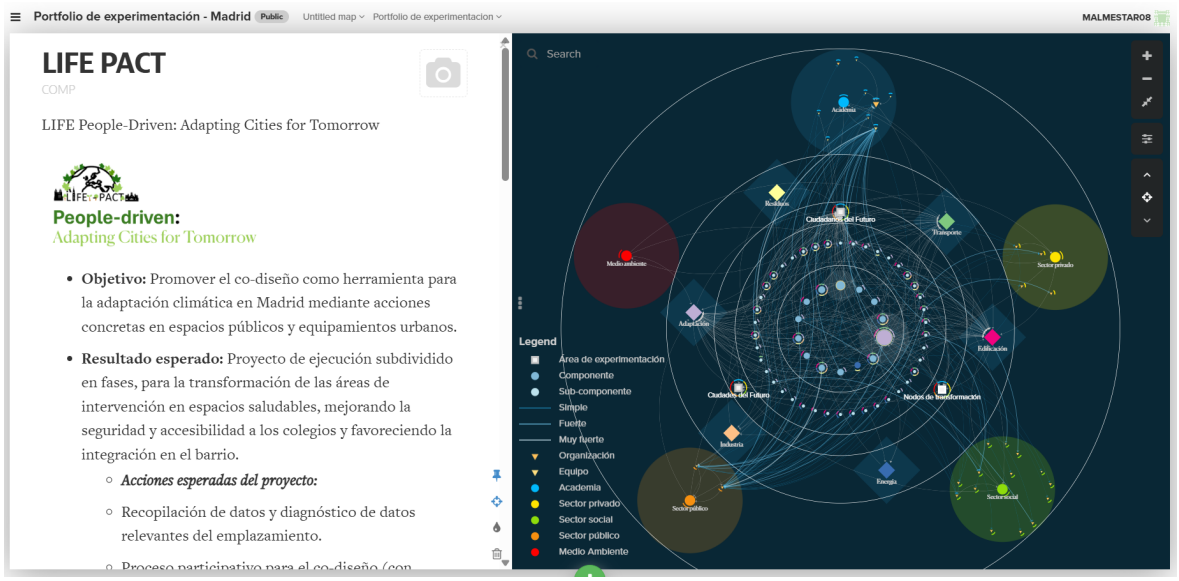
↑ **Figura 36:** Proceso metodológico implementado en la investigación del caso de estudio 4. *Elaboración propia*

↓ **Figura 37:** Taxonomía del porfolio. Variables del portfolio y su ubicación en la herramienta digital. *Elaboración propia*



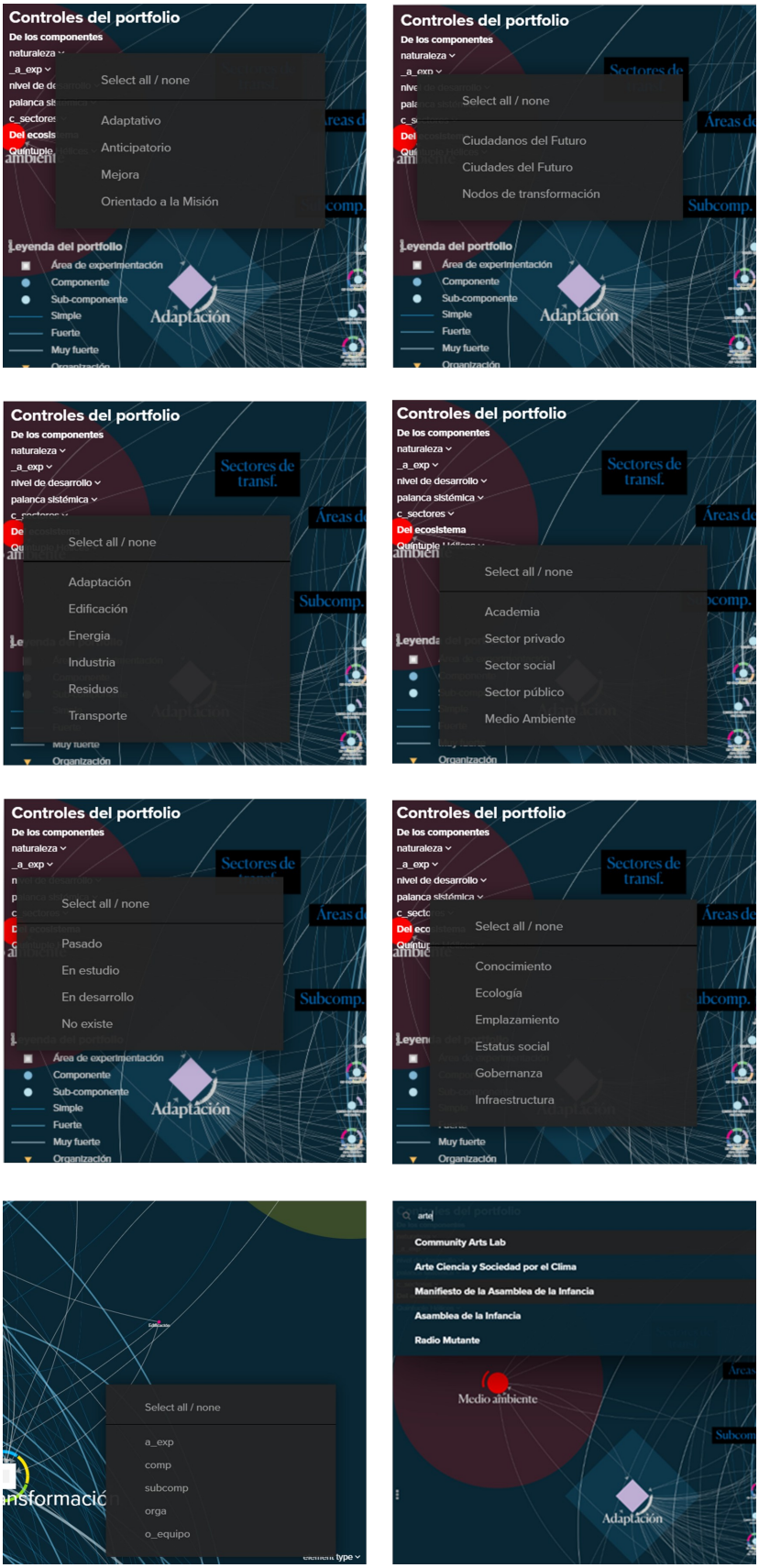


↑ **Figura 38:** Visualización de la herramienta interactiva digital para el porfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. *Elaboración propia*



↑ **Figura 39:** Visualización de la ficha de proyecto de la herramienta interactiva digital para el porfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. *Elaboración propia*

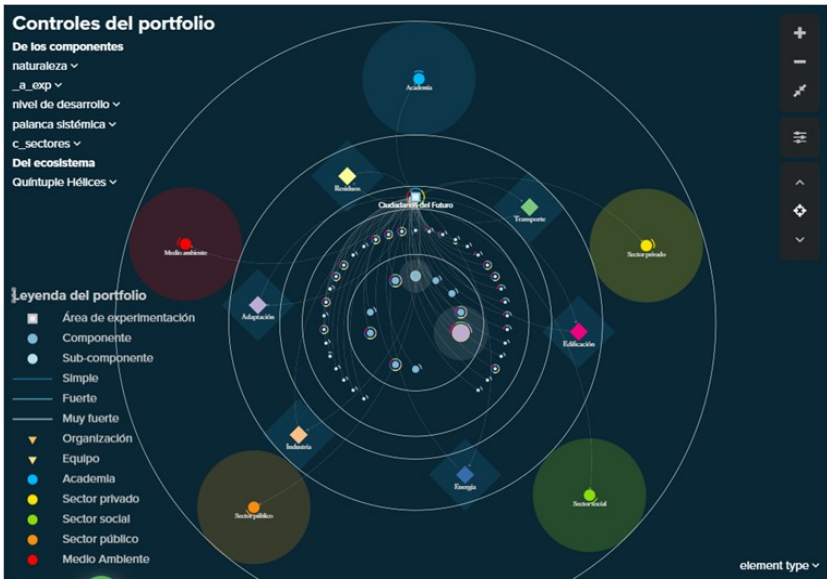
→ **Figura 40:** Controladores del portfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. *Elaboración propia*



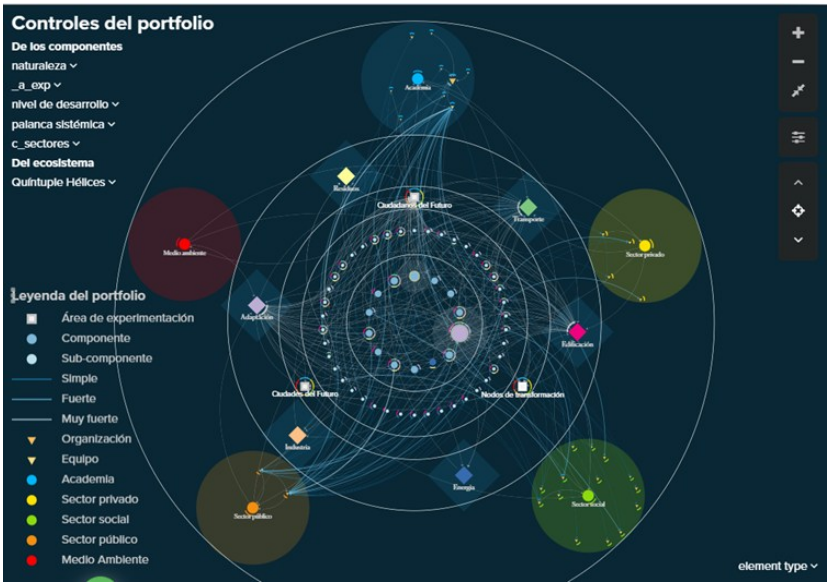
→ **Figura 41:** Conexiones de primer (a), segundo (b) y tercer (c) nivel, entre componentes y anillos del portfolio del Acuerdo Climático de la ciudad de Madrid. *Elaboración propia*

(a)

(b)



(c)



RESUMEN

+ La metodología se fundamenta en un diseño de casos múltiples holístico y multisituado, adecuado para abordar fenómenos urbanos complejos.
+ La producción de conocimiento se concibe como práctica situada y coproducida, vinculada a contextos reales en Madrid y proyectos europeos.
+ El enfoque *Action Case* combina la dimensión interpretativa (comprensión situada) y la intervencionista (transformación activa).
+ El investigador adopta roles múltiples: facilitador de procesos, agente de cambio, mediador de conocimiento y científico reflexivo.
+ Se analizan cuatro casos principales:
    + Caso 1 (Mobiliario): Jardín Cyborg, que explora el arte y la creatividad como infraestructuras de conocimiento para la adaptación climática.
    + Caso 2 (Equipamiento): Experimentación desde el aula, donde los centros educativos actúan como palancas de acción climática y transformación urbana.
    + Caso 3 (Barrio): Entornos y patios escolares, que muestra cómo los procesos participativos reconfiguran reglas institucionales en barrios vulnerables.
    + Caso 4 (Ciudad): Porfolio de experimentación, orientado a articular conocimiento multiescalar mediante una herramienta digital para la gobernanza climática.
+ Los casos se complementan con 11 estudios adicionales que amplían la base empírica, asi como la estancia en TU Delft fortaleció la dimensión internacional, validando el enfoque metodológico y explorando su aplicabilidad práctica.

4 | Resultados

El capítulo de resultados se estructura en torno a los cuatro artículos principales (A1–A4), cada uno de los cuales explora una dimensión clave de la tesis. A1 analiza la cocreación entre arte y SbN, aplicando el QHIM y el ciclo de KREBS como marco metodológico. A2 estudia el rol de las escuelas como palancas de cambio y nodos estratégicos de acción climática, introduciendo principios de eficacia colectiva. A3 examina la planificación colaborativa en patios escolares, empleando el modelo IAD para evidenciar cambios institucionales y nuevas dinámicas de gobernanza. Finalmente, A4 desarrolla un enfoque de portafolio sistémico y una herramienta digital para articular la descarbonización urbana de manera integrada.

El análisis de este capítulo hace una primera identificación de los patrones comunes e interrelaciones entre los resultados, estructurados en relación con las fases de trabajo y los objetivos planteados, aportando evidencia empírica para la discusión posterior.

4.1. Compendio de artículos científicos de la tesis

4.1.1. Articulo A1

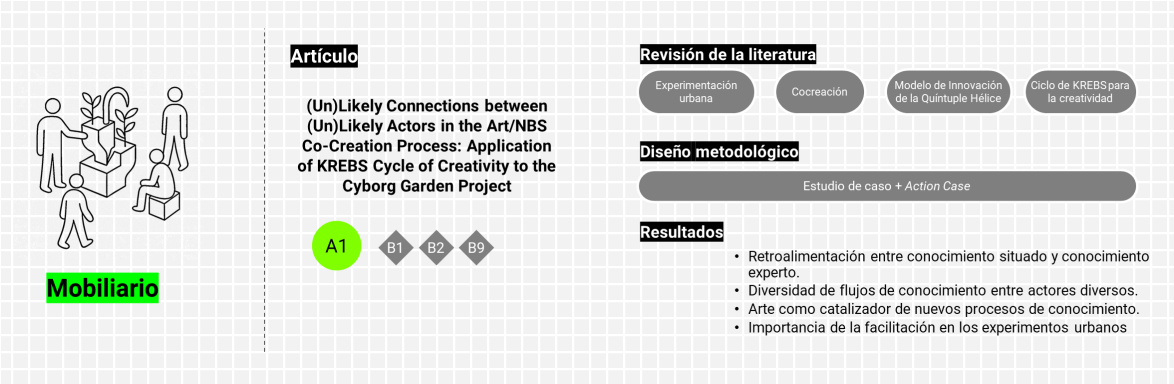
Título original:

(Un)Likely Connections between (Un)Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project.

Título:

Conexiones (im)probables entre actores (im)probables en el proceso de cocreación Arte/NBS: Aplicación del ciclo KREBS de la creatividad al proyecto Jardín Cyborg)

A1 | Panorama de la investigación:



↑ **Figura 42:** Panorama de la investigación A1. *Elaboración propia*

Resumen: Las soluciones basadas en la naturaleza constituyen la base técnica para la adaptación al cambio climático, mientras que la cocreación actúa como vehículo para la coproducción de conocimiento e innovación, formando así un binomio sólido en el marco de la Estrategia de Infraestructura Verde de la Unión Europea. No obstante, uno de los principales desafíos para la implementación de estrategias efectivas de cocreación radica en la incorporación de saberes provenientes de sistemas sociales diversos. La producción de conocimiento ha sido abordada mediante distintos modelos metodológicos, como la innovación de la quíntuple hélice propuesta por Carayannis o el modelo de conocimiento experto/difuso desarrollado por Manzini. Estos enfoques teóricos se basan en transferencias lineales de conocimiento, sin representar adecuadamente los flujos alternativos entre actores (no)convencionales. Frente a estas limitaciones, la investigación propone una tercera estrategia:

el ciclo KREBS de la creatividad, definido por Oxman, como un mapa conceptual capaz de describir las transferencias de conocimiento a través de las cuatro modalidades de la creatividad humana (ciencia, ingeniería, diseño y arte). Aportar suficiente "energía creativa" en un proceso de cocreación permitiría garantizar una producción exitosa de conocimiento. En este sentido, la investigación busca iluminar diferentes estrategias de cocreación orientadas a promover dicha "energía creativa" en el diseño del Cyborg Garden (CG) en Madrid, ofreciendo así una aplicación novedosa del marco metodológico de Oxman en diálogo con los modelos de Carayannis y Manzini.

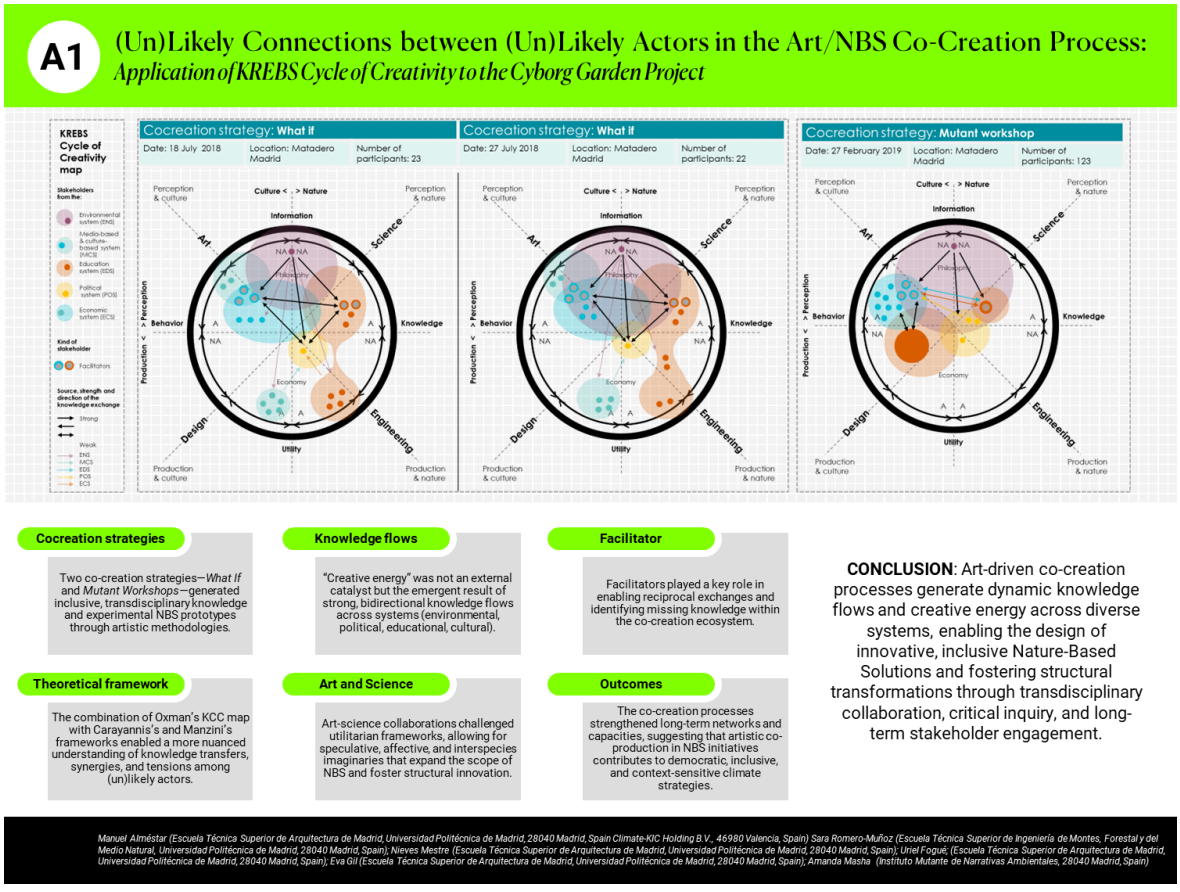
Keywords: KREBS cycle; Co-creation; Creativity; Knowledge; QHIM; Art/science; NBS

Fecha de publicación: 30 de Mayo de 2023

Cita:

Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S.; Mestre, N.; Fogué, U.; Gil, E.; Masha, A. (Un)Likely Connections between (Un)Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project. Land 2023, 12, 1145. https://doi.org/10.3390/land12061145

↓ **Figura 43:** Resumen gráfico de la investigación A1. *Elaboración propia*



4.1.2. Artículo A2

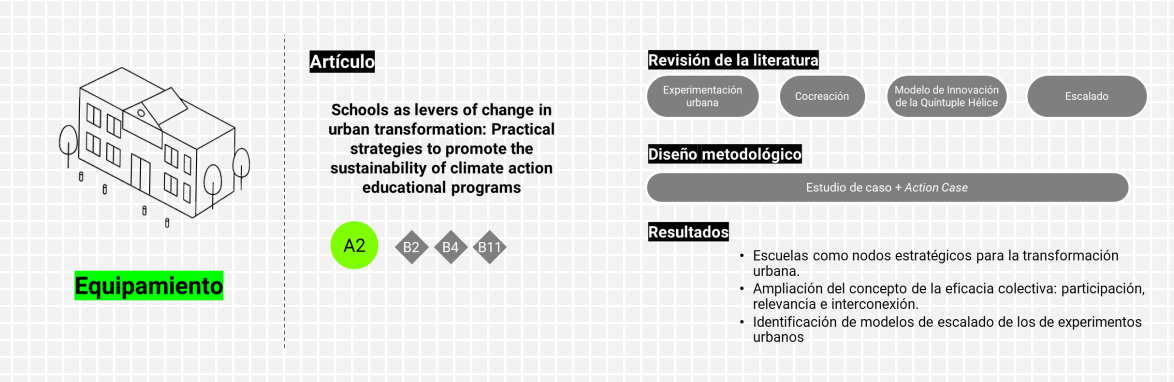
Título original:

Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs

Título:

Las escuelas como palancas de cambio en la transformación urbana: Estrategias prácticas para promover la sostenibilidad de los programas educativos de acción climática

A2 | Panorama de la investigación:



↑ **Figura 44:** Panorama de la investigación A2. *Elaboración propia*

Resumen: Las escuelas y sus entornos tienen el potencial de actuar como catalizadores de la transformación urbana. Estos espacios constituyen contextos sociales y físicos delimitados donde interactúan diversos actores y palancas de cambio para enfrentar desafíos locales y globales como el cambio climático. En este sentido, los experimentos urbanos en espacios educativos se presentan como una herramienta para el trabajo multiactor, que permite promover la eficacia colectiva para catalizar transformaciones y cambios de comportamiento.

A través del estudio de caso del proyecto Ecología a Pie de Barrio, esta investigación busca analizar estrategias prácticas para contrarrestar los desafíos de sostenibilidad de los experimentos. Este análisis se basa en el Modelo de Innovación de la Quíntuple Hélice, los principios de eficacia colectiva para el cambio de comportamiento y el proceso de innovación social.

La metodología incluye entrevistas con actores clave que representan las cinco hélices, así como encuestas a estudiantes y docentes participantes. Las principales contribuciones de esta investigación son: un nuevo marco analítico para identificar puntos críticos con potencial de replicabilidad en otros experimentos e iniciativas de

innovación social; la ampliación de los principios de eficacia colectiva a todo el proceso de innovación social y al ecosistema de actores implicados; y consideraciones prácticas para el escalado de los experimentos en otros contextos urbanos.

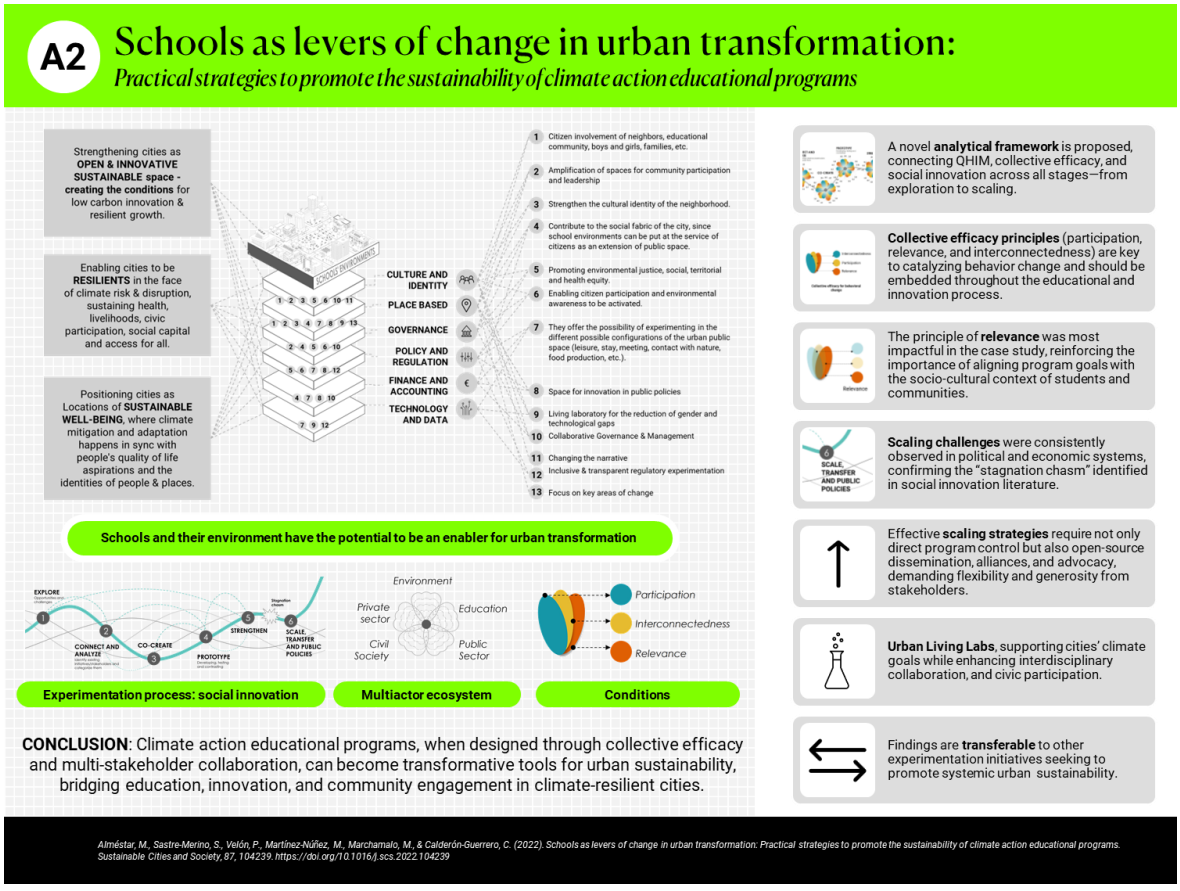
Keywords: Social innovation, Climate action educational programmes, Quintuple-helix, Collective efficacy, Sustainability, Urban system.

Fecha de publicación: 6 de Octubre de 2022

Cita:

Alméstar, M., Sastre-Merino, S., Velón, P., Martínez-Núñez, M., Marchamalo, M., & Calderón-Guerrero, C. (2022). Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs. Sustainable Cities and Society, 87, 104239. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104239

↓ **Figura 45:** Resumen gráfico de la investigación A2. *Elaboración propia*



4.1.3. Artículo A3

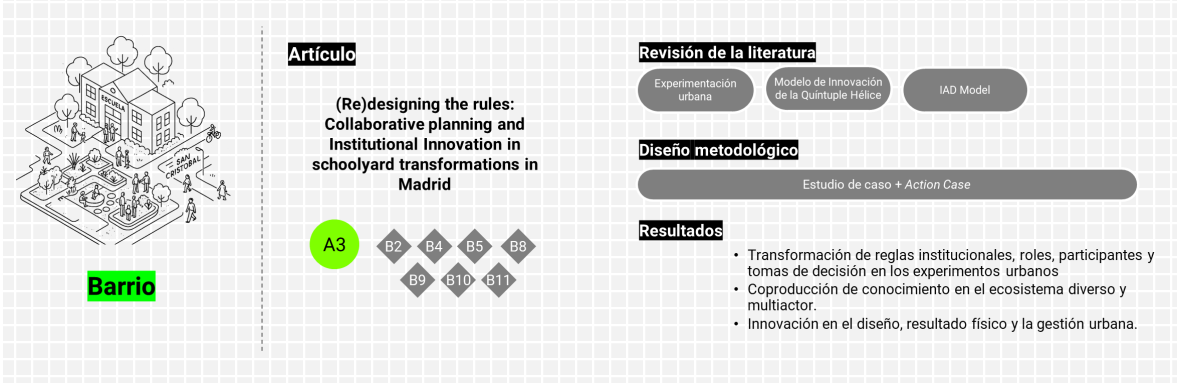
Título original:

(Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid

Título:

(Re)diseñando las reglas: Planificación colaborativa e innovación institucional en la transformación de patios escolares en Madrid

A3 | Panorama de la investigación:



↑ **Figura 46:** Panorama de la investigación A3. Elaboración propia. *Elaboración propia*

Resumen: La adaptación climática en entornos urbanos suele verse limitada por reglas institucionales rígidas y una gobernanza fragmentada, lo que restringe la planificación inclusiva y contextualizada de espacios públicos. Este estudio aborda dicho desafío analizando cómo la planificación colaborativa puede transformar los patios y entornos escolares, pasando de ser espacios monofuncionales dominados por el asfalto a convertirse en activos comunitarios verdes y resilientes al clima.

La investigación emplea el Marco de Análisis y Desarrollo Institucional dentro de un diseño metodológico cualitativo de estudio de caso. Se analizaron dos escuelas públicas del barrio de San Cristóbal de los Ángeles, en Madrid, mediante análisis documental, observación participante y entrevistas a funcionarios municipales, urbanistas, docentes y miembros de la comunidad.

Los resultados indican que el proceso de planificación colaborativa transformó las reglas en uso, amplió la red de actores y modificó los procesos de toma de decisiones. Las reglas existentes fueron reinterpretadas con flexibilidad para permitir nuevos usos del espacio. Niños, docentes y residentes se convirtieron en coproductores del espacio público, ampliando la red de gobernanza y dando lugar a nuevas prácticas deliberativas que mejoraron la coordinación entre personas y organizaciones. Estos cambios institucionales ocu-

rrieron sin reformas normativas formales, sino mediante la reinterpretación de las reglas del juego por parte de cada organización. Así, los patios y entornos escolares pueden operar como laboratorios de innovación institucional y adaptación climática participativa, demostrando que los experimentos urbanos tienen el potencial de catalizar no solo transformaciones físicas, sino también transformaciones en la gestión urbana.

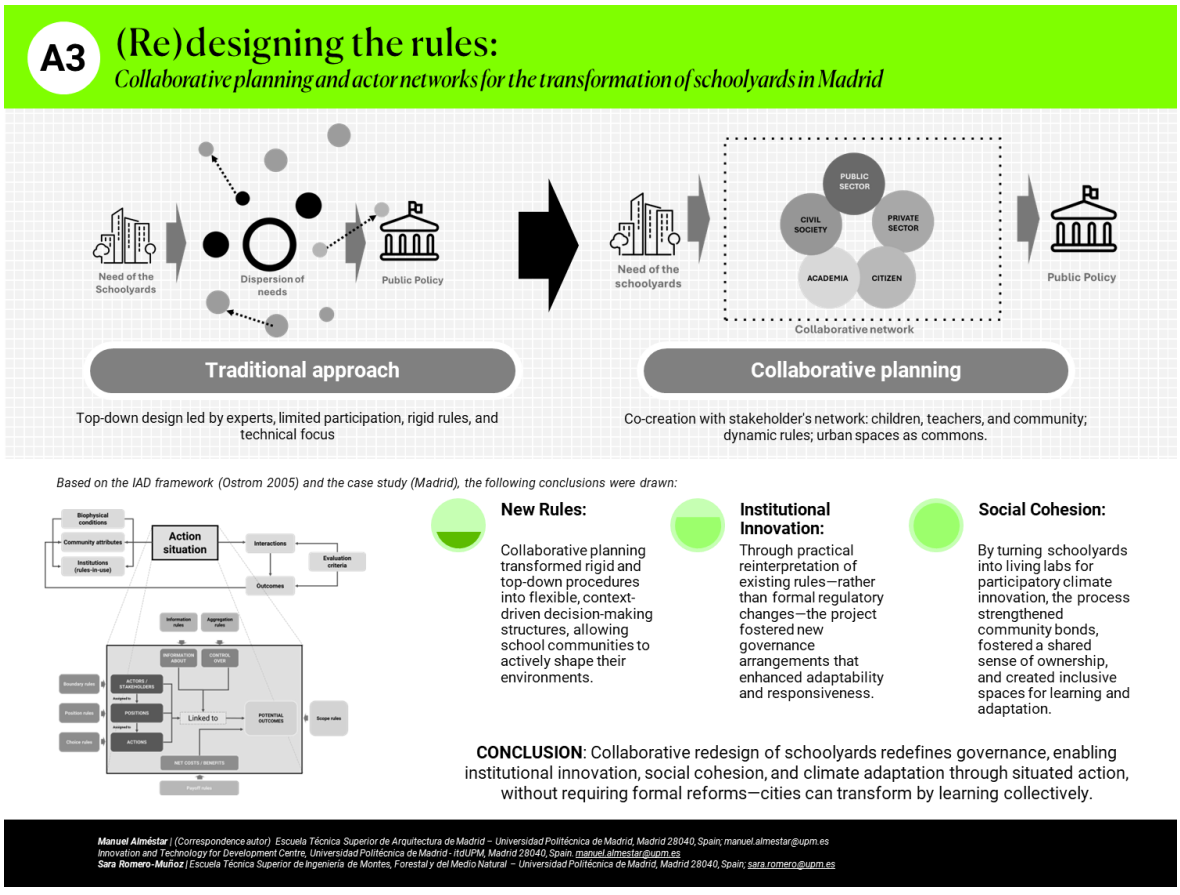
Keywords: institutional analysis development; school playgrounds; climate adaptation; collaborative planning; urban experimentation; institutional innovation

Fecha de publicación: 29 de Mayo de 2025

Cita:

Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S. (Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid. Land 2025, 14, 1174. https://doi.org/10.3390/land14061174

↓ **Figura 47:** Resumen gráfico de la investigación A3. *Elaboración propia*



4.1.4. Artículo A4

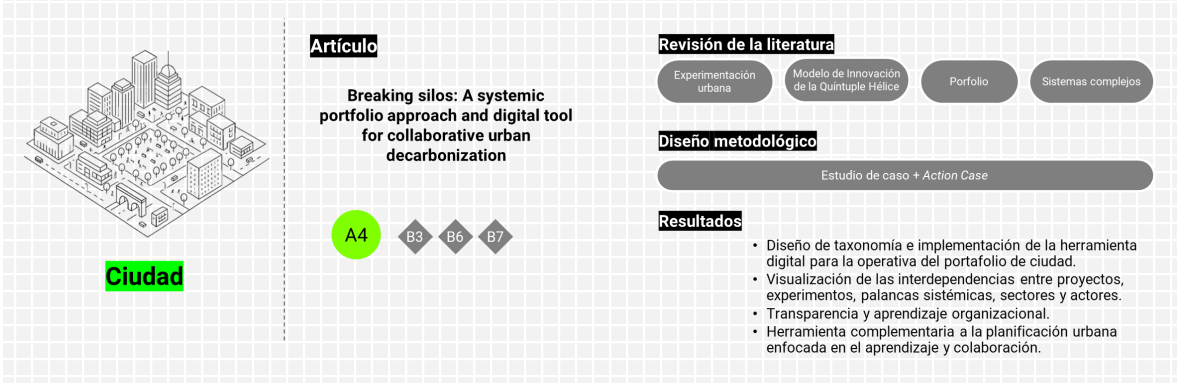
Título original:

Breaking silos: A systemic portfolio approach and digital tool for collaborative urban decarbonisation

Título:

Rompiendo silos: Un enfoque de porfolio sistémico y una herramienta digital para la descarbonización urbana colaborativa

A4 | Panorama de la investigación:



↑ **Figura 48:** Panorama de la investigación A4. Elaboración propia. *Elaboración propia*

Resumen: La descarbonización urbana requiere modelos de gobernanza capaces de superar la fragmentación y rigidez de la planificación urbana tradicional. Este artículo presenta un marco sistémico y una herramienta digital para la gestión de porfolios de descarbonización urbana, alineadas con la Misión de la UE para Ciudades Inteligentes y Climáticamente Neutrales. Basado en el pensamiento sistémico y la teoría de porfolios, el estudio desarrolla una taxonomía analítica y una herramienta digital interactiva para apoyar la coordinación estratégica, la colaboración multiactor y la toma de decisiones adaptativa. El marco se valida empíricamente a través del caso del Contrato Climático de Ciudad de Madrid, demostrando su funcionalidad y transferibilidad.

A partir de una metodología mixta —que combina talleres de cocreación, entrevistas, análisis documental y prototipado iterativo—, la investigación mapea las interdependencias entre proyectos, actores y palancas de cambio. La herramienta digital permite visualizar en tiempo real patrones de colaboración, vacíos y sinergias, mejorando la capacidad de anticipación estratégica y coordinación. Los resultados muestran que el 75% de las iniciativas del CCC de Madrid abordan la adaptación climática, el 80,36% están vinculadas a la generación de conocimiento y los proyectos tractores desempeñan un rol integrador dentro del porfolio. El estudio concluye que el enfoque de porfolio fortalece la innovación sistémica y la gober-

nanza al integrar infraestructuras digitales con procesos de planificación colaborativa. Si bien persisten desafíos —como la integración de datos, la capacidad institucional y la dinámica política—, esta investigación ofrece una metodología replicable para incorporar estrategias orientadas por misiones en la gobernanza urbana. El porfolio digital se presenta como una herramienta de gobernanza complementaria que mejora la transparencia, el aprendizaje organizacional y la alineación entre niveles de gobierno.

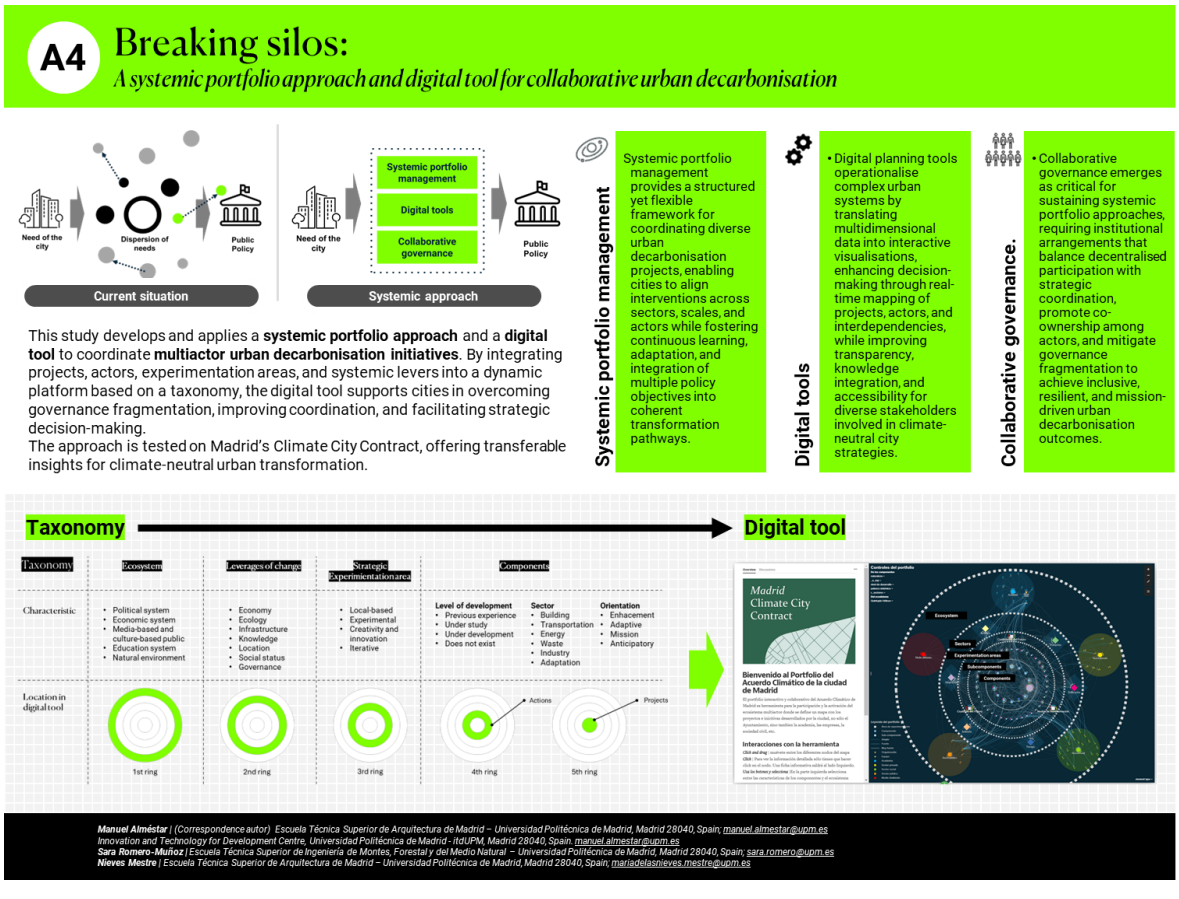
Keywords: Systemic portfolio management; Systems thinking; Urban decarbonization; Digital planning tools; Climate-neutral cities; Collaborative governance.

Fecha de publicación: 3 de junio de 2025

Cita:

Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S.; Mestre, N. Breaking Silos: A Systemic Portfolio Approach and Digital Tool for Collaborative Urban Decarbonisation. Sustainability 2025, 17, 5145. https://doi.org/10.3390/su17115145

↓ **Figura 49:** Resumen gráfico de la investigación A4. *Elaboración propia*



Manuel Alméstar | (Correspondence author) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28040, Spain; manuel.almestar@upm.es
Innovation and Technology for Development Centre, Universidad Politécnica de Madrid - itdUPM, Madrid 28040, Spain; manuel.almestar@upm.es
Sara Romero-Muñoz | Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28040, Spain; sara.romero@upm.es
Nieves Mestre | Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28040, Spain; mariadelasnieves.mestre@upm.es

4.2 Resultados clave de la investigación

Los cuatro artículos ofrecen un panorama de resultados complementarios. A1 confirma la importancia del arte como catalizadores de procesos de cocreación más ricos; A2 aporta evidencias sobre el potencial de las escuelas como palancas para sostener programas climáticos; A3 muestra cómo los experimentos urbanos pueden generar innovaciones institucionales al flexibilizar las reglas en uso; y A4 proporciona un marco analítico para gestionar de forma integrada la descarbonización urbana (ver Figura 50). A continuación se detallan los resultados clave de cada uno de los artículos principales:

+ **A1** | Evidencia que los procesos de cocreación entre arte y soluciones basadas en la naturaleza generan resultados más sólidos cuando se reconoce la diversidad de flujos de conocimiento entre actores heterogéneos. Se demostró que la incorporación del arte, la ciencia, la ingeniería y el diseño permite superar la linealidad de modelos anteriores de innovación. Los resultados muestran que cuando los procesos de cocreación son facilitados cataliza la circulación de "energía creativa" entre actores improbables —como artistas, urbanistas, científicos o comunidades locales—, los procesos de diseño adquieren mayor capacidad para producir conocimiento situado y transferible. El estudio revela que esta diversidad del ecosistema no solo enriquecen la calidad de las soluciones, sino que también amplían los horizontes de potenciales replicaciones.

+ **A2** | Los hallazgos refuerzan la idea de que las escuelas constituyen nodos estratégicos para sostener programas de acción climática con impacto duradero. Los resultados muestran que la participación multiactor en estos espacios incrementa la eficacia colectiva, es decir, la percepción compartida de que el esfuerzo conjunto puede generar cambios tangibles. El análisis permitió identificar puntos críticos para garantizar la sostenibilidad de los experimentos urbanos. Asimismo, se subraya que los experimentos educativos con enfoque climático logran extender su influencia más allá del equipamiento, al activar redes barriales y familiares que reproducen las prácticas aprendidas.

+ **A3** | Ofrece resultados respecto a cómo los procesos de experimentación urbana transforman las reglas institucionales en el ámbito urbano. El estudio demuestra que la adaptación climática de patios y entornos escolares no depende exclusivamente de intervenciones físicas, sino de la capacidad de reinterpretar las normas existentes para habilitar usos y dise-

ños alternativos. Los hallazgos revelan que niños, familias, docentes y funcionarios municipales, al ser incorporados como coproductores, expandieron la red de gobernanza y generaron nuevas prácticas deliberativas. Esto derivó en un cambio en las reglas en uso, que permitió modificar los procesos de toma de decisiones sin necesidad de reformas normativas formales. Por lo cual se identifica que la flexibilidad institucional es un resultado emergente de los procesos colaborativos, lo que abre la puerta a innovaciones en la gestión urbana, no solo transformando los espacios físicos, sino también las dinámicas institucionales y fortaleciendo la capacidad adaptativa de la ciudad frente al cambio climático.

\+ **A4** | Presenta resultados vinculados a la gobernanza de la descarbonización urbana desde un enfoque sistémico de portafolio. El desarrollo y validación de una herramienta digital permitió visualizar interdependencias entre proyectos, actores y palancas de cambio dentro del Contrato Climático de Ciudad de Madrid. Los hallazgos subrayan el papel estratégico de este componente en la transición climática. Otro resultado clave es la identificación del rol integrador de los proyectos tractores, que actúan como nodos de articulación en el portafolio, favoreciendo la coordinación interdepartamental y multiactor. La herramienta demostró mejorar la transparencia, al permitir un acceso abierto a información sobre sinergias y vacíos; fortalecer el aprendizaje organizacional, mediante la retroalimentación continua; y facilitar la alineación entre diferentes niveles de gobierno. Aun reconociendo limitaciones relacionadas con capacidades institucionales y dinámicas políticas, el artículo concluye que el enfoque de portafolio constituye una metodología replicable para otras ciudades europeas, capaz de superar la fragmentación habitual en la gobernanza climática.

↓ **Figura 50:** Resultados clave de la investigación. *Elaboración propia*

4.3. Interrelación de los resultados

El conjunto A1–A4 forma una cadena de evidencias que avanza desde la activación creativa situada hasta la orquestación sistémica multiescalar. En A1 (mobiliario), la experimentación urbana se materializa como cocreación artística-tecnológica; el Ciclo de KREBS opera como dispositivo epistémico para mapear y nutrir flujos de conocimiento entre saberes expertos y difusos, generando "energía creativa" y prácticas de prototipado que funcionan como infraestructuras de aprendizaje. Este arranque no es ornamental, ya que produce reglas de interacción, lenguajes compartidos y capacidades de colaboración que A2 (equipamiento) traslada a contextos escolares, donde la escuela se valida como nodo demostrador y palanca de acción climática.

En A2 (equipamiento), la experimentación se apoya explícitamente en el QHIM y en principios de eficacia colectiva, mostrando cómo la cocreación –ya probada en A1– se traduce en diseño organizativo: acuerdos de corresponsabilidad, marcos de colaboración y rutinas que sostienen programas en el tiempo. A2 convierte la creatividad en capacidad institucional, ya que fija condiciones habilitantes (espacios abiertos, reconocimiento público del problema, narrativas compartidas) y codifica mecanismos de continuidad y escalabilidad en equipamientos reales.

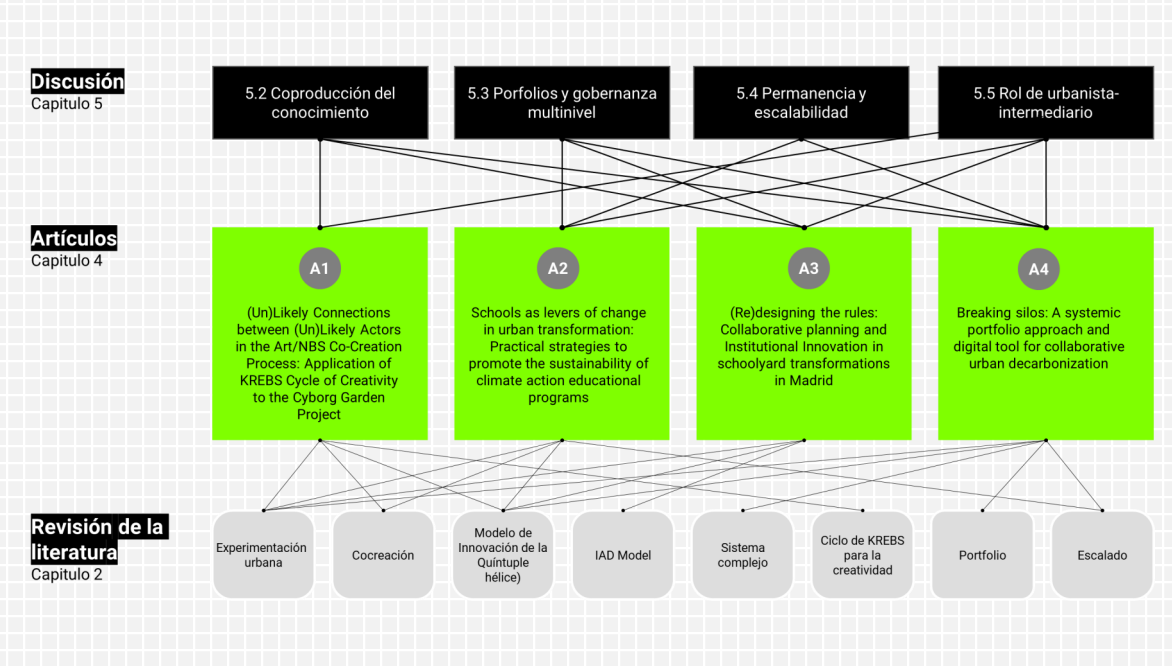
A3 (barrio) da el salto institucional, ya que con el modelo IAD, examina cómo esas rutinas y lenguajes cocreadas reconfiguran reglas en uso, redistribuyen roles y agencia y amplían redes de gobernanza en procesos de transformación de patios y entornos escolares. La contribución es doble: (i) evidencia que el escalado no requiere únicamente reformas normativas formales –también ocurre por ajuste de reglas informales y legitimidades–; (ii) muestra que el "experimento" se vuelve infraestructura institucional cuando modifica quién decide, con qué información y bajo qué criterios.

Sobre este basamento, A4 (ciudad) integra la evidencia acumulada en un enfoque de sistemas complejos y de portafolio, que articula proyectos y aprendizajes en múltiples escalas y dominios. El portafolio hace operativa la lógica de escalado en sus tres dimensiones (out, up, deep), ya que replica y adapta (*out*) prácticas validadas en A1–A2; incide en estructuras, presupuestos y procesos (*up*) como sugiere A3; y consolida cambios de sentido compartido y cultura organizativa (*deep*) al visibilizar interdependencias y alinear incentivos. La herramienta digital desarrollada en A4 no "crea" conexiones por sí misma, pero sí hace legibles las dependencias, prioridades y sinergias, habilitando coordinación multiactor y toma de decisiones informada.

Se perfilan así relaciones de refuerzo: A1 aporta métodos de activación y un léxico de colaboración; A2 prueba diseños institucionales en equipamientos; A3 certifica cambios en reglas y legitimidades en la arena barrial; A4 orquesta todo ello en una arquitectura de portafolio capaz de superar la fragmentación.

En paralelo, emergen tensiones compartidas –riesgo de cooptación tecnocrática, métricas cortoplacistas, rigidez procedimental– que cada artículo aborda de forma complementaria: A1 amplía la base de actores y narrativas; A2 fija condiciones de sostenibilidad político-social; A3 documenta cambios institucionales más allá del objeto físico; A4 provee gobernanza multiescalar y relacional para sostenerlos. En este sentido, los artículos no constituyen piezas aisladas, sino capítulos de un relato progresivo. A1 y A2 exploran cómo se genera conocimiento en ecosistemas multiactor; A3 examina cómo este conocimiento se traduce en innovación institucional; y A4 demuestra cómo articularlo para superar fragmentaciones y acelerar la transición climática. La interrelación entre los casos permite construir una visión integrada de la experimentación urbana como estrategia multiescalar, capaz de vincular la gobernanza y planificación sistémica tal y como se presenta en la Figura 50 y como se profundizará en el capitulo de Discusión (capitulo 5).

↓ **Figura 51:** Interrelación entre A1-A4.
Elaboración propia



4.4. Resultados complementarios de la investigación

4.4.1. Diseminación científica y académica

A lo largo de los cuatro años de investigación, el doctorando ha desplegado una estrategia activa de difusión del conocimiento producido, presentando resultados parciales y reflexiones teóricas en congresos, seminarios, foros técnicos y encuentros nacionales e internacionales, con el objetivo de contrastar marcos analíticos, generar sinergias y fortalecer el posicionamiento académico del trabajo. Estas actividades permitieron validar hipótesis y marcos conceptuales, así como también generar condiciones para la retroalimentación con actores institucionales, comunitarios y académicos, reforzando el carácter situado de la investigación (ver Anexo II, sección 1). Entre las actividades más destacadas se encuentran:

+ Congreso Nacional del Medio Ambiente – CONAMA 2020 y 2024: participación con ponencias sobre innovación institucional, planificación urbana experimental y el potencial de los entornos escolares como infraestructuras climáticas y sociales. En 2024, se presentó el artículo y panel titulado "Cocreación a través de la experimentación urbana: Los entornos escolares como oasis climático-social en Villaverde", basado en el caso de estudio del proyecto LIFE PACT.
+ Ciclo de talleres 2021 del Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo (PNUD), sobre plataformas de innovación, donde se compartieron aprendizajes sobre la institucionalización de procesos experimentales en ciudades.
+ Conferencia internacional Transformative Partnerships for the SDG (Universidad de Cumbria, 2021), centrada en la gobernanza transformadora en la Agenda 2030.
+ Participación en actividades de diseminación artística y cultural como el Climathon Madrid 2021, el programa de residencias Arserkal–Thyssen, las sesiones BoSS Inspiration sobre prototipado ciudadano, y el evento EcoVisionaries: Art for a planet in a state of emergency, donde se expusieron los resultados del proyecto Cyborg Garden como caso de cocreación arte/NBS.
+ Activación de procesos de diseminación pedagógica y comunitaria mediante la creación de productos audiovisuales, guías técnicas y publicaciones colectivas derivadas de los proyectos en curso.

El doctorando ha desempeñado un papel en el ámbito de la formación universitaria y profesional, contribuyendo a la capacitación de estudiantes, técnicos municipales y actores sociales a través de múltiples programas académicos, talleres y cursos especializados. Esta labor docente ha estado intrínsecamente conectada con la línea de investigación doctoral, permitiendo contrastar los marcos conceptuales con la experiencia práctica de los participantes y fomentar una retroalimentación continua entre teoría y práctica (ver Anexo II, sección 2). Entre las actividades más destacadas se encuentran:

+ Tutor académico del Máster Universitario en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo (UPM y UCM), acompañando Trabajos de Fin de Máster centrados en metodologías participativas, diseño de equipamientos públicos y procesos de activación comunitaria.

+ Docente en el Máster en Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática (ETSAM-UPM), con sesiones específicas sobre criterios de sostenibilidad y certificación ambiental en proyectos urbanos y análisis sistémico de la transformación urbana sostenible.

Docente en la Escuela de Formación Continua del Ayuntamiento de Madrid, con participación en múltiples cursos diseñados para fortalecer las capacidades técnicas municipales, entre ellos:

+ Madrid, ciudad demostradora: planificación experimental en contextos urbanos

+ Ecología a pie de barrio: estrategias de adaptación climática localizadas.

+ Proyectos de reforestación y salud urbana: integración ecosistémica en políticas locales.

+ Madrid Ciudad Demostradora: Enfoque de porfolio de proyectos sistémicos para la ciudad de Madrid.

4.4.2 Proyectos nacionales y europeos que forman parte de la investigación

La investigación se ha desarrollado de forma integrada en el marco de múltiples proyectos de I+D+i, lo que ha permitido situar los estudios de caso en contextos reales, aplicar enfoques metodológicos y participar activamente en la producción de herramientas, estrategias y políticas públicas (ver Anexo II, sección 3). Entre los proyectos más destacadas se encuentran:

+ LIFE PACT – People-Driven: Adapting Cities for Tomorrow (2021–2025): A través de la transformación participativa de entornos escolares en Madrid, se investigó el potencial de la experimentación urbana como herramienta de adaptación climática y aprendizaje institucional.
+ Madrid Deep Demonstration y Madrid Platform-A (EIT Climate -KIC): participación en el diseño e implementación de porfolios de experimentación urbana para acelerar la transición climática.
+ ACT on NBS y MOTION: apoyo al desarrollo de marcos de evaluación para soluciones basadas en la naturaleza y estrategias de gobernanza multinivel.
+ VegetART-ing Schools y Ecología a pie de Barrio: proyectos de experimentación urbana e innovación educativa en entornos escolares.
+ NetZeroCities y URBREATH: participación en consorcios orientados a transformar modelos de gobernanza urbana en clave climática, conectando con más de 30 socios europeos.
+ Colaboración con diferentes áreas del Ayuntamiento de Madrid (educación, medio ambiente, urbanismo, participación ciudadana), integrando la investigación doctoral en procesos institucionales y operativos.
+ Desarrollo de guías técnicas, planes de acción y propuestas normativas, derivadas de los aprendizajes extraídos en el marco de los estudios de caso.

RESUMEN

+ Los resultados muestran una progresión: de la activación creativa a la institucionalización en escuelas, la innovación en reglas barriales y la orquestación sistémica a nivel ciudad.
+ La experimentación urbana se confirma como estrategia multiescalar para la transformación institucional y climática.
+ La integración de creatividad, cocreación y eficacia colectiva fortalece la capacidad adaptativa de los ecosistemas urbanos.
+ Los procesos colaborativos reconfiguran reglas y roles, ampliando redes de gobernanza sin necesidad de reformas normativas formales.
+ El enfoque de portafolio y las herramientas digitales permiten superar la fragmentación, visibilizar interdependencias y alinear agendas políticas.
+ Se evidencian tensiones comunes como el riesgo de cooptación tecnocrática, rigidez procedimental, métricas cortoplacistas, los cuales se abordan de manera complementaria en los cuatro artículos.
+ Producto de la interrelación de escalas y resultados de los artículos se identifican una serie de patrones, los cuales se profundizan en el capitulo 5 de discusión.
+ Por último, la investigación se ha apoyado en proyectos competitivos y ha sido enriquecida mediante su diseminación y contraste en foros de debate, publicaciones complementarias, procesos formativos y una estancia doctoral, lo que ha permitido fortalecer y profundizar sus distintos componentes.

5 | Discusión

Este capítulo analiza críticamente las tensiones, desafíos y limitaciones preidentificadas en el capítulo 4 integrando los hallazgos empíricos de los cuatro artículos científicos (A1-A4).

Esta discusión se articula en torno a seis dimensiones clave: 1) Discusión crítica sobre la experimentación urbana; 2) Permanencia y escalabilidad de los experimentos urbanos; 3) Coproducción de conocimiento como práctica transformadora en la planificación urbana; 4) Enfoque sistémico de porfolio y gobernanza multinivel; 5) El rol del urbanista como agente institucional de transformación; 6) Hallazgos, requisitos y variables de éxito para la experimentación urbana.

5.1. Discusión crítica sobre la experimentación urbana en procesos de planeamiento con criterios climáticos

Los diferentes casos de experimentación urbana desarrollados en Madrid evidencian cómo este enfoque metodológico contribuye a fortalecer las capacidades de un ecosistema multiactor para articular, con perspectiva sistémica, procesos de planeamiento orientados a la adaptación y descarbonización climática en la ciudad. La experimentación urbana introduce nuevas reglas de juego en el sistema urbano para probar, observar y reflexionar colectivamente sobre innovaciones socio-espaciales (Evans et al., 2016; Bulkeley et al., 2019; Polk, 2015).

Esta aproximación coincide con la noción de urbanismo experimental, en la que la coproducción de conocimiento y el aprendizaje situado se vuelven mecanismos centrales de innovación pública (Polk, 2015). Así también, estudios sobre urbanismo táctico, han demostrado que este tipo de experimentos desafían la rigidez del planeamiento formal e impulsan procesos híbridos de transformación institucional (Lydon, M., & García, A., 2015; Bulkeley et al., 2019; Muñoz Sanz et al., 2022).

En el caso de Madrid, la experimentación urbana –centrada en la cocreación del rediseño de patios escolares como espacios climáticamente adaptados– se inserta en este marco, ya que sin derogar las normas vigentes, reinterpreta su aplicación mediante la colaboración multiactor, logrando una flexibilidad operativa dentro de los cauces institucionales existentes. Esto permitió, por ejemplo, justificar técnicamente innovaciones técnicas y administrativas —como la instalación de juegos de agua en un patio escolar, los primeros en un centro educativo de la ciudad— sin necesidad de modificar la normativa, sino a través de nuevas interpretaciones de la misma, fundamentadas en la evidencia y respaldadas por el apoyo interdepartamental de diversas direcciones generales del Ayuntamiento de Madrid. De este modo, la experimentación urbana funcionó como un laboratorio de aprendizaje organizativo donde la administración local puso a prueba formas más adaptativas de planificación, respondiendo al llamado de Ostrom (2005) de construir marcos de gobernanza capaces de ajustarse a condiciones cambiantes mediante el aprendizaje institucional.

La clave de este proceso ha sido configurar un ecosistema multiactor amplio y diverso, alineado con el modelo de innovación de la Quíntuple Hélice (Carayannis & Campbell, 2010; 2012). Las transiciones socioecológicas requieren un enfoque interdisciplinar y transdisciplinar que incorpore las cinco “hélices” de la innovación (Carayannis & Campbell, 2021). La protección ambiental no solo

actúa como motor de innovación, sino que plantea una necesidad crítica para la supervivencia y el bienestar colectivo (Carayannis & Campbell, 2019; König, 2020; Millard, 2018). Desde una perspectiva ecopolítica y posthumanista, esto implica reconocer la agencia de los sistemas no humanos —ecosistemas, especies, tecnologías— como participantes legítimos en los procesos de innovación y toma de decisiones (Latour, 2004; Haraway, 2016; Escobar, 2018). Así, el ecosistema multiactor se concibe no solo como una alianza entre sectores humanos (academia, empresa, administración, sociedad civil y medioambiente), sino también como una red relacional en la que lo humano y lo no humano cocrean alternativas sostenibles, ampliando el campo de la innovación hacia formas de vida más justas y regenerativas. Esto quedó evidenciado en el artículo A1, donde se incorporó una perspectiva ecocéntrica en el prototipado de mobiliario urbano con criterios de adaptación al cambio climático.

En este contexto, la cocreación emerge como herramienta fundamental en la experimentación urbana para catalizar la generación de conocimiento con enfoque sistémico. La cocreación transforma a los actores tradicionalmente pasivos (ciudadanía, usuarias de servicios) en socios activos del proceso de diseño e implementación, dándoles el estatus de diseñadores (Prahalad & Ramaswamy, 2000; European Commission, 2023). Este cambio de paradigma implica una nueva forma de gobernanza colaborativa, en la que múltiples partes interesadas contribuyen conjuntamente a la generación de bienes públicos y amplían la capacidad de experimentar con servicios, espacios y políticas (Prahalad & Ramaswamy, 2000). Esta dinámica se evidencia en los cuatro casos de estudio, donde se buscó de manera deliberada configurar ecosistemas multiactor amplios y diversos.

Como señalan Voorberg et al. (2015), la creación de valor en cocreación se funda en la transparencia, el diálogo y la confianza mutua, permitiendo que perspectivas diversas confluyan en soluciones innovadoras. En los casos analizados, los talleres de cocreación constituyeron los espacios donde se materializó esta colaboración, incorporando la voz de niñas y niños, familias, docentes, personal técnico municipal, arquitectos y agentes culturales en el proceso de planeamiento. Esto permitió redistribuir el poder de decisión tradicionalmente concentrado en técnicos y autoridades, abriendo el diseño urbano a un espacio deliberativo inclusivo.

Lejos de ser un ejercicio simbólico de participación, la cocreación estuvo respaldada por mecanismos formales (por ejemplo, acuerdos interdepartamentales y multiactor, actas de validación colectiva) que dieron peso institucional a las propuestas ciudadanas, anclando la participación en procedimientos legitimados (Voorberg et al., 2015; Sabel & Zeitlin, 2012). De esta forma, la experimentación urbana actuó como catalizador de innovación social al desafiar las jerarquías tradicionales y reconfigurar los marcos institucionales en un ejercicio de confluencia entre nicho y régimen (Geels, 2002).

Un factor crítico para el éxito de estos procesos es la intermediación desempeñada por equipos capaces de articular la colaboración multiactor, navegar y traducir entre distintos lenguajes y sectores. La literatura académica destaca la figura de los intermediarios como agentes que impulsan la cocreación al conectar actores, movilizar recursos y sostener el tejido colaborativo (Soberón et al., 2022; Hodson & Marvin, 2010; Kivimaa et al., 2019), desempeñando diversos tipos de funciones que van desde la mediación uno-a-uno, hasta la orquestación de ecosistemas enteros, con efectos que trascienden relaciones individuales para influir en niveles superiores del sistema de innovación (Kanda et al., 2020).

En Madrid, el equipo facilitador de los diferentes casos de estudio (ayuntamiento y universidad) habilitó y activó la circulación del conocimiento sirviendo de puente para que actores externos incorporaran saberes nuevos al ecosistema local. Así, cuando se detectaba la ausencia de cierta perspectiva o experticia, los intermediarios podían gestionar su incorporación, cerrando brechas de conocimiento y estimulando la producción de conocimiento nuevo en el proceso. Esta intermediación requirió traducir el lenguaje técnico-administrativo, tales como anteproyectos, proyectos de ejecución, pliegos de contratación, pliegos de mantenimiento, mobiliario homologado, etc., a formatos comprensibles para la comunidad y viceversa, facilitando un diálogo fluido entre funcionarios, expertos y ciudadanía (Hodson & Marvin, 2010; Soberón et al., 2022; Almestar et al., 2025a). Por tanto, la intermediación permitió que la energía creativa de los diferentes casos de estudio provenga del propio entramado de conexiones colaborativas entre actores diversos, alimentado por estrategias de cocreación que potenciaron la circulación de conocimiento (Oxman, 2016; Stott, 2018).

Los resultados de los casos de estudio también demuestran que la experimentación urbana puede reorganizar los arreglos institucionales urbanos para hacerlos más adaptativos e inclusivos, sin suprimir por completo las estructuras formales existentes. Los casos de estudio crearon un marco operacional claro con reglas consensuadas para la comunicación, la coordinación y la toma de decisiones entre actores (Ostrom, 2005). En la práctica, esto implicó el establecimiento de reglas compartidas –por ejemplo, reglas de "agregación" o decisión colectiva– a través de mecanismos deliberativos como las validaciones comunitarias de diseños y los acuerdos entre los equipos interdepartamentales, que reemplazaron procesos cerrados por instancias abiertas y negociadas.

Este enfoque policéntrico no eliminó las competencias y estructuras formales, ni la autoridad municipal, pero sí reordenó su ejercicio, permitiendo una colaboración más horizontal entre áreas de gobierno, profesionales y la comunidad (Ostrom, 2005; Sabel & Zeitlin, 2012). Se observó, por ejemplo, que personal técnico de distintas concejalías trabajó de manera transversal, asumiendo roles más

mediadores en lugar de actuar sólo como ejecutores de procedimientos y normativas (Romero-Muñoz et al., 2023).

La introducción de lógicas experimentales dentro de la administración llevó a nuevas formas de trabajo interdepartamental, a la revisión de procedimientos y a la redefinición del rol del gobierno local como facilitador y aprendiz. Todo ello sugiere que las redes multiactor en procesos de experimentación urbana pueden reconfigurar la "situación de acción" institucional (Ostrom, 2005), desplazando el centro de gravedad del planeamiento desde una lógica jerárquica-tecnocrática hacia formas más adaptativas y situadas. En la experiencia reportada, esto se manifestó en la redistribución del poder de decisión entre técnicos, comunidad educativa y vecinos; en la relajación de reglas antes rígidas sobre quién puede participar y qué conocimiento es válido; y en la aparición de dinámicas deliberativas donde las decisiones fueron producto del diálogo más que de la imposición. Esta transformación hacia una gobernanza colaborativa demuestra el potencial de la experimentación urbana para cambiar las prioridades institucionales y reorganizar modos de producción urbana, alineando la planificación climática con las necesidades y conocimientos locales.

Para que estos procesos mantengan su potencial democrático y transformador, se requiere una gobernanza reflexiva, transparente y capaz de afrontar conflictos sin neutralizarlos (Swyngedouw, 2005; Ansell & Torfing, 2021). Esto implica que las instituciones deben estar dispuestas a revisar sus propias prácticas y redistribuir poder de forma efectiva, algo que frecuentemente enfrenta resistencias de carácter normativo y organizacional. En consecuencia, institucionalizar la experimentación urbana exige coexistir entre dos sistemas, navegar tensiones inherentes entre flexibilidad e institucionalización, integrando la experimentación en sistema operativo imperante (Handy, 2016) sin perder su capacidad disruptiva y transformadora.

A pesar del optimismo fundamentado en los resultados, una mirada crítica revela tensiones, contradicciones y límites que matizan el alcance de la experimentación urbana como motor de cambio institucional. Una primera tensión surge al traducir las soluciones cocreadas al lenguaje administrativo-formal, las ideas innovadoras surgidas de la comunidad (por ejemplo, diseños lúdicos o soluciones naturales propuestas por niños y vecinos) debieron compatibilizarse con estándares legales y técnicos en los pliegos de contratación pública. El desafío residió en mantener la esencia de las soluciones imaginadas colectivamente al adaptarlas a especificaciones que superaran el escrutinio jurídico, sin traicionar sus objetivos originales. Este proceso de traducción puede diluir el carácter innovador de las propuestas o generar frustración cuando las normas actúan como un filtro restrictivo de la creatividad ciudadana. Se hizo evidente que la innovación institucional posee un carácter progresi-

vo y acumulativo (Sabel & Zeitlin, 2012): no basta con una intervención piloto, sino que sus resultados deben integrarse de manera gradual en la lógica pública. Sin embargo, cada experimento genera un precedente legítimo, lo cual constituye un éxito en términos de su potencial replicabilidad. Aun así, mientras las reglas formales permanezcan inalterables, persiste la contradicción de impulsar cambios transformadores desde estructuras diseñadas para la estabilidad y el control (Weber, 1918).

En segundo lugar, se observó la doble cara de la participación (Swyngedouw, 2005): por un lado, aporta inclusividad y legitimidad, y por otro lado, si no se maneja con cuidado, puede convertirse en un ritual simbólico que legitime decisiones previamente tomadas o que evite confrontar cuestiones de poder profundamente arraigadas. En los cuatro casos estudiados se hizo un esfuerzo consciente por mantener la reflexividad y la transparencia, aceptando el conflicto cuando emergió en lugar de intentar neutralizarlo. Aun así, toda colaboración multiactor conlleva tensiones inherentes entre visiones opuestas –innovación vs. cumplimiento normativo, conocimiento experto vs. saber local– que no siempre encuentran solución fácil.

Un área especialmente crítica es la sostenibilidad institucional de estos enfoques, donde los procesos experimentales suelen depender de estructuras paralelas o excepcionales (un equipo especial, un financiamiento temporal), y aunque demuestren éxito, cuesta incorporarlos al funcionamiento ordinario de la administración. La continuidad del programa más allá del proyecto piloto queda supeditada a la voluntad de integrar sus métodos en futuras políticas urbanas y a asegurar recursos para ello. Por tanto, sin un compromiso político de largo plazo y ajustes en los marcos normativos (por ejemplo, adaptar la normativa para formalizar la participación temprana o criterios climáticos en obras públicas, o la incorporación de criterios nuevos en los pliegos de mantenimiento municipal), existe el riesgo de que la innovación lograda se estanque o retroceda una vez finalizado el contexto experimental. En este sentido, la escalabilidad es tanto horizontal (replicar en nuevos contextos) como vertical (influir en políticas y normativas superiores), y ambas enfrentan obstáculos tales como la cultura organizativa, la capacidad técnica, la presión por resultados inmediatos y la propia inercia burocrática.

5.2. Permanencia y escalabilidad de los experimentos urbanos

Uno de los principales hallazgos de esta investigación es que la experimentación urbana enfrenta serias dificultades para consolidarse en el tiempo y escalar hacia marcos más amplios de gobernanza urbana. Como se argumentó en el artículo A2 centrado en intervenciones a escala de equipamiento (Alméstar et al., 2023), muchas de estas iniciativas siguen funcionando bajo una lógica de proyecto temporal, careciendo de estructuras estables de gobernanza y modelos organizativos que garanticen su continuidad más allá de la fase piloto. Este fenómeno ha sido conceptualizado en la literatura como la *proyectificación* de la innovación urbana (Torrens & von Wirth, 2021), lo cual tiende a reducir los experimentos urbanos a ejercicios puntuales, desprovistos de capacidad estructural para alterar las reglas del juego urbano.

Superar esta fragmentación requiere un cambio en el enfoque de la planificación urbana, al pasar de concebir la experimentación urbana como un "evento" singular a asumirla como un "modo de hacer" estructurante de la política pública (Evans et al., 2016; Savini & Bertolini, 2019). Esta transformación exige activar infraestructuras institucionales habilitadoras que acompañen, sostengan y difundan los aprendizajes generados por los experimentos urbanos. Tal como se expuso en el marco teórico (sección 2.4), la escalabilidad no debe entenderse como la mera replicación de un modelo exitoso, sino como la capacidad de transferir aprendizajes, reglas y relaciones a nuevos contextos sin perder sensibilidad frente a las especificidades locales. En este sentido, el potencial de escalado del experimento urbano no radica en su repetición, sino en la identificación de aprendizajes significativos, independientemente de que sea considerado un éxito o un fracaso.

Los resultados de esta tesis sugieren que una condición clave para alcanzar dicha escalabilidad es la consolidación de estructuras intermedias legitimadas, capaces de traducir, estabilizar y transferir aprendizajes entre actores y niveles de gobierno. Estas estructuras —ya se trate de oficinas técnicas especializadas, consorcios multiactor o redes de porfolio— deben operar como nodos legitimados con capacidad para sostener la innovación a largo plazo y vincular los experimentos urbanos con los marcos estratégicos de la ciudad (Nevens et al., 2013; Frantzeskaki et al., 2018).

Tal como se evidenció en el artículo A4, dotar de legitimidad a los intermediarios y fortalecer los equipos habilitadores que los respaldan es un paso indispensable para institucionalizar los flujos de conocimiento generados por la experimentación urbana (Kanda et al., 2020). Sin esta legitimidad, los intermediarios no pueden desem-

peñar su función articuladora en ecosistemas complejos, ni facilitar los procesos de transición más allá del experimento piloto.

A su vez, esta legitimidad se construye sobre la base de relaciones de confianza, que constituyen un prerrequisito para cualquier proceso de experimentación urbana. Tal como señala Stott (2018), los procesos de cocreación —que sustentan la experimentación urbana— deben apoyarse en cuatro pilares fundamentales: inclusión, reciprocidad, innovación y valor agregado, todos ellos mediados por la confianza mutua entre los actores implicados. Esta confianza, lejos de ser un elemento intangible o accesorio, constituye el cimiento sobre el cual se puede sostener el diálogo continuo y la circulación de conocimiento en los ecosistemas urbanos (Moreno-Serna, 2022; Ezquerra, 2024). La confianza no solo permite gestionar la incertidumbre inherente a todo experimento urbano, sino que también fortalece el compromiso, la apertura al cambio y la legitimidad de las decisiones compartidas.

En esta misma línea, Carayannis y Campbell (2016) argumentan que los procesos de transformación sostenible requieren establecer dinámicas robustas de entradas y salidas de conocimiento entre los distintos sistemas sociales. En este sentido, los experimentos urbanos exitosos no son aquellos que simplemente logran implementarse, sino aquellos que consiguen activar y sostener flujos intersectoriales de conocimiento, permitiendo que los aprendizajes locales circulen, se sistematicen y se adapten en nuevos contextos a través de infraestructuras institucionales permanentes.

Por tanto, la permanencia y la escalabilidad de los experimentos urbanos deben ser abordadas como un desafío político, organizacional y cultural, más que como un problema técnico de implementación. Consolidar una cultura pública de la experimentación implica incidir en los marcos de decisión, establecer condiciones institucionales habilitadoras, construir relaciones de confianza y legitimidad entre actores diversos, y generar estructuras que hagan posible el tránsito del experimento como acción aislada a la experimentación como una lógica estructural de gobernanza urbana (Sabel & Zeitlin, 2012; Von Wirth et al., 2018). Solo a través de estas transformaciones será posible que la experimentación urbana deje de ser la excepción y se convierta en una práctica legítima para acelerar las transiciones ecológicas, sociales y democráticas en nuestras ciudades.

No obstante, si bien esta tesis argumenta a favor de consolidar la experimentación urbana, es necesario evitar una idealización acrítica de esta práctica. La experimentación urbana no siempre es la vía más adecuada, ni todos los contextos requieren o permiten su aplicación o potencial escalado. Identificar en qué situaciones resulta pertinente adoptar un enfoque experimental implica evaluar el grado de incertidumbre, complejidad y novedad del problema urbano,

así como la capacidad institucional para absorber aprendizajes y retroalimentar los procesos de planificación (Evans et al., 2016; Nevens et al., 2013).

Asimismo, debe considerarse que los experimentos urbanos, en muchos casos, arrojan resultados limitados. Lejos de concebirlos como fracasos, estos procesos fallidos pueden aportar aprendizajes valiosos si se documentan y sistematizan de forma rigurosa. Sin embargo, tanto las administraciones públicas como los ámbitos académicos suelen operar bajo lógicas que penalizan el error y privilegian la predictibilidad, lo que limita su disposición a asumir riesgos, reconocer incertidumbres o experimentar de manera iterativa. Como señalan Sabel y Zeitlin (2012), las instituciones actuales no están diseñadas para el fallo sus estructuras jerárquicas, sus sistemas de evaluación por resultados y sus culturas normativas tienden a inhibir la exploración y la revisión crítica. Esta rigidez institucional reduce la posibilidad de aprender del error y de convertir los fracasos en potenciales fuentes de innovación.

Es importante enfatizar que escalar los experimentos urbanos implica reconocer dos dimensiones fundamentales: por un lado, las condiciones contextuales en las que se desarrollaron —incluyendo el momento contextual, espacial, y social, así como los actores implicados—; y, por otro, las condiciones operativas propias del experimento, tales como la metodología aplicada, las tecnologías empleadas y los recursos movilizados. En este sentido, el cambio de escala no puede concebirse como una simple traslación del experimento original, pues inevitablemente incorporará nuevos actores, contextos, intereses y motivaciones que condicionarán tanto el proceso como los resultados. Por ello, el escalado no debe orientarse a reproducir de manera mecánica el experimento base, sino a identificar y extraer aprendizajes sobre las variables de éxito asociadas a su contexto y operatividad, adaptándolas a las especificidades del nuevo entorno.

En este mismo sentido, resulta importante destacar que los casos analizados se inscriben en un contexto político e institucional europeo caracterizado por una relativa estabilidad democrática y capacidad administrativa. En particular, todos los casos se centran en la ciudad de Madrid, una metrópolis que dispone de un aparato público estructurado, muchas veces complejo y claramente jerarquizado. Sus estructuras de gobernanza, capacidades técnicas y recursos administrativos difieren no solo de otras capitales europeas, sino también de ciudades grandes e intermedias tanto dentro como fuera del continente.

Si bien la experimentación urbana se presenta como una herramienta prometedora en distintos niveles de gobierno, sus condiciones de éxito están estrechamente asociadas a contextos democráticos estables, donde existen márgenes institucionales para el ensayo, la

deliberación colectiva y la gestión del riesgo. Por tanto, la escalabilidad y replicabilidad de los resultados presentados en esta tesis deben ser interpretadas y contextualizadas, ya que dependen en buena medida del entorno sociopolítico en el que se pretende aplicar la experimentación urbana. En escenarios marcados por la volatilidad política, la baja capacidad institucional o la ausencia de cultura democrática, será necesario desarrollar estrategias adicionales para establecer legitimidad, construir relaciones de confianza y sostener ciclos de retroalimentación continuos que permitan el aprendizaje colectivo.

La consolidación de la experimentación urbana no puede limitarse a su institucionalización formal, sino que debe concebirse como un proceso continuo de articulación entre sistemas organizativos con lógicas distintas pero complementarias que permitan superar e incorporar nuevos niveles de complejidad (ver Figura 52). Para ello, las administraciones públicas deben generar espacios de coexistencia entre el urbanismo tradicional (sistema 1) y la experimentación urbana (sistema 2) operando con relativa autonomía, pero en diálogo constante a través de canales de transferencia de conocimiento, legitimación cruzada y aprendizaje organizacional. Estableciendo paralelismos con la teoría de Charles Handy (1995) en su formulación del "segundo sistema", nos lleva a inferir que la posibilidad de incorporar experimentos urbanos de manera legítima y transformadora dentro de la arquitectura institucional depende de que existan mecanismos que permitan circular saberes, trasladar capacidades y escalar aprendizajes sin eliminar su dimensión exploratoria (ver Figura 53).

Este tipo de integración supone avanzar hacia formas de gobernanza más colaborativas, que reconocen y acogen nuevos niveles de complejidad tanto institucional como relacional. Implica la coexistencia de la planificación y la experimentación urbana, entendidas no como fases secuenciales o excluyentes, sino como dimensiones complementarias de un mismo proceso adaptativo. En esta línea, la teoría del sistema caórdico (Dee Hock, 1999; van Eijnatten et al., 2007) ofrece un marco conceptual relevante al proponer que las organizaciones más resilientes y creativas son aquellas que operan en el umbral dinámico entre el caos (desorden, incertidumbre, apertura) y el orden (estructura, control, dirección). Los sistemas caórdicos no eliminan la tensión entre estas fuerzas, sino que la aprovechan como fuente de vitalidad, adaptación y transformación (ver Figura 52).

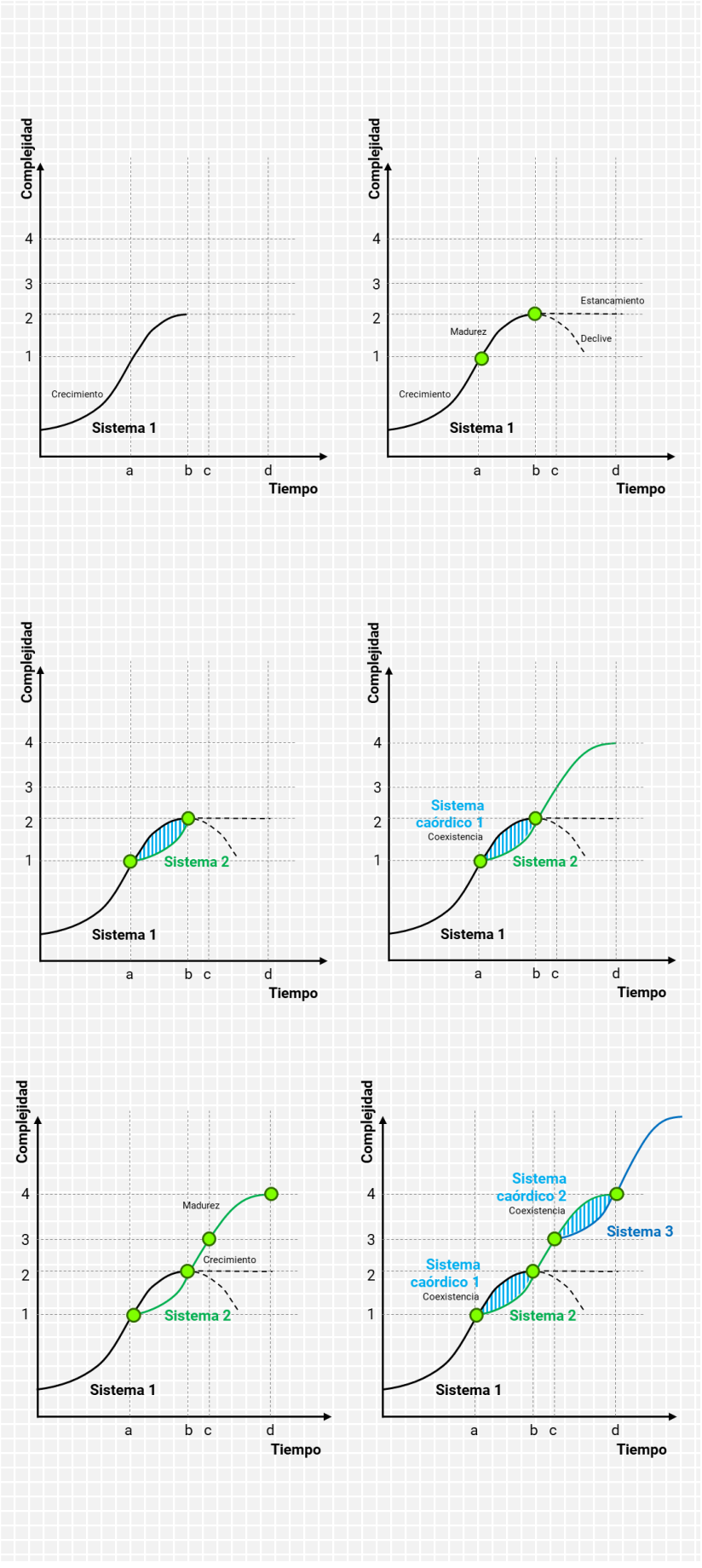
Desde esta perspectiva, las organizaciones y sistemas urbanos no se conciben como estructuras estáticas, sino como procesos dinámicos que atraviesan ciclos vitales de crecimiento, madurez, estancamiento y declive. Esta lógica se representa mediante la curva sigmoide de crecimiento discontinuo, en la cual en las fases iniciales predomina la expansión y consolidación, pero al alcanzar un punto

de saturación emergen anomalías y tensiones que marcan la entrada en una zona de inestabilidad. En este umbral crítico —definido como punto de bifurcación— el sistema puede optar por respuestas de continuidad (más de lo mismo, reforzando viejas rutinas) o por una transformación cualitativa hacia un nuevo nivel de complejidad y coherencia.

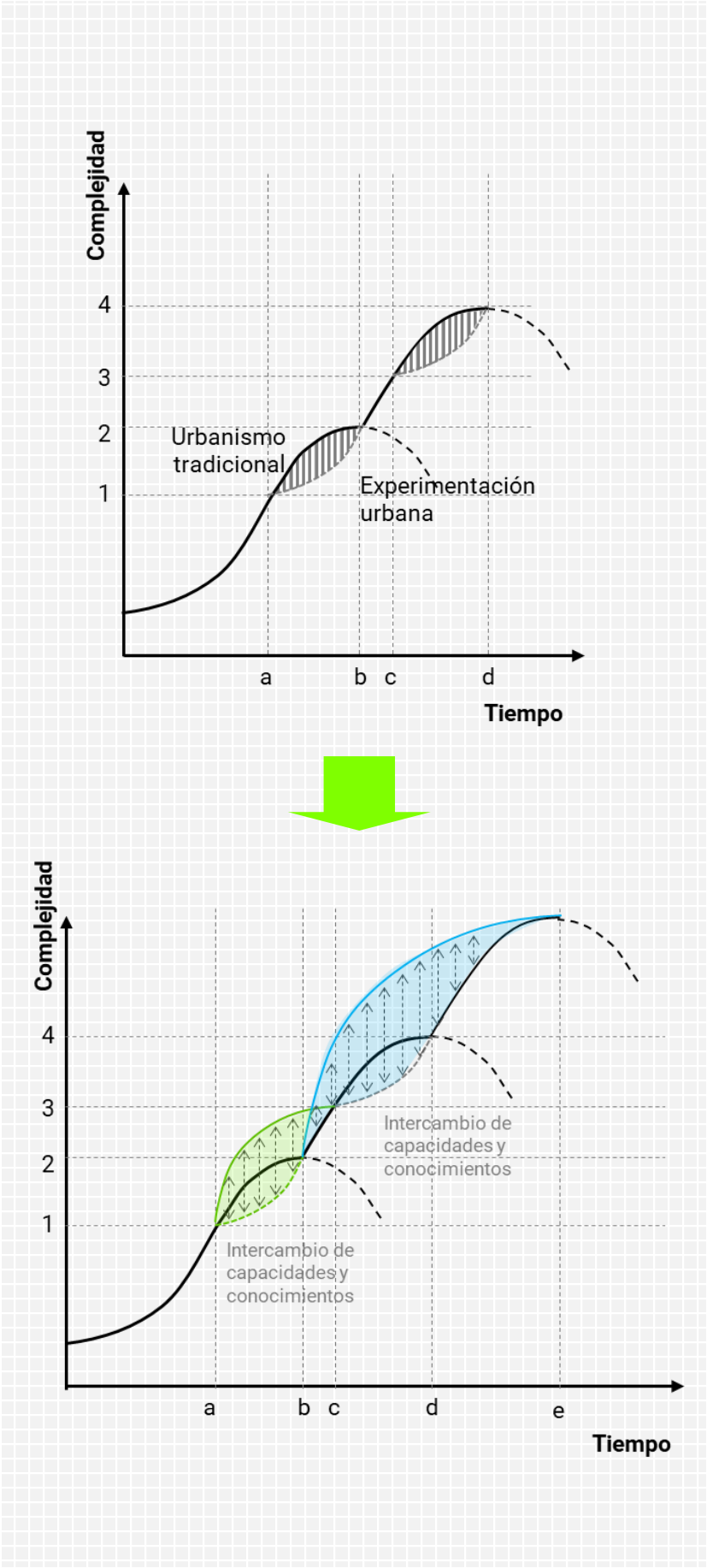
La transición entre un sistema 1 y un sistema 2 no es lineal, sino que se caracteriza por la contradicción y la ambigüedad propias de la coexistencia de ambos. Estas fases expresan la dificultad de superar las inercias institucionales y, al mismo tiempo, la apertura hacia nuevas formas de acción. Solo cuando las ideas emergentes logran consolidarse, el sistema es capaz de integrar mayor complejidad y reorganizarse en un plano más coherente.

Aplicado a la gobernanza urbana, este enfoque sugiere la necesidad de diseñar arreglos institucionales que combinen estructuras estables con espacios flexibles de experimentación. En contextos marcados por las altas dosis de complejidad e incertidumbre el pensamiento caórdico permite trascender la dicotomía entre lo estructurado y lo orgánico abriendo paso a formas de organización de la ciudad más vivas, adaptativas, democráticas y sensibles al territorio. De esta forma, el espacio transicional entre los dos sistemas requiere no solo de nuevas capacidades técnicas, sino de un flexibilidad organizacional que reconozca el valor de la iteración, fomente la colaboración dentro y fuera de la organización y legitime la existencia de espacios experimentales para pensar, probar y aprender colectivamente (ver Figura 53).

→ **Figura 52:** Sistemas caórdicos: Evolución temporal de la complejidad en la transición entre sistemas caórdicos: del sistema imperante (1) a la emergencia de sistemas paralelos (2–3). Basado en van Eijnatten, (2007) *Elaboración propia*



→ **Figura 53:** Propuesta de coexistencia de dos sistemas: el urbanismo tradicional y la experimentación urbana. *Elaboración propia*



5.3. Coproducción de conocimiento como práctica transformadora en la planificación urbana

Otro de los hallazgos de esta tesis doctoral es la generación de evidencia que confirma el rol de la experimentación urbana como práctica de producción de conocimiento situado, en la que convergen saberes técnicos, ciudadanos, institucionales y académicos para abordar problemas urbanos complejos desde una multiplicidad de perspectivas. Esta dimensión epistémica, tal como se argumentó en la sección 2.3 del marco teórico, desafía la tradicional separación entre quienes planifican y quienes habitan la ciudad, abriendo paso a formas más democráticas, dialógicas y horizontales de generar conocimiento (Fischer, 2000; Pohl et al., 2010; Funtowicz & Ravetz, 1993). En este sentido, la producción de conocimiento situado puede entenderse como una forma de decolonialidad epistémica, en tanto que cuestiona el monopolio del saber experto desde una perspectiva global-cosmopolita y revaloriza formas de conocimiento históricamente subalternizadas, como los saberes situados o de las clases trabajadoras y medias (Vázquez, 2024).

Este enfoque se alinea con la distinción propuesta por Ezio Manzini (2015) entre diseñadores expertos y diseñadores difusos. Mientras los primeros aportan conocimientos técnicos, metodologías y capacidades proyectuales, los segundos —los ciudadanos y ciudadanas que participan desde su experiencia cotidiana— movilizan saberes empíricos, afectivos, territoriales y culturales que resultan fundamentales para la sostenibilidad y legitimidad de los procesos. Por lo cual, el valor de la experimentación urbana reside en activar estos diálogos entre saberes, y en diseñar infraestructuras relacionales que desborden las jerarquías disciplinares y faciliten una colaboración efectiva entre múltiples actores.

Un elemento que se desprende de manera constante en la investigación es que la producción de conocimiento no ocurre de forma espontánea. Como se señaló en la sección 5.1, resulta necesaria la existencia de estructuras intermedias capaces de articular los diferentes lenguajes, expectativas, temporalidades e intereses de los actores involucrados. De este hallazgo emerge la propuesta del rol del “urbanista-intermediario”, una figura presente en todos los casos de estudio y previamente no identificada, que habilita espacios de encuentro, gestiona el conflicto, contribuye en la configuración compartida de roles y reglas y actúa como traductor entre escalas institucionales y comunitarias (ver sección 5.5).

Desde una perspectiva institucional, estos hallazgos dialogan estrechamente con las aportaciones de Elinor Ostrom (2010), quien sostiene que la acción colectiva efectiva requiere de reglas en uso claramente definidas por los propios actores, así como mecanismos adaptativos para su revisión. En el marco de la experimentación urbana, estas reglas no pueden ser impuestas verticalmente, sino que deben ser cocreadas, legitimadas y sostenidas a través de la práctica compartida. Así, la producción de conocimiento deja de ser simplemente un resultado del proceso para convertirse en una práctica institucional transformadora que reconfigura las condiciones de posibilidad de la gobernanza urbana.

Por otro lado, una dimensión frecuentemente ignorada en los procesos de planificación urbana, pero central en los procesos de experimentación urbana analizados, es la dimensión cultural y estética. En el caso del Jardín Cyborg (artículo A1), el arte, la creatividad y la ficción actuaron como catalizadores de la imaginación colectiva durante los procesos de cocreación, permitiendo desbordar los marcos del lenguaje técnico y construir vínculos afectivos entre el ecosistema multiactor. En términos del ciclo de KREBS para la Creatividad (Oxman, 2016), las prácticas artísticas funcionaron como activadores de nuevas preguntas, desplazando el foco del resultado inmediato hacia la producción colectiva de sentido y aprendizaje. Este tipo de estrategias demuestra que la experimentación urbana implica una apertura epistemológica hacia otros modos de conocer y hacer ciudad, incorporando emociones, afectos, narrativas y ficciones como elementos legítimos de planificación.

No obstante, esta apertura epistemológica de la experimentación urbana convive con estructuras institucionales que no siempre están preparadas para integrar enfoques no convencionales. En contextos dominados por lógicas jerárquicas, métricas de eficiencia o temporalidades electorales, estos procesos enfrentan tensiones estructurales profundas que condicionan su implementación y sostenibilidad. La experimentación urbana puede ser percibida por algunas administraciones como una pérdida de control o como un proceso excesivamente lento y costoso. Además, las instituciones públicas carecen con frecuencia de herramientas para reconocer, validar e integrar los saberes situados que emergen de estos procesos. En este sentido, ¿Cómo medir la calidad de los vínculos sociales producidos? ¿Cómo evaluar la legitimidad de formas de conocimiento no codificadas? Estas preguntas apuntan a un vacío metodológico que limita el potencial transformador en la producción de conocimiento de los experimentos urbanos.

Ante estas disyuntivas, la investigación sugiere la necesidad de obtener victorias tempranas a lo largo del proceso, entendidas como resultados intermedios que: 1) visibilicen avances concretos hacia los objetivos del experimento, 2) fortalezcan el compromiso

de los actores implicados, y 3) celebren los logros colectivos del ecosistema de actores. Estas "victorias tempranas" cumplen una función de anclaje, permitiendo sostener procesos largos y complejos, y evitando que se diluyan por las presiones de corto plazo.

En este contexto, el enfoque de portafolio (Artículo A4) emerge como una herramienta estratégica de interconexión, al facilitar la visualización de constelaciones de proyectos y experimentos urbanos con objetivos comunes, equilibrando temporalidades, escalas, recursos y actores. La taxonomía y la herramienta diseñadas buscan un balance entre variables simples y fácilmente medibles, que permitan ofrecer una radiografía de la contribución del ecosistema multiactor en la lucha contra el cambio climático en la ciudad. Por ello, el portafolio no debe entenderse como una imagen estática de la realidad urbana, sino como un proceso iterativo de toma de decisiones estratégicas, capaz de integrar saberes expertos y difusos, y de responder a la naturaleza fractal y dinámica de los desafíos urbanos. Su enfoque multinivel posibilita, además, que los aprendizajes producidos en un lugar puedan escalar no solo en términos geográficos, sino también institucionales.

Frente a las limitaciones de los modelos clásicos de evaluación, esta investigación propone desplazar el foco desde los resultados tangibles hacia la consolidación de infraestructuras de aprendizaje colectivo. Estas infraestructuras incluyen metodologías de documentación accesible, espacios para la reflexión compartida, mecanismos para la réplica que garanticen la circulación del conocimiento generado (Lam et al., 2020; Nevens et al., 2013). Como se argumentó en el artículo A3, el impacto más relevante de la intervención en patios y entornos escolares –por ejemplo- no fue sólo el espacio construido, sino la generación de nuevas capacidades institucionales, comunitarias y pedagógicas que permanecen como legado operativo tras la finalización del experimento.

Por concluir, la producción de conocimiento en la experimentación urbana debe entenderse como un vector transformador en la planificación urbana, capaz de redistribuir el poder epistémico, crear condiciones para la colaboración sostenida y abrir nuevos horizontes de posibilidad. Sin embargo, para que su potencial se concrete, es indispensable fortalecer las condiciones institucionales, metodológicas y culturales que la hacen posible. Reconocer que el conocimiento no es solo un prerrequisito para la intervención, sino también un producto colectivo del quehacer urbano, es uno de los principales desafíos —y aprendizajes— que esta tesis busca destacar.

5.4. Enfoque sistémico de porfolio y la gobernanza multinivel

A lo largo de los cuatro artículos se evidencia la necesidad de superar la lógica de intervenciones aisladas mediante enfoques que integren estratégicamente múltiples experimentos urbanos dentro de un marco institucional común. Esta aproximación se alinea con una corriente creciente en la literatura académica que sostiene que las ciudades no requieren únicamente mayor innovación tecnológica, sino también capacidades institucionales para gestionar de forma integrada la diversidad de iniciativas que emergen en su territorio (Bulkeley et al., 2023; Schot & Steinmueller, 2018).

Gobernar la complejidad de la transición climática urbana requiere innovar en los instrumentos de planificación, incorporando enfoques colaborativos y de aprendizaje continuo (Frantzeskaki, 2019; Evans et al., 2016). En esta línea, el caso de estudio a escala ciudad (A4) desarrolló teórica y operativamente el enfoque de porfolio mediante una herramienta digital concebida como un "segundo sistema operativo" que complementa, sin sustituir, otras herramientas de planeamiento tradicional (Handy, 2016).

Este segundo sistema operativo permite a las administraciones públicas establecer conexiones entre proyectos y experimentos urbanos bajo una visión estratégica compartida, fomentar prácticas colaborativas a gran escala y activar capacidades públicas latentes para diseñar futuros urbanos transformadores. La lógica de porfolio, aplicada ya en el ámbito de la innovación climática, provee un marco integrado, multiactor y multinivel para gestionar iniciativas interconectadas que abordan simultáneamente retos climáticos (European Commission, 2020; Wise et al., 2024). La noción de porfolio emerge como una respuesta a la fragmentación institucional y a la dispersión de esfuerzos que caracteriza muchas agendas urbanas. A diferencia de los enfoques incrementales centrados en proyectos, el porfolio permite alinear iniciativas y proyectos diversos bajo una visión sistémica, articulando objetivos climáticos, recursos financieros, actores implicados y escalas de intervención (UNDP, 2022; Miedzinski et al., 2019; OECD, 2022).

Esta articulación no se da de forma espontánea, esta requiere de una infraestructura institucional que permita coordinar, priorizar y evaluar iniciativas desde una perspectiva sistémica. La construcción y uso del porfolio exigen una colaboración multiactor sostenida, ya que esta herramienta busca no solo organizar información, sino visualizar la complejidad del sistema de manera caleidoscópica, ya que según el ángulo desde el que se observe o los datos que se introduzcan, la imagen resultante puede variar sustancialmente. Por lo que existe el riesgo de que el porfolio arrastre sesgos, omi-

siones o interpretaciones parciales derivadas de las perspectivas dominantes de quienes lo implementan. Es por lo que incorporar una diversidad de actores, sectores y saberes en su diseño y actualización no solo enriquece su capacidad analítica, sino que amplía el campo de visión, evitando que la herramienta reproduzca los intereses o limitaciones de unos pocos. Esta pluralidad epistémica y organizativa es clave para que el porfolio funcione como dispositivo colectivo de inteligencia urbana y no como un repositorio técnico de iniciativas dispersas.

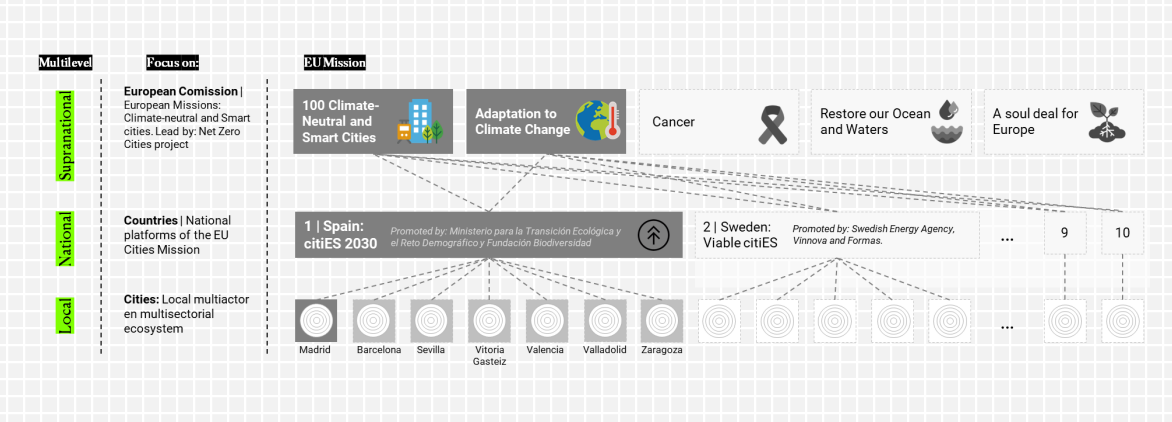
En esta misma línea, los artículos A2 y A4 permitieron identificar que muchos experimentos urbanos con alto potencial transformador no logran escalar ni consolidarse debido a tres factores principales: 1) la falta de vínculos entre iniciativas; 2) la discontinuidad temporal de los proyectos y experimentos; y 3) la ausencia de un anclaje político sólido. En respuesta a esta triple carencia, el enfoque de porfolio se plantea como un marco para la integración estratégica y el aprendizaje colectivo, orientado a gobernar la complejidad urbana de forma dinámica y a generar sinergias entre políticas sectoriales, escalas administrativas y actores diversos.

Además, el uso de analítica de redes en la plataforma reveló desigualdades en la participación dentro del ecosistema colaborativo –¿quiénes participan más?, ¿qué actores están subrepresentados?– ofreciendo información valiosa para redistribuir mejor el poder de decisión entre sectores público, privado, académico y comunitario. Este enfoque refuerza la dimensión de justicia espacial e inclusión en la gobernanza climática, al visibilizar recursos comunitarios a menudo ignorados en métricas tradicionales centradas sólo en carbono (Anguelovski et al., 2016; Méndez, 2015).

El caso del *Climate City Contract de Madrid* (A4) muestra que esta aproximación es particularmente relevante en contextos urbanos donde coexisten múltiples estrategias, instrumentos y actores. La herramienta digital permitió mapear, clasificar y analizar múltiples iniciativas urbanas relacionadas con mitigación y adaptación climática, revelando patrones, solapamiento y desconexión que dificultan la coherencia y la efectividad de la acción climática urbana. Po tanto, la construcción de un porfolio permite alinear prioridades, detectar vacíos, fomentar colaboraciones interdepartamentales y crear un lenguaje común entre actores que previamente operaban en silos.

Asimismo, el enfoque de porfolio plantea implicaciones relevantes para la gobernanza multinivel. En lugar de pensar la relación entre escalas como una jerarquía de competencias, se propone una arquitectura más relacional y distribuida, donde los aprendizajes generados en los experimentos locales puedan informar decisiones estratégicas a nivel metropolitano, nacional y supranacional. Para que esta dinámica sea posible, se requieren estructuras de intermedia-

ción que operen en dichos niveles, facilitando la circulación de conocimiento, la alineación de objetivos y la articulación de políticas coherentes entre escalas (Ver Figura 54).

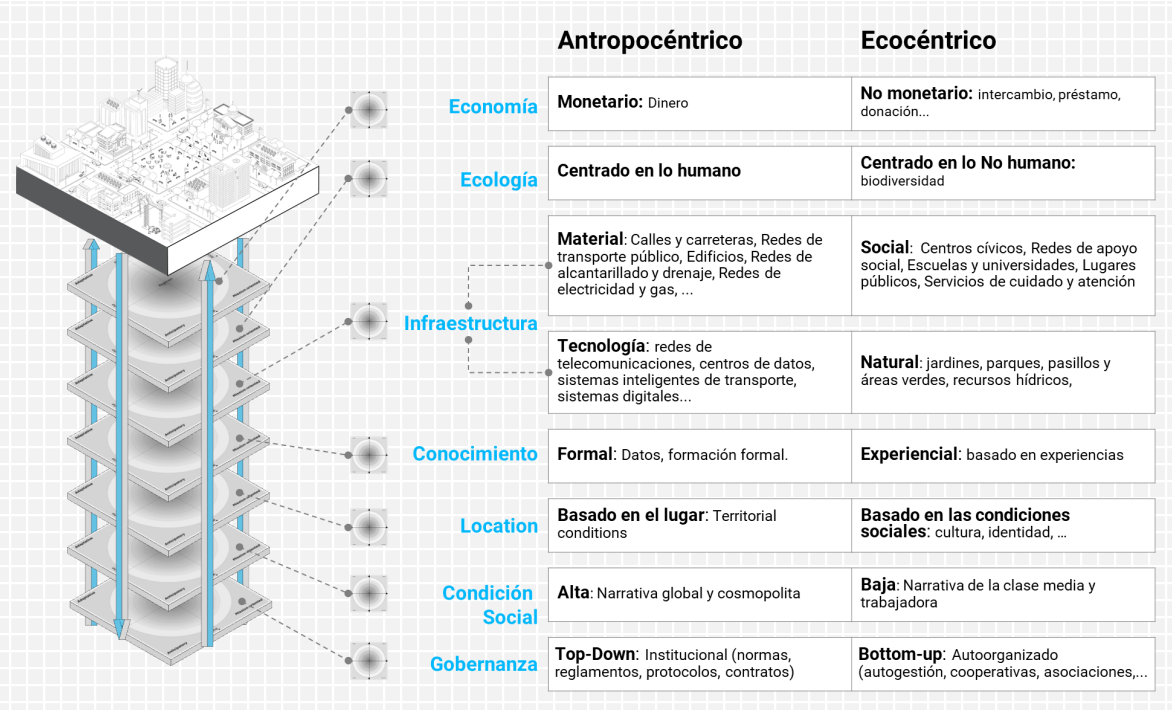


↑ **Figura 54:** Potencial de aplicación multinivel del enfoque de porfolio. *Elaboración propia*

El análisis también sugiere que para que el porfolio sea verdaderamente transformador, debe integrar dimensiones políticas, técnicas y culturales. No basta con conectar proyectos, es necesario crear condiciones para que estos puedan influir en reglas, narrativas y estructuras institucionales. En este sentido, el porfolio debe ser concebido no solo como una herramienta de planificación, sino como un dispositivo institucional de aprendizaje colectivo, capaz de sostener la experimentación en el tiempo, amplificar su impacto y contribuir a la reorganización sistémica del ecosistema urbano.

Así también, la herramienta digital de porfolio permitió visualizar las interdependencias, bucles de retroalimentación y puntos de apalancamiento (Meadows, 1992, 2015) entre múltiples intervenciones urbanas climáticas. Por ejemplo, se pueden mapear proyectos en términos de ejes transversales para detectar dónde una pequeña acción podría generar cambios sistémicos significativos (Fischer & Riechers, 2019; Meadows, 1992).

En esta línea, la investigación introduce un aporte original al campo de la gobernanza climática urbana al desarrollar e implementar un sistema binario de palancas sistémicas (Meadows, 2015) que permite romper los silos sectoriales y ampliar el alcance del planeamiento urbano hacia una visión más integrada y transformadora (Ver Figura 55). Este sistema binario basado en los comunes urbanos (Urban Commons Research Collective, 2022) clasifica cada palanca —economía, ecología, infraestructuras, conocimiento, emplazamiento, estatus social y gobernanza— en dos dimensiones complementarias, una antropocéntrica, centrada en la lógica dominante de gestión desde el ser humano y lo institucional, y otra ecocéntrica, orientada al cuidado de los sistemas socioecológicos y los comunes urbanos.



↑ **Figura 55:** Propuesta de sistema binario de palancas sistémicas. *Elaboración propia*

Este sistema binario permite visibilizar formas emergentes y frecuentemente invisibilizadas de valor —como economías no monetarias, saberes experienciales o recursos comunales—, contribuyendo así a los planteamientos de Arturo Escobar (2018, 2020) en torno al Pluriverso, entendido como una constelación de mundos posibles que coexisten más allá de la racionalidad moderna, capitalista y occidental. Al reconocer múltiples formas de habitar, conocer y valorar los territorios, el sistema binario de palancas sistémicas contribuye a construir un marco analítico más inclusivo, donde el conocimiento situado, los vínculos afectivos con el entorno y los modos de vida no hegemónicos adquieren un lugar central en la toma de decisiones urbanas.

Por otro lado, se identifica también que la incorporación de herramientas digitales de porfolio podría mejorar la coordinación multiactor y el aprendizaje reflexivo, pasando de colaboraciones *ad hoc* y unilaterales a una gestión continua del ecosistema (Ansell & Gash, 2018; Urban Commons Research Collective, 2022). Este puente entre la gobernanza colaborativa y la planificación urbana expande las fronteras del urbanismo al permitir una visión holística de la ciudad en transformación. Si bien estas herramientas y enfoques no reemplazan la toma de decisiones políticas, sí constituyen un soporte relevante para gestionar la incertidumbre y la complejidad asociadas a la descarbonización urbana (Carayannis et al., 2012; Kaufmann et al., 2023).

Es importante enfatizar que la herramienta digital de porfolios debe entenderse también como un recurso complementario que aporta información y estructura al proceso de toma de decisiones, sin sustituir las redes analógicas basadas en la escucha, el diálogo y la

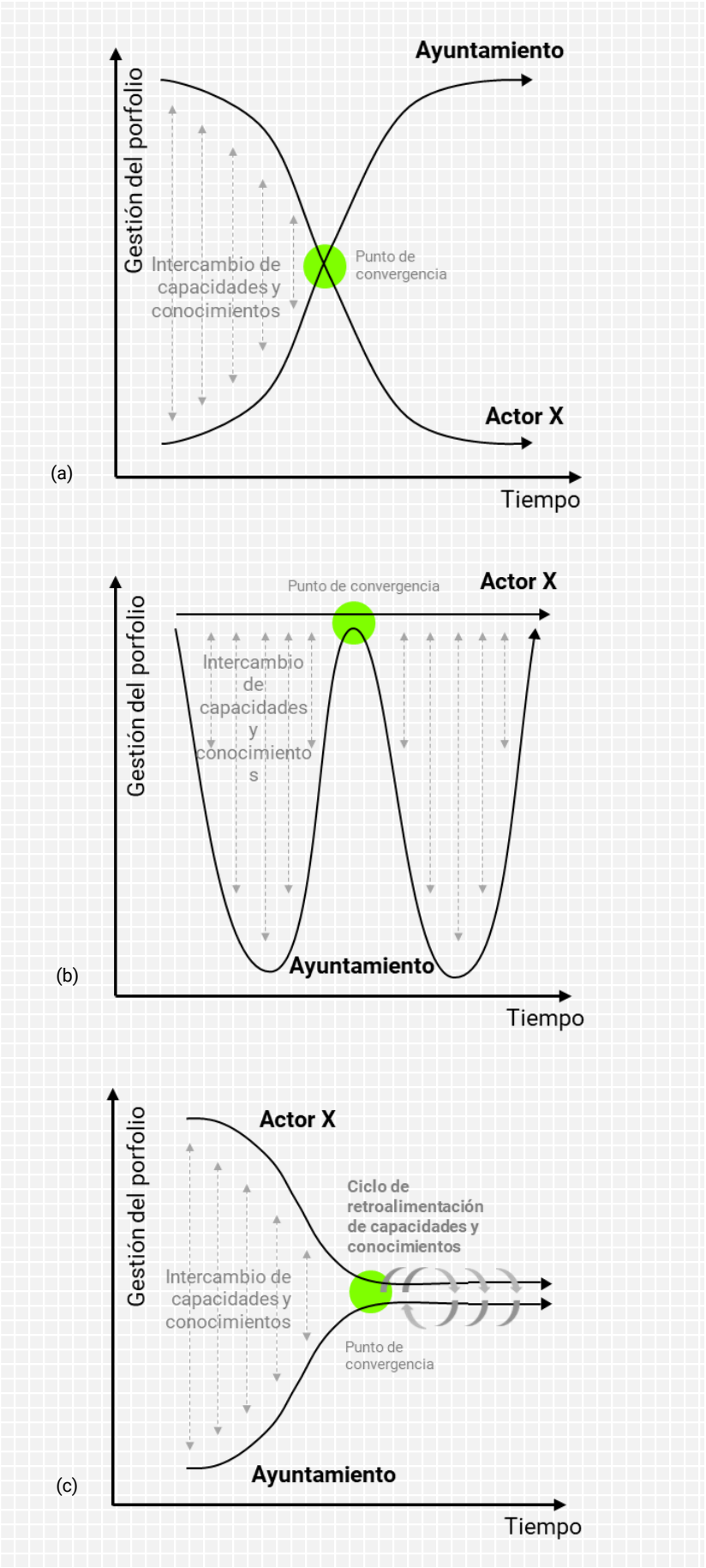
colaboración entre saberes plurales (Escobar ,2018), ni obviar las ontologías relacionales que sustentan otras formas de construir la ciudad desde lo común.

Sin embargo, la gestión del porfolio es un campo de conocimiento aún en desarrollo y enfrenta retos significativos derivados de la complejidad organizativa, la fragmentación institucional y la asimetría entre actores del ecosistema urbano. Entre los desafíos más destacados se encuentran la dificultad para integrar datos heterogéneos provenientes de múltiples departamentos y sectores, la escasa capacidad técnica para interpretar y aplicar marcos sistémicos, y la necesidad de construir un lenguaje común que permita alinear visiones, recursos y temporalidades diversas. A ello se suma la resistencia de ciertas estructuras burocráticas a adoptar enfoques dinámicos y colaborativos, lo cual limita el potencial transformador del porfolio si no se acompaña de estrategias de fortalecimiento institucional y construcción de confianza.

Para afrontar estos desafíos, la investigación identifica tres patrones de colaboración en la gestión del porfolio, representados por modelos relacionales entre el Ayuntamiento y un actor intermediario (Actor X): (A) transferencia progresiva de la gestión desde Actor X hacia el Ayuntamiento; (B) liderazgo estable del Actor X sin cesión completa de competencias, y (C) co-gestión continua entre ambas partes mediante bucles de aprendizaje y retroalimentación (Ver Figura 56).

Los modelos (A) y (C) podrían activarse mediante portafolios locales, con el Actor X representado por el sistema académico —particularmente la Universidad— como organización neutral que interactúa con los distintos sistemas sociales. Así ocurrió en los cuatro casos analizados, donde tanto la Universidad como el Ayuntamiento se mantuvieron como actores centrales dentro de los ecosistemas multiactor configurados. Estos modelos pueden ser canalizados a través de proyectos nacionales o europeos con un cronograma definido. La diferencia entre ambos escenarios es el tipo de relaciones que se establecen entre los dos actores, donde en el primer caso (A), hay una salida gradual del Actor X y, en el otro (C), un acompañamiento continuo a lo largo del proceso de gestión. La gestión colaborativa entre estos dos actores funcionará si tienen relaciones de confianza e intercambian constantemente conocimiento y capacidades. Por otro lado, los modelos (A) y (B) podrían ser habilitados en portafolios nacionales o supranacionales. El Actor X estaría representado por las estructuras que articulan la colaboración en el marco de la Misión de Ciudades. La diferencia entre los escenarios (A) y (B) está definida por el apoyo político y la legitimidad que tiene la ciudad para promover la Misión. Estos modelos permiten adaptar la gestión del porfolio a distintos contextos políticos y niveles de madurez institucional, ofreciendo estructuras flexibles que equilibran liderazgo público, apoyo técnico especializado y gobernanza compartida.

→ **Figura 56:** Modelos colaborativos para la gestión de porfolios: roles y escenarios de transición. *Elaboración propia*



5.5. El rol del *urbanista-intermediario* como agente de transformación

Un elemento común en los casos de estudio es que el núcleo promotor del ecosistema multiactor se mantuvo estable, conformado principalmente por el Ayuntamiento y la Universidad. Ambos equipos -quienes realizaron labores de intermediación- no solo sostuvieron el proceso, sino que también aprendieron a partir de la práctica experimental, generando un capital de conocimiento que trasciende cada proyecto específico. De estos aprendizajes emergen capacidades clave para el diseño, la gestión y el despliegue de experimentos urbanos. De esta forma, esta investigación evidencia la aparición de nuevas formas de agencia profesional en el campo del urbanismo. Estas formas están orientadas no sólo a la producción de objetos espaciales sino también a la transformación institucional, cultural y política de los marcos de intervención urbana. En este contexto, el rol del urbanista se redefine progresivamente hacia un perfil más híbrido, situado e intermediador, capaz de activar procesos colaborativos, articular saberes diversos y gestionar entornos complejos de gobernanza.

Los estudios de caso desarrollados en esta tesis muestran que la figura del urbanista cobra relevancia cuando actúa como intermediario de procesos colaborativos. Esto implica adquirir competencias profesionales tales como diseñar para, a diseñar con; de proyectar desde la distancia, a intervenir desde la proximidad; de aplicar modelos, a facilitar marcos adaptativos de aprendizaje. En este sentido, el urbanista-intermediario se asemeja a la figura del "curador institucional", que opera como mediador entre instituciones y comunidades, entre lo técnico y lo político, entre lo tangible y lo simbólico.

Desde el enfoque institucional, esta figura puede vincularse con lo que Elinor Ostrom (2010) denomina el nivel operativo del cambio institucional un espacio donde se negocian y redefinen las reglas en uso, se adaptan marcos normativos y se activan condiciones para la acción colectiva". En este marco, el urbanista-intermediario no es únicamente diseñador de espacios, sino también diseñador de reglas, de relaciones y de condiciones para la colaboración. Su función clave radica en habilitar estructuras flexibles, facilitar el diálogo multiactor y sostener los procesos en el tiempo, más allá del evento puntual de diseño.

Este perfil se hace particularmente visible en contextos de intervención como los entornos escolares del caso de estudio A3, donde los urbanistas-intermediarios debieron conjugar múltiples lenguajes —académico, técnico, institucional, pedagógico, vecinal—, articular

temporalidades diversas —las del diseño, la gestión administrativa y el calendario escolar— y sostener vínculos emocionales e institucionales a lo largo del proceso. La eficacia de su intervención no se midió sólo por la calidad del resultado construido, sino por la habilidad para mantener el ecosistema colaborativo, gestionar tensiones emergentes y abrir futuros posibles mediante el diseño. En términos epistemológicos, este perfil profesional se vincula con la capacidad de generar infraestructuras de aprendizaje, diseñando no solo intervenciones espaciales, sino también procesos de documentación, evaluación participativa, retroalimentación iterativa y narrativas compartidas.

No obstante, esto no ocurre de forma automática ni está exento de tensiones estructurales. Los marcos formativos, los concursos públicos, las estructuras administrativas privilegian modelos basados en la autoría individual y la producción formal del quehacer del diseñador urbano. En este contexto, ejercer como urbanista-intermediario supone habitar la incertidumbre, sostener procesos no lineales y negociar constantemente entre expectativas divergentes.

A pesar de estas tensiones, este hallazgo transversal demuestra que esta ampliación del campo de acción del urbanismo constituye una condición clave para consolidar la experimentación urbana como estrategia transformadora. Esta ampliación exige nuevas comprensiones del urbanismo y del ecosistema urbano, así como el desarrollo de un conjunto de capacidades y roles que se detallan a continuación:

1. **Mediación**: Inspirado en el concepto de "*action situation*" de Ostrom (2009), el urbanista-intermediario debe ser capaz de leer el ecosistema urbano como un espacio dinámico de colaboración, conflicto y decisión colectiva. Esto incluye la comprensión del entorno biofísico, los atributos comunitarios (como normas sociales y capital relacional) y las reglas en uso, tanto formales como informales. El urbanista-intermediario no impone reglas, sino que facilita su cocreación, en coherencia con el principio de *embedding* propuesto por von Wirth et al. (2019), según el cual los experimentos urbanos deben estar profundamente enraizados en el contexto cultural, institucional e identitario del territorio. Además, la mediación exige identificar el *momentum* adecuado para incorporar nuevos actores, conocimientos y proyectos.

2. **Storyteller**: El urbanista-intermediario también cumple el rol de narrador colectivo, acompañando —más que dirigiendo— la construcción de un relato común. Esta función se apoya en una escucha profunda y en la capacidad de traducir los distintos códigos del ecosistema, reconociendo que cada actor tiene motivaciones e incentivos legítimos y distintos. Como

sugiere la literatura sobre experimentos urbanos , la capacidad de *translation* es esencial para conectar narrativas, generar sentido compartido y sostener procesos multiactor (Karvonen & Van Heur, 2014; von Wirth et al., 2019).

3. **Colaboración**: La experimentación urbana exige formas alternativas de liderazgo. Frente a la figura de líder técnico, se plantea la necesidad de un liderazgo distribuido, que active la eficacia colectiva del ecosistema (Allen, L. B., & Crowley, K., 2017). Esta eficacia se basa en tres dimensiones: 1) el diseño de los espacios para la participación activa de múltiples actores, 2) la relevancia contextual del reto identificado en las diferentes esferas de agencia ciudadana y 3) la interconexión con otros territorios, conocimientos y comunidades. Estas dimensiones están estrechamente ligadas a los principios de escalado —*up, out, deep*— (Moore et al., 2015), a través de los cuales el urbanista-intermediario puede facilitar transiciones que trasciendan la mera réplica de modelos o recetas. El énfasis se desplaza hacia la extracción de aprendizajes vinculados tanto al diseño de los contextos que posibilitan la colaboración multiactor como a los aprendizajes operativos que permiten la mejora del espacio público.

4. **Visión estratégica multinivel**: el urbanista-intermediario debe desarrollar una capacidad estratégica para operar a múltiples escalas, articulando actores, recursos e iniciativas diversas en un enfoque de gobernanza por porfolios. Como se mostró en el artículo A4, la aplicación de herramientas digitales al *Climate City Contract de Madrid* permitió identificar patrones de colaboración entre la administración local y diversos actores, dando lugar a diferentes patrones de colaboración y gestión. Estos modelos ofrecen lecciones valiosas para el diseño de mecanismos de gobernanza adaptativa en otros contextos urbanos,

5.6. Hallazgos, requisitos y variables de éxito para la experimentación urbana

A modo de síntesis, a lo largo de esta investigación se ha demostrado que la experimentación urbana constituye una estrategia metodológica eficaz para articular la planificación y la innovación institucional en contextos de alta complejidad e incertidumbre, la cual complementa —y no reemplaza— otras metodologías y procesos urbanos. Lejos de representar un enfoque accesorio o puntual, los experimentos urbanos operan como infraestructuras epistémicas, sociales e institucionales que permiten reorganizar las relaciones entre actores, saberes y escalas en torno a desafíos como la crisis climática.

La evidencia empírica y teórica desarrollada a lo largo de los cuatro artículos científicos permite identificar un conjunto de hallazgos transversales a sus respectivas escalas, requisitos habilitantes y variables críticas de éxito que contribuyen a integrar la experimentación urbana como una lógica en la gobernanza urbana. Entre los principales hallazgos se constata:

1. La capacidad de los experimentos urbanos para reorganizar los marcos institucionales sin necesidad de reformar formalmente la normativa, mediante reinterpretaciones creativas y colaborativas de las reglas en uso.

2. El valor de la cocreación como mecanismo de redistribución del poder epistémico y político en los procesos de planeamiento urbano.

3. El rol estratégico de la intermediación – y en particular el urbanista-intermediario – como función que sostiene el ecosistema multiactor y articula flujos de conocimiento entre actores diversos e inusuales.

4. La escalabilidad de los experimentos urbanos se sustenta en la capacidad de extraer aprendizajes tanto sobre el diseño de los contextos de colaboración como sobre las soluciones técnicas que hacen operativa la mejora tangible del espacio urbano.

5. La utilidad del enfoque de porfolio para integrar, visualizar y coordinar iniciativas, proyectos y experimentos urbanos en torno a objetivos compartidos.

Estos hallazgos revelan que la institucionalización de la experimentación urbana requiere una combinación de condiciones organizativas, políticas y culturales. Entre los requisitos fundamentales se encuentran:

1. La existencia de estructuras intermedias legitimadas que articulen múltiples escalas, tales como equipos interdepartamentales en ayuntamientos o plataformas de colaboración en el caso de articulación nacional o supranacional.

2. El respaldo político a largo plazo para sostener procesos más allá del ciclo electoral.

3. Marcos de gobernanza que permitan cocrear y probar reglas adaptativas que permitan al ecosistema multiactor aprender haciendo, atender a múltiples desafíos e incentivos y reducir el riesgo.

4. Mecanismos de evaluación orientados a procesos de aprendizaje colectivo, más allá de métricas de impacto convencionales.

5. Identificación de proyectos tractores, articulados mediante el enfoque de porfolio, capaces de movilizar otras iniciativas con objetivos comunes, contribuyendo al cambio de paradigma del enfoque incremental a un enfoque sistémico.

6. El reconocimiento de la pluralidad epistémica, junto con la integración de dimensiones afectivas, simbólicas y estéticas en el planeamiento, constituye una condición esencial para mantener la vitalidad y sostenibilidad de los procesos colaborativos en el tiempo.

Asimismo, la investigación permite identificar un conjunto de variables de éxito que inciden directamente en la capacidad de los experimentos urbanos para transformar el sistema urbano. Entre ellas destacan:

1. La capacidad de los intermediadores para activar espacios de confianza, traducir entre lenguajes técnicos y comunitarios, sostener el proceso en contextos complejos y articular aprendizajes colectivos.

2. El grado de conexión, diversidad y complementariedad entre actores, sectores e instituciones, que favorece la circulación de conocimiento, la corresponsabilidad y la resiliencia organizativa.

3. La existencia de estructuras habilitadoras legitimadas (como oficinas técnicas o plataformas colaborativas) que otorgan continuidad institucional, articulan escalas y vinculan la innovación con marcos estratégicos.

4. La legitimidad institucional de los procesos, reconocimiento político, técnico y social de los experimentos urbanos y sus respectivos porfolios como procesos válidos y relevantes,

basados en la transparencia, la colaboración y la capacidad de respuesta a demandas territoriales.

5. La definición de un horizonte común para orientar la acción estratégica, alinear actores diversos y facilitar la toma de decisiones en entornos inciertos.

6. La capacidad de las herramientas digitales y los espacios presenciales para estructurar procesos colaborativos, visibilizar interdependencias, coordinar iniciativas diversas y sostener dinámicas de planificación.

Estas variables no actúan de forma aislada, sino en interacción, conformando un entramado dinámico que debe ser gestionado reflexivamente. La Tabla 6 resume los principales hallazgos, requisitos y variables de éxito identificadas en la investigación.

Finalmente, la experimentación urbana no puede reducirse a una metodología de intervención puntual, sino que debe entenderse como una práctica institucional, situada y relacional que requiere de condiciones habilitantes específicas para sostener su potencial transformador como vehículo de aprendizaje. Por lo cual, esta tesis propone que solo mediante la articulación coherente de estas condiciones y variables será posible consolidar una cultura urbana orientada a la sostenibilidad, la justicia climática y la innovación sistémica.

Dimensión analítica	Hallazgos clave	Requisitos habilitantes	Variables críticas de éxito
1. Institucional	Los experimentos urbanos permiten reconfigurar reglas en uso sin necesidad de modificar el marco normativo, mediante reinterpretaciones colaborativas respaldadas políticamente.	+ Compromiso político estable. + Coordinación interdepartamental. + Reconocimiento formal de estructuras intermedias. + Flexibilidad administrativa	+ Legitimidad institucional del experimento. + Capacidad de integración en políticas existentes. + Existencia de acuerdos formales (actas, convenios, etc.)
2. Epistémica	La cocreación redistribuye el poder epistémico e incorpora saberes técnicos, ciudadanos, culturales y situados como insumos legítimos en el planeamiento urbano.	+ Reconocimiento explícito de la pluralidad de saberes. + Infraestructuras de documentación y aprendizaje. + Espacios deliberativos accesibles y abiertos	+ Inclusión de saberes no expertos. + Métodos accesibles para el diálogo de saberes. + Producción de conocimiento compartido y aplicable
3. Relacional y de intermediación	La figura del urbanista-intermediario es clave para activar y sostener el ecosistema multiactor, gestionar tensiones y articular escalas y lenguajes diversos.	+ Reconocimiento del rol intermediador + Financiación de equipos facilitadores + Redes de confianza entre actores	+ Calidad de la mediación. + Densidad relacional del ecosistema. + Continuidad de los vínculos más allá del proyecto.
4. Organizativa y de escalabilidad	La permanencia y replicabilidad de los experimentos depende de su incorporación en estructuras institucionales legitimadas y en marcos estratégicos de la ciudad.	+ Infraestructuras habilitadoras estables (oficinas técnicas, consorcios, plataformas). + Financiamiento estructural. + Claridad de mandatos y propósitos	+ Capacidad de transferir aprendizajes a otros contextos. + Existencia de mecanismos de réplica y adaptación. + Vinculación con estrategias y programas municipales o regionales.
5. Cultural y simbólica	Las prácticas estéticas, narrativas y artísticas catalizan la imaginación colectiva, generan sentido compartido y refuerzan el compromiso emocional del ecosistema.	+ Inclusión de actores culturales. + Presencia de arte y creatividad en el diseño participativo. + Espacios para la ficción, la emoción y lo simbólico	+ Resonancia cultural del experimento. + Producción de relatos compartidos. + Apropiación simbólica del espacio por parte de la comunidad
6. Operativa y estratégica	El enfoque de porfolio permite gestionar múltiples experimentos como parte de un sistema relacional, visualizando conexiones, flujos de conocimiento y puntos de apalancamiento.	+ Herramientas digitales y analógicas de mapeo y seguimiento. + Capacidades institucionales para la lectura sistémica. + Patrones de colaboración adaptativos (A, B, C)	+ Claridad en la visión compartida + Capacidad de coordinación multinivel + Interoperabilidad entre proyectos y políticas

↑ **Tabla 6:** Síntesis de hallazgos, requisitos y variables de éxito para la institucionalización de la experimentación urbana. *Elaboración propia*

RESUMEN

+ La experimentación urbana constituye una estrategia eficaz para articular planificación e innovación institucional en contextos complejos.
+ Permite reconfigurar reglas en uso sin reformas normativas, mediante reinterpretaciones colaborativas y respaldadas políticamente.
+ La cocreación redistribuye poder epistémico y político, incorporando saberes plurales como insumos legítimos.
+ La intermediación, desarrollada por el urbanista-intermediario, sostiene el ecosistema multiactor, articula escalas y traduce lenguajes diversos.
+ La escalabilidad depende de estructuras legitimadas, financiamiento estable y confianza entre actores, más allá de la lógica de proyecto.
+ El enfoque de portafolio articula múltiples experimentos en una visión estratégica integrada, habilitando gobernanza multinivel.
+ La dimensión cultural y estética refuerza la imaginación colectiva y el compromiso emocional en procesos de transformación.
+ Persisten tensiones: rigidez institucional, riesgo de participación simbólica, dependencia de recursos excepcionales y vacíos metodológicos en la evaluación de saberes situados.
+ La institucionalización de la experimentación requiere condiciones organizativas, políticas y culturales coherentes para consolidar una cultura urbana orientada a sostenibilidad, justicia climática e innovación sistémica.

6 | Conclusiones

Esta sección integra las conclusiones finales de la tesis a través de un recorrido estructurado en cuatro apartados. En primer lugar, se exponen las conclusiones derivadas de la investigación, sintetizando los aprendizajes y conocimientos producidos en relación con la pregunta de investigación y los objetivos planteados. En segundo lugar, se desarrollan las aportaciones teóricas originales que la tesis introduce al campo de la experimentación urbana. A continuación, se presentan las limitaciones de la investigación y las futuras líneas de trabajo que emergen a partir de ellas, orientando posibles agendas académicas y prácticas. Finalmente, se incluyen unas reflexiones finales que buscan situar los resultados en un horizonte más amplio, vinculando el potencial transformador de la experimentación urbana con los desafíos estratégicos de la crisis ecológica y el futuro de las ciudades.

El título de esta tesis, **"La ciudad como prototipo"**, alude a un cambio epistemológico y práctico en la manera de concebir, planificar y transformar los entornos urbanos ante la crisis climática. En lugar de asumir la ciudad como un objeto acabado, estable y gobernado por modelos prescriptivos, esta investigación la reconoce como un sistema abierto, complejo y en continua evolución, donde la experimentación urbana desempeña una forma alternativa de hacer ciudad donde ensayar alternativas institucionales, espaciales y cognitivas.

Esta perspectiva se ancla en un contexto urbano marcado por la urgencia de acelerar la transición hacia modelos sostenibles y resilientes, superando las limitaciones de los instrumentos tradicionales de planeamiento, cuya rigidez muchas veces contrasta con la incertidumbre y la interdependencia de los retos actuales. Los hallazgos presentados en la Sección 5 han permitido identificar un conjunto de condiciones habilitantes y variables críticas que explican el éxito y la fragilidad de los experimentos urbanos, aportando evidencia empírica para repensar los marcos actuales de gobernanza urbana.

Prototipar la ciudad implica desplegar intervenciones situadas que no solo buscan transformar el espacio físico, sino también activar capacidades colectivas, reorganizar relaciones de poder y reconfigurar marcos institucionales. Los casos analizados en esta tesis muestran que los experimentos urbanos, cuando son diseñados desde la cocreación y el aprendizaje adaptativo, operan como infraestructuras de conocimiento, como catalizadores de cambio sistémico y un medio para imaginar, ensayar y consolidar futuros más democráticos, sostenibles y colaborativos. De este modo, la experimentación urbana se revela no solo como método, sino como una nueva forma de gobernar lo urbano.

6.1 Conclusiones derivadas de la investigación

Esta tesis doctoral ha tenido como objetivo identificar y explicar los elementos fundamentales que la experimentación urbana aporta a los procesos de planeamiento urbano orientados a la adaptación y descarbonización climática en las ciudades. A partir de cuatro estudios de caso en Madrid y del análisis transversal de prácticas impulsadas por proyectos competitivos, se demuestra que los experimentos urbanos, cuando son diseñados e implementados bajo principios de cocreación, aprendizaje adaptativo y gobernanza colaborativa, contribuyen a activar capacidades institucionales (flexibilizar reglas y habilitar innovaciones), capacidades relacionales (construcción de confianza y redes multiactor) y capacidades estratégicas (articulación sistémica mediante enfoques de portafolio), las cuales se desarrollan a continuación:

1. La experimentación urbana permite visibilizar y reorganizar los vínculos existentes entre actores, escalas y saberes en torno a desafíos compartidos de carácter situado. Al generar condiciones para la colaboración intersectorial, los experimentos urbanos funcionan como espacios de ensayo de nuevas formas de gobernanza, desbordando las estructuras jerárquicas tradicionales y facilitando un tipo de planeamiento más inclusivo, situado y reflexivo. En particular, esta tesis ha identificado que la configuración de un ecosistema multiactor no ocurre espontáneamente, sino que debe ser cuidadosamente habilitada y coreografiada mediante infraestructuras institucionales, estructuras intermediarias legitimadas y la figura del urbanista-intermediario como rótula del proceso.

2. Se constata que la experimentación urbana fortalece las capacidades sistémicas del ecosistema multiactor cuando se despliega en el marco de una lógica de porfolio. Esta lógica relacional permite mapear interdependencias entre proyectos, detectar vacíos, movilizar recursos de forma coherente y articular una narrativa común de transformación urbana. La investigación ha demostrado que el enfoque de porfolio contribuye a la coordinación multinivel, facilita la incorporación de nuevos agentes y proporciona soporte a la toma de decisiones estratégicas basadas en el conocimiento generado por los propios experimentos y su ecosistema multiactor.

3. Los casos analizados evidencian que los experimentos urbanos no solo transforman los espacios físicos, sino que

reconfiguran las formas en que se produce, valida y circula el conocimiento. En este sentido, la experimentación urbana confiere una práctica de producción colectiva de conocimiento, que desestabiliza la separación entre expertos y legos, y abre paso a formas más democráticas y transdisciplinares de acción urbana. Así, el conocimiento generado no es un prerrequisito del diseño, sino su producto emergente, cocreado entre actores con saberes y temporalidades diversas.

4. La experimentación urbana orientada al fortalecimiento de capacidades solo puede ser efectiva si se aleja decididamente de la lógica de la "proyectificación". No basta con acumular intervenciones puntuales o incrementales: es imprescindible consolidar marcos institucionales estables que reconozcan la experimentación como una práctica del urbanismo. Para ello, se requiere avanzar en estrategias de escalado entendidas no como la simple repetición de los experimentos, sino como la extracción y transferencia de aprendizajes tanto sobre el diseño de contextos de colaboración multiactor como sobre las soluciones técnicas implementadas.

5. La sostenibilidad de los procesos de experimentación urbana depende tanto de factores simbólicos y culturales —a menudo desatendidos— como de las condiciones estructurales tradicionalmente reconocidas. Desatender esta dimensión cultural y estética limita la comprensión del impacto real de las intervenciones y debilita su capacidad de arraigo y proyección a largo plazo.

6. Se identifican un conjunto coherente de variables que inciden directamente en el éxito de la experimentación urbana, tales como la calidad de la intermediación, la densidad relacional del ecosistema, la existencia de estructuras habilitadoras, la legitimidad institucional, la claridad del propósito compartido y la capacidad de las herramientas para estructurar la acción colaborativa. Estas variables configuran una arquitectura que sostiene los procesos de transformación urbana. Su articulación constituye una de las principales aportaciones de esta tesis, al ofrecer criterios operativos para diseñar e institucionalizar prácticas urbanas experimentales con mayor alcance y continuidad.

7. La experimentación urbana no debe entenderse como una metodología neutra, sino como una estrategia política que interpela los modos de decisión, los marcos de gobernanza y las capacidades del Estado para aprender. Impulsar una cultura pública de la experimentación exige una transformación profunda de las formas de gobernanza

urbana. No se trata solo de lo que se diseña, sino de redefinir quién decide, cómo se decide y con qué valores se organiza la acción colectiva. Esta tesis propone, por tanto, una revalorización del urbanismo como práctica institucional situada, donde el diseño no se limita a proyectar formas, sino que habilita condiciones para el cambio estructural, democrático y sostenible de las ciudades.

6.2. Aportaciones teóricas

Como resultado del cumplimiento de los objetivos definidos en esta tesis, se han desarrollado aportaciones teóricas en la intersección entre el urbanismo, la gobernanza colaborativa y enfoques sistémicos para la transformación climática. La tesis propone nuevas conexiones, metodologías y dispositivos analíticos que amplían el estado de la cuestión de la experimentación urbana tanto en el ámbito interdisciplinar como en el de la transformación institucional.

Uno de los principales aportes teóricos consiste en el desarrollo de un marco analítico para evaluar la eficacia colectiva de los experimentos urbanos. Esta metodología, diseñada para abordar la primera subpregunta de investigación del artículo A2, articula tres cuerpos teóricos hasta ahora no integrados de manera sistemática: los principios de eficacia colectiva formulados por Allen y Crowley (2017), el Modelo de Innovación de la Quíntuple Hélice (Carayannis & Campbell, 2009) y el enfoque de Innovación Social aplicada en procesos de transición urbana (Young Foundation, 2016). Esta triangulación ha dado lugar a una metodología analítica que permite identificar puntos críticos dentro de los subsistemas del ecosistema multiactor a lo largo del ciclo de innovación social. Si bien fue elaborada en el marco del caso de estudio, su aplicabilidad es replicable a otros contextos urbanos.

En segundo lugar, la investigación del artículo A2 aporta nuevas estrategias de escalado para experimentos urbanos, basadas en un análisis crítico de los diferentes grados de control institucional y flexibilidad adaptativa a lo largo del experimento urbano. A diferencia de modelos tradicionales que asocian la escalabilidad solo con la replicación numérica, se propone una serie de modalidades de replicación basada en las tipologías de escalado *up, out, deep*, en función de la capacidad del experimento para transferir aprendizajes, adaptar relaciones institucionales y transformar valores compartidos (Moore et al., 2015; Lam et al., 2020). Esta propuesta se sustenta en la idea de que el conocimiento generado no debe agotarse con el cierre del experimento, sino que debe permanecer como insumo activo del ecosistema multiactor. En este sentido, la investigación demuestra que el diseño de trayectorias progresivas —desde el experimento

controlado hasta su institucionalización compartida— fortalece la sostenibilidad política y epistémica del proceso transformador.

Un tercer avance teórico se vincula con la operacionalización del ciclo de KREBS para la creatividad en contextos urbanos. A partir del artículo A1 del Jardín Cyborg, se demuestra cómo la experimentación urbana puede activar procesos de problematización y cuestionamiento desde preguntas provenientes del arte. El uso de metodologías artísticas y narrativas ambientales introdujo dimensiones afectivas e imaginativas en la experimentación urbana, configurando una epistemología expandida del diseño urbano. Este hallazgo refuerza la necesidad de incluir el arte y la creatividad como dimensión constitutiva de la producción de conocimiento urbano, no como elemento decorativo, sino como motor de cuestionamiento profundo de los marcos vigentes.

La tesis amplía y adapta el Marco de Análisis de Desarrollo Institucional de Elinor Ostrom (2005, 2010) al campo de la experimentación urbana en el artículo A3. Se demuestra que las situaciones de acción pueden ser reestructuradas a través de prácticas colaborativas basadas en el diseño situado, sin necesidad de un cambio normativo formal. Esta reformulación teórica permite observar cómo, a través de la implicación activa de actores locales, se reconfiguran no solo los resultados espaciales, sino las estructuras de poder, las reglas en uso y los marcos normativos en las instituciones públicas. Con ello, se matiza la teoría institucional clásica al evidenciar que la innovación institucional puede emerger de abajo hacia arriba mediante prácticas reflexivas, abriendo una vía fértil para la renovación del planeamiento desde una lógica distribuida y experimental.

Otra de las aportaciones teóricas es el desarrollo de una metodología específica para la implementación de porfolios urbanos basados en herramientas digitales presentada en el artículo A4. Si bien existen antecedentes teóricos sobre los porfolios en la acción climática, esta tesis ha logrado traducir dichos conceptos en una herramienta digital interactiva anclada en una taxonomía analítica adaptada al contexto de los *Climate City Contracts* de la Misión Europea de ciudades. Esta herramienta permite visualizar interdependencias, bucles de retroalimentación y puntos de apalancamiento entre proyectos urbanos, incorporando pensamiento sistémico en los procesos locales de toma de decisión. Se trata de un avance conceptual importante al mostrar cómo los enfoques sistémicos pueden integrarse de manera práctica en la gobernanza climática urbana, no solo como modelo discursivo, sino como instrumento técnico de coordinación estratégica. Este enfoque contribuye también a superar la tradicional oscilación pendular entre racionalidades tecnocráticas y enfoques humanistas en la planificación urbana (Portugali, 2011), al permitir la articulación de iniciativas emergentes, experimentales y

situadas con estructuras de gobernanza consolidadas.

Además, este dispositivo digital contribuye a institucionalizar la participación multiactor, promoviendo mecanismos de aprendizaje reflexivo, intercambio de conocimientos y coordinación interdepartamental. Al facilitar la articulación entre niveles de gobierno y entre actores públicos, privados y comunitarios, esta herramienta emerge como una forma de "segundo sistema operativo", capaz de gestionar la complejidad de las transformaciones urbanas contemporáneas. Así, se tiende un puente entre la teoría de la gobernanza colaborativa y la planificación urbana, superando las limitaciones de colaboraciones ad hoc para avanzar hacia un modelo sostenido de coordinación ecosistémica.

Estos avances teóricos, interrelacionados entre sí, fortalecen el campo emergente de la experimentación urbana. Demuestran que la ciudad, en su complejidad, no puede ser gobernada desde una única racionalidad, sino que requiere metodologías híbridas, herramientas y marcos conceptuales abiertos al aprendizaje, la colaboración y la imaginación colectiva. La tesis reafirma la necesidad de concebir la transformación urbana no como un proceso lineal, sino como una práctica situada, ramificada y experimental, iterativa, profundamente democrática y colaborativa.

6.3. Limitaciones y futuras líneas de investigación

La investigación ha logrado avances conceptuales y metodológicos, al tiempo que permite delimitar nuevas líneas de trabajo más allá de los objetivos iniciales que merecen ser exploradas en mayor profundidad, abriendo nuevas vías para el desarrollo futuro de la investigación. Del mismo modo, conviene acotar el alcance de las conclusiones obtenidas, ya que el carácter situado de los estudios de caso implica necesariamente una aplicación contextual y no generalizable de los resultados.

Aun siendo relevantes los avances conceptuales y metodológicos desarrollados, esta investigación presenta algunas limitaciones que conviene señalar y plantear como futuras líneas de investigación:

1. **Evaluación del modelo en otros contextos:** El carácter situado y cualitativo de los estudios de caso implica una limitada generalización de los resultados. Aunque se han derivado aprendizajes con potencial transferibilidad, las conclusiones deben leerse teniendo en cuenta el contexto político, institucional y cultural específico de Madrid. Sería valioso contrastar estos hallazgos con experiencias similares en otras ciudades europeas o latinoamericanas, incorporando

una mayor diversidad de escalas, formas de gobierno y culturas de planificación.

2. **Evaluar el impacto sistémico de la experimentación mediante metodologías mixtas:** Profundizar en el análisis del impacto sistémico de los porfolios de experimentación urbana mediante metodologías mixtas que combinen herramientas cualitativas (como análisis institucional, estudios de caso comparados o métodos participativos) con enfoques cuantitativos (indicadores longitudinales, métricas de adaptación o reducción de emisiones, etc.). Esta integración permitiría ampliar la base empírica sobre la efectividad climática de las intervenciones, atendiendo no solo a sus resultados tangibles, sino también a sus efectos institucionales, culturales y organizativos. Asimismo, contribuiría a generar marcos evaluativos más sensibles a la naturaleza relacional y procesual de los experimentos urbanos, superando las limitaciones de las métricas estandarizadas.

3. **Profundizar en la intersección entre experimentación urbana y justicia climática:** Otra línea prioritaria consiste en profundizar cómo los procesos de experimentación urbana pueden contribuir a reducir -o no- desigualdades estructurales en la adaptación al cambio climático, especialmente en contextos de alta vulnerabilidad. Esto implica analizar la distribución de riesgos, capacidades y oportunidades en los territorios donde se implementan los experimentos, así como los mecanismos a través de los cuales ciertas voces, saberes o necesidades son incorporadas —o excluidas— de los procesos de diseño y decisión. Esta línea permitiría abordar de forma crítica las tensiones observadas entre la inclusividad formal de la participación y la persistencia de asimetrías de poder, así como los riesgos de instrumentalización simbólica de la participación.

4. **Estudiar el papel de las infraestructuras digitales y los sistemas de datos en la gobernanza colaborativa:** Centrado en estudiar el rol de las herramientas digitales, plataformas de datos y tecnologías de visualización en la articulación de ecosistemas multiactor y en la gestión distribuida del conocimiento urbano. Si bien estas herramientas permiten estructurar la acción colaborativa y visualizar interdependencias, su uso también plantea desafíos técnicos, institucionales y éticos vinculados a la interoperabilidad, la apropiación de los datos, la inclusión digital y la soberanía tecnológica. Explorar estos aspectos permitiría ampliar la comprensión sobre cómo se construye —o se limita— la inteligencia colectiva en entornos urbanos complejos

mediados por tecnologías emergentes.

5. **Analizar las resistencias institucionales a la integración de la experimentación urbana:** La tesis ha identificado múltiples fricciones entre las lógicas experimentales y los marcos normativos, procedimentales o culturales de las administraciones públicas. Una línea de investigación clave consiste en analizar con mayor profundidad las resistencias institucionales a la incorporación estructural de la experimentación urbana, desde la rigidez jurídica y los silos departamentales, hasta las culturas organizativas jerárquicas que dificultan la redistribución del poder y el aprendizaje colectivo. Esta línea permitiría avanzar hacia estrategias más efectivas de institucionalización, evaluando los márgenes de maniobra disponibles y los mecanismos necesarios para transformar las reglas en uso sin comprometer la legitimidad democrática ni la seguridad jurídica.

6. **Profundizar en la ecología de roles en ecosistemas de innovación urbana:** Investigar con mayor detalle la transformación de los perfiles profesionales implicados en la gobernanza urbana experimental, más allá de la figura del urbanista-intermediario. Esto incluye analizar los cambios en las funciones y competencias de técnicos municipales, operadores políticos, representantes vecinales y otros actores del ecosistema. Profundizar en esta ecología de roles permitiría comprender cómo se redistribuyen las funciones de diseño, decisión y facilitación en entornos colaborativos, así como las tensiones derivadas de la coexistencia entre modelos tradicionales de autoridad técnica y formas emergentes de liderazgo distribuido.

Finalmente, esta tesis abre una agenda de investigación y práctica centrada en repensar el planeamiento urbano desde la experimentación urbana. Lejos de proponer recetas universales, se defiende aquí la necesidad de construir capacidad institucional para aprender colectivamente, en contextos inciertos y urgentes como el actual. La ciudad, entendida como prototipo, no es solo un laboratorio de ensayo, sino un campo de disputa democrática sobre los futuros posibles.

6.4 Reflexiones finales

La transformación urbana sostenible exige repensar no sólo los objetivos que perseguimos, sino también los modos en que trabajamos para alcanzarlos. En un contexto profundamente marcado por la complejidad, la incertidumbre y la multiplicidad de actores, las herramientas, estructuras y formas de trabajo heredadas si bien efectivas no son suficientes para afrontar los desafíos contemporáneos. La distinción nítida entre lo público y lo privado, entre lo técnico y lo político, entre lo formal y lo informal, ha sido reemplazada por un entramado difuso donde operan múltiples actores –muchos de ellos sin legitimidad democrática directa– que configuran una esfera tecnocrática cada vez más influyente en la toma de decisiones urbanas.

Ante este panorama, caracterizado por la coexistencia de información y desinformación, por la aceleración de los cambios socioambientales y por la emergencia de nuevas desigualdades, se hace imprescindible promover entornos de trabajo colaborativos, horizontales y deliberativos. La planificación y la acción pública ya no pueden ser concebidas sólo desde visiones sectoriales ni operadas mediante estructuras jerárquicas que dificultan la adaptación y el aprendizaje. Por el contrario, se requieren formas de gobernanza que asuman la complejidad como condición estructural, y que favorezcan la inteligencia colectiva, la escucha, el diálogo y la corresponsabilidad en la toma de decisiones.

En este contexto, la experimentación urbana es una necesidad. Experimentar implica generar espacios protegidos para el ensayo, el éxito y el error, donde se puedan poner a prueba nuevas formas de relación, de diseño, de evaluación y de intervención en la ciudad. Lejos de ser una estrategia improvisada, la experimentación urbana permite construir aprendizajes situados, anticipar efectos no deseados y fortalecer la capacidad colectiva para navegar la incertidumbre. Enfrentar los riesgos asociados a la transición ecológica, la justicia climática y la regeneración urbana exige innovar, y esa innovación –como se ha demostrado a lo largo de esta investigación– no puede ser individual ni tecnocrática, debe ser profundamente democrática, inclusiva y compartida.

Por todo ello, esta tesis reivindica la experimentación urbana como una práctica política e institucional que permite transformar no sólo los resultados de la acción pública, sino también sus procedimientos, sus alianzas y sus imaginarios. Necesitamos nuevas formas de trabajo porque necesitamos nuevas formas de habitar y relacionarnos, y ambas deben construirse con otros, en colaboración, desde la diversidad, y con una mirada radicalmente orientada al bien común.

7 | Conclusions [english version]

This section integrates the final contributions of the thesis through a four-part discussion. First, the conclusions derived from the research are presented, synthesising the lessons learned and knowledge produced in relation to the research question and objectives. Second, the original theoretical contributions that the thesis introduces to the field of urban experimentation are developed. The limitations of the research and the future lines of work that emerge from them are then presented, guiding possible academic and practical agendas. Finally, some final reflections are included that seek to situate the results within a broader horizon, linking the transformative potential of urban experimentation with the strategic challenges of the ecological crisis and the future of cities.

The title of this thesis, "***The City as Prototype***," alludes to an epistemological and practical shift in the way we conceive, plan, and transform urban environments in the face of the climate crisis. Rather than viewing the city as a finished, stable object governed by prescriptive models, this research recognises it as an open, complex, and continually evolving system, where urban experimentation plays an alternative form of city-making that tests institutional, spatial, and cognitive alternatives.

This perspective is anchored in an urban context marked by the urgency of accelerating the transition toward sustainable and resilient models, overcoming the limitations of traditional planning instruments, whose rigidity often contrasts with the uncertainty and interdependence of current challenges. The findings presented in Section 5 have allowed us to identify a set of enabling conditions and critical variables that explain the success and fragility of urban experiments, providing empirical evidence for rethinking current urban governance frameworks.

Prototyping the city involves deploying situated interventions that seek not only to transform physical space but also to activate collective capacities, reorganise power relations, and reconfigure institutional frameworks. The cases analysed in this thesis show that urban experiments, when designed through co-creation and adaptive learning, operate as knowledge infrastructures, catalysts for systemic change, and a means to imagine, test, and consolidate more democratic, sustainable, and collaborative futures. In this way, urban experimentation reveals itself not only as a method but also as a new way of governing the urban.

7.1 Conclusions from the research

This doctoral thesis aimed to identify and explain the fundamental elements that urban experimentation contributes to urban planning processes aimed at climate adaptation and decarbonization in cities. Based on four case studies in Madrid and a cross-sectional analysis of practices driven by competitive projects, it is demonstrated that urban experiments, when designed and implemented under the principles of co-creation, adaptive learning, and collaborative governance, contribute to activating institutional capacities (flexibilizing rules and enabling innovations), relational capacities (building trust and multi-stakeholder networks), and strategic capacities (systemic articulation through portfolio approaches), which are developed below:

1. Urban experimentation makes it possible to visualise and reorganise the existing links between actors, scales, and knowledge around shared, situated challenges. By creating

the conditions for intersectoral collaboration, urban experiments function as testing grounds for new forms of governance, transcending traditional hierarchical structures and facilitating a more inclusive, situated, and reflective approach to planning. Specifically, this thesis has identified that the formation of a multi-stakeholder ecosystem does not occur spontaneously, but must be carefully enabled and choreographed through institutional infrastructures, legitimised intermediary structures, and the figure of the urban planner-intermediary as the pivot point of the process.

2. It is found that urban experimentation strengthens the systemic capacities of the multi-stakeholder ecosystem when deployed within a portfolio framework. This relational logic makes it possible to map interdependencies between projects, identify gaps, mobilise resources coherently, and articulate a common narrative of urban transformation. Research has shown that the portfolio approach contributes to multi-level coordination, facilitates the incorporation of new stakeholders, and provides support for strategic decision -making based on the knowledge generated by the experiments themselves and their multi-stakeholder ecosystem.

3. The cases analysed show that urban experiments not only transform physical spaces, but also reconfigure the ways in which knowledge is produced, validated, and circulated. In this sense, urban experimentation confers a practice of collective knowledge production, which destabilises the separation between experts and laypeople and paves the way for more democratic and transdisciplinary forms of urban action. Thus, the knowledge generated is not a prerequisite for design, but rather its emergent product, co-created by actors with diverse knowledge and temporalities.

4. Urban experimentation aimed at capacity building can only be effective if it decisively moves away from the logic of "projectification." It is not enough to accumulate specific or incremental interventions: it is essential to consolidate stable institutional frameworks that recognize experimentation as an urban planning practice. This requires advancing scaling strategies understood not as the simple repetition of experiments, but as the extraction and transfer of learning about both the design of multi-stakeholder collaborative contexts and the technical solutions implemented.

5. The sustainability of urban experimentation processes depends as much on symbolic and cultural factors—often neglected—as on traditionally recognized structural conditions. Neglecting this cultural and aesthetic dimension

limits understanding of the real impact of interventions and weakens their long-term impact and projection.

6. A coherent set of variables is identified that directly impact the success of urban experimentation, such as the quality of intermediation, the relational density of the ecosystem, the existence of enabling structures, institutional legitimacy, the clarity of shared purpose, and the capacity of tools to structure collaborative action. These variables shape an architecture that sustains urban transformation processes. Their articulation constitutes one of the main contributions of this thesis, as it offers operational criteria for designing and institutionalizing experimental urban practices with greater reach and continuity.

7. Urban experimentation should not be understood as a neutral methodology, but rather as a political strategy that challenges decision-making modes, governance frameworks, and the state's capacity to learn. Promoting a public culture of experimentation requires a profound transformation of urban governance forms. It is not just a matter of what is designed, but of redefining who decides, how decisions are made, and with what values collective action is organized. This thesis therefore proposes a revaluation of urban planning as a situated institutional practice, where design is not limited to projecting forms but rather enables conditions for structural, democratic, and sustainable change in cities.

7.2. Theoretical Contributions

As a result of achieving the objectives defined in this thesis, theoretical contributions have been developed at the intersection of urban planning, collaborative governance, and systemic approaches to climate transformation. The thesis proposes new connections, methodologies, and analytical tools that expand the state of the art of urban experimentation, both in the interdisciplinary field and in the field of institutional transformation.

One of the main theoretical contributions consists of the development of an analytical framework to assess the collective efficacy of urban experiments developed in article A2. This methodology, designed to address the first research subquestion, articulates three theoretical bodies that have not been systematically integrated until now: the principles of collective efficacy formulated by Allen and Crowley (2017), the Quintuple Helix Innovation Model (Carayannis & Campbell, 2009), and the Applied Social Innovation approach in urban transition processes (Young Foundation, 2016). This triangulation has led to an analytical methodology that allows for the identification of critical points

within the subsystems of the multi-stakeholder ecosystem throughout the social innovation cycle. Although it was developed within the framework of the case study, its applicability is replicable to other urban contexts.

Secondly, the research provides new scaling strategies for urban experiments developed in article A2, based on a critical analysis of the different degrees of institutional control and adaptive flexibility throughout the urban experiment. Unlike traditional models that associate scalability only with numerical replication, a series of replication modalities is proposed based on the typologies of up, out, and deep scaling, depending on the experiment's capacity to transfer learning, adapt institutional relationships, and transform shared values (Moore et al., 2015; Lam et al., 2020). This proposal is based on the idea that the knowledge generated should not be exhausted with the end of the experiment, but should remain an active input for the multi-stakeholder ecosystem. In this sense, research demonstrates that the design of progressive trajectories—from controlled experiments to shared institutionalisation—strengthens the political and epistemic sustainability of the transformative process.

A third theoretical advance is linked to the operationalisation of the KREBS cycle for creativity in urban contexts. Using the Cyborg Garden case A1, we demonstrate how urban experimentation can activate processes of problematisation and questioning based on questions derived from art. The use of artistic methodologies and environmental narratives introduced affective and imaginative dimensions into urban experimentation, shaping an expanded epistemology of urban design. This finding reinforces the need to include art and creativity as a constitutive dimension of urban knowledge production, not as a decorative element, but as a driver for profound questioning of current frameworks.

This thesis expands and adapts Elinor Ostrom's Institutional Development Analysis Framework (2005, 2010) to the field of urban experimentation. It demonstrates that institutional "situations of action" can be restructured through collaborative practices based on situated design, without the need for formal regulatory change. This theoretical reformulation allows us to observe how, through the active involvement of local actors, not only spatial outcomes are reconfigured, but also power structures, rules in use, and regulatory frameworks in public institutions. This nuanced classical institutional theory demonstrates that institutional innovation can emerge from the bottom up through reflective practices, opening a fertile path for planning renewal based on a distributed and experimental logic.

Another theoretical contribution is the development of a specific methodology for implementing urban portfolios based on digital

tools. While there are theoretical antecedents regarding portfolios in climate action, this thesis has succeeded in translating these concepts into an interactive digital tool anchored in an analytical taxonomy adapted to the context of the European Cities Mission's Climate City Contracts. This tool allows for the visualisation of interdependencies, feedback loops, and leverage points between urban projects, incorporating systems thinking into local decision-making processes. These attributes are an important conceptual advance, showing how systemic approaches can be practically integrated into urban climate governance, not only as a discursive model but also as a technical instrument for strategic coordination. This approach also contributes to overcoming the traditional pendulum swing between technocratic rationalities and humanistic approaches in urban planning (Portugali, 2011), by allowing the coordination of emerging, experimental, and established initiatives within established governance structures.

Furthermore, this digital device contributes to institutionalising multi-stakeholder participation, promoting mechanisms for reflective learning, knowledge exchange, and interdepartmental coordination. By facilitating coordination between levels of government and between public, private, and community actors, this tool emerges as a form of "second operating system," capable of managing the complexity of contemporary urban transformations. Thus, it builds a bridge between collaborative governance theory and urban planning, overcoming the limitations of ad hoc collaborations to move toward a sustained model of ecosystemic coordination. These interrelated theoretical advances strengthen the emerging field of urban experimentation. They demonstrate that the city, in its complexity, cannot be governed by a single rationality, but rather requires hybrid methodologies, tools, and conceptual frameworks open to learning, collaboration, and collective imagination. The thesis reaffirms the need to conceive urban transformation not as a linear process, but as a situated, branching, experimental, iterative, deeply democratic, and collaborative practice.

7.3. Limitations and future lines of research

The research has achieved conceptual and methodological advances, while also allowing for the definition of new lines of work beyond the initial objectives that deserve to be explored in greater depth, opening up new avenues for future research development. Similarly, it is important to limit the scope of the conclusions obtained, since the situated nature of the case studies necessarily implies a contextual and non-generalisable application of the results.

Although the conceptual and methodological advances developed are relevant, this research has some limitations that should be noted and proposed as future lines of research:

1. **Evaluation of the model in other contexts:** The situated and qualitative nature of the case studies implies limited generalizability of the results. Although lessons have been derived with potential transferability, the conclusions must be interpreted taking into account the specific political, institutional, and cultural context of Madrid. It would be valuable to compare these findings with similar experiences in other European or Latin American cities, incorporating a greater diversity of scales, forms of government, and planning cultures.

2. **Evaluate the systemic impact of experimentation using mixed methodologies:** Deepen the analysis of the systemic impact of urban experimentation portfolios using mixed methodologies that combine qualitative tools (such as institutional analysis, comparative case studies, or participatory methods) with quantitative approaches (longitudinal indicators, adaptation or emissions reduction metrics, etc.). This integration would broaden the empirical base on the climate effectiveness of interventions, considering not only their tangible results but also their institutional, cultural, and organisational effects. It also contributes to generating evaluative frameworks that are more sensitive to the relational and process-based nature of urban experiments, overcoming the limitations of standardised metrics.

3. **Explore the intersection between urban experimentation and climate justice:** Another priority line is to delve deeper into how urban experimentation processes can contribute to reducing—or not reducing—structural inequalities in climate change adaptation, especially in highly vulnerable contexts. This priority involves analysing the distribution of risks, capabilities, and opportunities in the territories where the experiments are implemented, as well as the mechanisms through which certain voices, knowledge, or needs are incorporated—or excluded—from the design and decision-making processes. This approach would allow for a critical approach to the tensions observed between the formal inclusiveness of participation and the persistence of power asymmetries, as well as the risks of symbolic instrumentalisation of participation.

4. **Study the role of digital infrastructures and data systems in collaborative governance:** Focusing on the role of digital tools, data platforms, and visualisation technologies in the

articulation of multi-stakeholder ecosystems and the distributed management of urban knowledge. While these tools allow for structuring collaborative action and visualising interdependencies, their use also poses technical, institutional, and ethical challenges related to interoperability, data ownership, digital inclusion, and technological sovereignty. Exploring these aspects would allow us to broaden our understanding of how collective intelligence is built—or limited—in complex urban environments mediated by emerging technologies.

5. **Analyse institutional resistance to the integration of urban experimentation:** The thesis has identified multiple frictions between experimental logics and the regulatory, procedural, or cultural frameworks of public administrations. A key line of research consists of a more in-depth analysis of institutional resistance to the structural incorporation of urban experimentation, ranging from legal rigidity and departmental silos to hierarchical organisational cultures that hinder the redistribution of power and collective learning. This line of research would allow us to move toward more effective institutionalisation strategies, evaluating the available room for manoeuvre and the mechanisms necessary to transform the rules in use without compromising democratic legitimacy or legal certainty.

6. **Investigate the ecology of roles in urban innovation ecosystems:** To investigate in greater detail the transformation of professional profiles involved in experimental urban governance, beyond the urban planner-intermediary figure. This new role includes analysing changes in the functions and responsibilities of municipal technicians, political operators, neighbourhood representatives, and other ecosystem actors. A deeper understanding of this ecology of roles would allow us to understand how design, decision-making, and facilitation functions are redistributed in collaborative environments, as well as the tensions arising from the coexistence of traditional models of technical authority and emerging forms of distributed leadership.

Finally, this thesis opens a research and practice agenda focused on rethinking urban planning through urban experimentation. Far from proposing universal recipes, it defends the need to build institutional capacity for collective learning in uncertain and urgent contexts such as the current one. The city, understood as a prototype, is not only a testing ground but a field of democratic dispute over possible futures.

7.4 Final Reflections

Sustainable urban transformation requires rethinking not only the objectives we pursue, but also the ways we work to achieve them in a context deeply marked by complexity, uncertainty, and a multiplicity of actors, legacy tools, structures, and ways of working, while effective, are insufficient to address contemporary challenges. The clear distinction between public and private, between technical and political, and between formal and informal, has been replaced by a diffuse network in which multiple actors operate—many of them without direct democratic legitimacy—shaping a technocratic sphere that is increasingly influential in urban decision-making.

Given this scenario, characterised by the coexistence of information and misinformation, the acceleration of socio-environmental changes, and the emergence of new inequalities, it is essential to promote collaborative, horizontal, and deliberative work environments. Public planning and action can no longer be conceived solely from sectoral perspectives or operated through hierarchical structures that hinder adaptation and learning. On the contrary, forms of governance are required that embrace complexity as a structural condition and foster collective intelligence, listening, dialogue, and co-responsibility in decision-making.

In this context, urban experimentation is a necessity. Experimentation involves creating protected spaces for trial, error, and success, where new forms of relationship, design, evaluation, and intervention in the city can be tested. Far from being an improvised strategy, urban experimentation allows for the construction of situated learning, the anticipation of unintended effects, and the strengthening of the collective capacity to navigate uncertainty. Facing the risks associated with the ecological transition, climate justice, and urban regeneration requires innovation, and this innovation—as demonstrated throughout this research—cannot be individual or technocratic; it must be profoundly democratic, inclusive, and shared. For all these reasons, this thesis champions urban experimentation as a political and institutional practice that allows for the transformation not only of the results of public action, but also its procedures, alliances, and imaginaries. We need new ways of working because we need new ways of living and relating, and both must be built with others, in collaboration, from a perspective radically oriented toward the common good.

8. Bibliografía

Alexander, C. (2023, November). A City is not a Tree (1965). In Anthologie zum Städtebau. Band III: Vom Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg bis zur zeitgenössischen Stadt (pp. 415-423). Gebr. Mann Verlag.

Allen, L. B., & Crowley, K. (2017). Moving beyond scientific knowledge: Leveraging participation, relevance, and interconnectedness for climate education. International Journal Global Warming, 12(3/4), 299–312. Retrieved June 20, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/318078120_Moving_beyond_scientific_knowledge_Leveraging_participation_relevance_and_interconnectedness_for_climate_education [accessed Mar 14 2022].

Allmendinger, P. (2002). Planning theory. Palgrave Macmillan.

Anderson, C. (2009). Free: The future of a radical price. Random House.

Ansell, C., & Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. Journal of public administration research and theory, 18(4), 543-571.

Argyris, C., and Schön, D. (1978). Organizational learning: A theory of action perspective. Addison Wesley: Reading

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. Journal of the American Institute of planners, 35(4), 216-224.

Bandura A., (1977). Social Learning Theory. Prentice-Hall: Englewood Cliffs

Berkhout, F., Verbong, G., Wieczorek, A.J., Raven, R.P.J.M., Lebel, L. and Bai, X. (2010). Sustainability Experiments in Asia: Innovations Shaping Alternative Development Pathways? Environmental Science and Policy, 13(4): 261–271

Bishop Clair (2012) Artificial Hells: Participatory Art and the Politics of Spectatorship London: Verso.

Bishop, C. (2012) Artificial Hells: Participatory Art and the Politics of Spectatorship; Verso: London, UK.

Björgvinsson, E., Ehn, P., & Hillgren, P. A. (2012). Design things and design thinking: Contemporary participatory design challenges. Design issues, 28(3), 101-116.

Bos, J. J., & Brown, R. R. (2012). Governance experimentation and factors of success in socio-technical transitions in the urban water sector. Technological Forecasting and Social Change, 79(7), 1340-1353.

Boyle, D. & Harris, M. (2009) The Challenge of Co-production, How equal partnerships between professionals and the public are crucial to improving public services, London: NESTA. http://www.nesta.org.uk/sites/default/files/the_challenge_of_co-production.pdf (accessed 2023-03-21)

Brenner, N., Marcuse, P., & Mayer, M. (Eds.). (2012). Cities for people, not for profit: Critical urban theory and the right to the city. Routledge.

Bulkeley, H., Marvin, S., Palgan, Y. V., McCormick, K., & Frantzeskaki, N. (2015). Urban living labs: Governing urban sustainability transitions. Current Opinion in Environmental Sustainability, 22, 13–17. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.02.003

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?: a proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD), 1(1), 41-69.

Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. (2012b). The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. Journal of innovation and entrepreneurship, 1, 1-12.

Carayannis, E. G., Campbell, D. F., Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2012a). Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems: Twenty-first-century democracy, innovation, and entrepreneurship for development (pp. 1-63). Springer New York.

Carayannis, E., & Grigoroudis, E. (2016). Quadruple innovation helix and smart specialization: Knowledge production and national competitiveness. Форсайт, 10(1 (eng)), 31-42.

Coughlan, P., & Coghlan, D. (2002). Action research for operations management. International journal of operations & production management. https://doi.org/10.1108/01443570210417515

Davidoff, P. (1965). Advocacy and pluralism in planning. Journal of the American Institute of planners, 31(4), 331-338.

De Roo, G., & Silva, E. A. (2016). A planner's encounter with complexity. Routledge.

Deiglmeier, K., & Greco, A. (2018). Why proven solutions struggle to scale up. Retrieved July 9, 2022, from https://ssir.org/articles/entry/why_proven_solutions_struggle_to_scale_up#.

Diamandis, P. H., & Kotler, S. (2012). Abundance: The future is better than you think. Simon and Schuster.

Drucker, P. (2012). Management challenges for the 21st century. Routledge.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. Academy of Management Review, 14 (4), 532–550.

Elkington, J., & Rowlands, I. H. (1999). Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business. Alternatives Journal, 25(4), 42.

Emerson, K., Nabatchi, T., & Balogh, S. (2012). An integrative framework for collaborative governance. Journal of public administration research and theory, 22(1), 1-29.

Escobar, A. (2018). Designs for the pluriverse: Radical interdependence, autonomy, and the making of worlds. Duke University Press.

Escobar, A. (2020). Pluriversal politics: The real and the possible. Duke University Press.

Evans, J., & Karvonen, A. (2014). 'Give me a laboratory and I will lower your carbon footprint!'—Urban laboratories and the governance of low-carbon futures. International Journal of Urban and Regional Research, 38(2), 413-430.

Evans, J., Karvonen, A., & Raven, R. (2016). The experimental city: New modes and prospects of urban transformation. In The experimental city (pp. 1-12). Routledge.

Evans, J., Karvonen, A., & Raven, R. (2016). The experimental city: New modes and prospects of urban transformation. In The experimental city (pp. 1-12). Routledge.

Ezquerra, E. (2024). Cultivating Collaboration Capability in Sustainability Transitions (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID).

Fischer, F. (2000). Citizens, experts, and the environment: The politics of local knowledge. Duke University Press.

Frantzeskaki, N., Broto, V. C., Coenen, L., & Loorbach, D. (Eds.). (2017). Urban sustainability transitions (Vol. 5). New York: Routledge.

Franziska Ehnert (2023) Review of research into urban experimentation in the fields of sustainability transitions and environmental governance, European Planning Studies, 31:1, 76-102, DOI: 10.1080/09654313.2022.2070424

Friedmann, J. (2020). Planning in the public domain: From knowledge to action.

Funtowicz, S. O., & Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. Futures, 25(7), 739-755.

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. Research Policy, 31(8–9), 1257–1274.

Gibbons, M. (1999). Science's new social contract with society. Nature, (402): C81–84

Glaser, B., & Strauss, A. (1967). The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research.

Güell, J. M. F. (2022). Complejidad e incertidumbre en la ciudad actual: Hacia un nuevo modelo conceptual. Reverte.

Habermas, J. (1987). Teoría de la acción comunicativa I: racionalidad de la acción y racionalización social. Trad. Manuel Jiménez Redondo.

Haddad, C. R., Nakić, V., Bergek, A., & Hellsmark, H. (2022). Transformative innovation policy: A systematic review. Environmental Innovation and Societal Transitions, 43, 14-40.

Handy, C. (2016). The second curve: Thoughts on reinventing society. Random House.

Haraway, D. (2013). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective 1. In Women, science, and technology (pp. 455-472). Routledge.

Hargreaves, D. (2006) A new shape for schooling? SSAT, the Schools, Students and Teachers network. www.ssatuk.co.uk (accessed 2023-03-21)

Healey, P. (2020). Collaborative planning: Shaping places in fragmented societies. Bloomsbury Publishing.

Hooks, B. (2000). Feminist theory: From margin to center. Pluto press.

Hooks, B. (2014a). Teaching to transgress. Routledge.

Hooks, B. (2014b). Yearning: Race, gender, and cultural politics.

Innes, J. E., & Booher, D. E. (1999). Consensus building and complex adaptive systems: A framework for evaluating collaborative planning. Journal of the American planning association, 65(4), 412-423.

Innes, J. E., & Booher, D. E. (2010). Planning with complexity: An introduction to collaborative rationality for public policy. Routledge.

IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Jacob, J. (1961). The death and life of great American. Cities. New York: Vintage Books.

Kálmán, J. The Role of Regulatory Sandboxes in FinTech Innovation: A Comparative Case Study of the UK, Singapore, and Hungary. FinTech 2025, 4, 26. https://doi.org/10.3390/fintech4020026

Karvonen, A., & Van Heur, B. (2014). Urban laboratories: Experiments in reworking cities. International journal of urban and regional research, 38(2), 379-392.

Kattel, R., & Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. Industrial and corporate change, 27(5), 787-801.

Kelly, K. (2010). What technology wants. Penguin.

Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). The Action Research Planner: Doing Critical Participatory

Action Research. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2

Kemp, R., J. Schot, and R. Hoogma. 1998. "Regime Shifts to Sustainability Through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management." Technology Analysis & Strategic Management 10: 175–198. doi:10.1080/09537329808524310

Kennedy, C., Cuddihy, J., & Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. Journal of industrial ecology, 11(2), 43-59.

Lam, D. P., Martín-López, B., Wiek, A., Bennett, E. M., Frantzeskaki, N., Horcea-Milcu, A. I., & Lang, D. J. (2020). Scaling the impact of sustainability initiatives: a typology of amplification processes. Urban Transformations, 2, 1-24.

Lee, A. S. (1991). Integrating Positivist and Interpretive Approaches to Organizational Research. Organization Science, 2(4), 342-365. https://doi.org/10.1287/orsc.2.4.342

Lee, S., Olson, D., Trimi, S, (2012) Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values, Management Decision. Vol. 50 Iss: 5 pp. 817 – 831

Lefebvre, H., & Donald, N. S. (1991). The production of space.

Leminen, S., Westerlund, M., & Nyström, A. G. (2012). Living labs as open-innovation networks.

Lieberman, A. (1986). Collaborative research: Working with, not working on. Educational leadership, 43(5), 28 -32.

Lim, Y. K., Stolterman, E., & Tenenberg, J. (2008). The anatomy of prototypes: Prototypes as filters, prototypes as manifestations of design ideas. ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 15(2), 1-27.

Lind, M. (2007) The Collaborative Turn. In Taking the Matter into Common Hands: On Contemporary Art and Collaborative Practices; Billing, J., Lind, M., Nilsson, L., Eds.; Black Dog Publishing: London, UK; pp. 15–31.

Lind, Maria (2007) The Collaborative Turn. In: Johanna Billing, Lars Nilsson szerk. Taking the Matter lnto Common Hands: On Con-temporary Art and Collaborative Practices, Black Dog Publishing, 2007. London, 15-31.

Loorbach, D. (2007). Transition management: New mode of governance for sustainable development. International Books: Utrecht

Loorbach, D., Frantzeskaki, N., & Avelino, F. (2017). Sustainability transitions research: transforming science and practice for societal change. Annual review of environment and resources, 42(1), 599-626.

Loorbach, D., Frantzeskaki, N., & Thissen, W. (2011). A Transition Research Perspective on Governance for Sustainability. En null Carlo C. Jaeger, null J. David Tabara, & null Julia Jaeger (Eds.), Transformative Science Approaches for Sustainability (pp. 73-89). Springer. http://www.springer.com/environment/sustainable+development/book/978-3-642-19201-2

Lydon, M., & Garcia, A. (2015). Tactical Urbanism: Short-term Action for Long-term Change.

Manzini, E. (2015). Design, When Everybody Designs: An Introduction to Design for Social Innovation. MIT Press.

Manzini, E. (2015). Design, when everybody designs: An introduction to design for social innovation. MIT press.

Marcus, G. E. (1995). Ethnography in/of the world system: The emergence of multi-sited ethnography. Annual Review of Anthropology, 24, 95–117.

Marcuse, P. (2009). From critical urban theory to the right to the city. City, 13(2-3), 185-197.

Marvin, S., & Silver, J. (2016). The urban laboratory and emerging sites of urban experimentation. In The experimental city (pp. 47-60). Routledge.

McFarlane, C. (2011). The city as assemblage: Dwelling and urban space. Environment and Planning D: Society and Space, 29(4), 649–671.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). The Limits to Growth, Universe Books, New York. Deutsche Übersetzung von Hans-Dieter Heck unter dem Titel: Grenzen des Wachstums. Stuttgart.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (1992). Beyond the limits: global collapse or a sustainable future (pp. xiv+-300pp).

Meadows, D. (2015). Leverage points-places to intervene in a system.

Miller, T. R., Wiek, A., Sarewitz, D., Robinson, J., Olsson, L., Kriebel, D., & Loorbach, D. (2014). The future of sustainability science: A solutions-oriented research agenda. Sustainability Science, 9(2), 239-246.https://doi.org/10.1007/s11625-013-0224-6

Moore, M. L., Riddell, D., & Vocisano, D. (2015). Scaling Out, Scaling Up, Scaling Deep*: Strategies of Non-profits in Advancing Systemic Social Innovation. In Large Systems Change: An Emerging Field of Transformation and Transitions (pp. 67-84). Routledge.

Moreno-Serna, J. (2022). Systemic Collaborative Platforms: Accelerating Sustainable Development Goals Transitions Through Multi-stakeholder Convening Arrangements (Doctoral dissertation, Industriales).

NetZeroCities. Climate City Contract. 2024. Available online: https://netzerocities.app/QR-CCC (accessed on 30 May 2025).

Nevens, F., Frantzeskaki, N., Gorissen, L., & Loorbach, D. (2013). Urban Transition Labs: co-creating transformative action for sustainable cities. Journal of Cleaner Production, 50, 111-122.

Osborne, S., Radnor, Z. & Strokosch, K. (2016) Co-Production and the Co-Creation of Value in Public Services: A suit- able case for treatment?, Public Management Review. 18 (5), 639-653 Pestoff,

Ostrom, E. (1990). Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge university press.

Ostrom, E. (1996) Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development, Revista World Development, N.º 24, págs. 1073-1087

Ostrom, E. (2009). Understanding institutional diversity. Princeton university press.

Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: Polycentric governance of complex economic systems. American Economic Review, 100(3), 641–672. https://doi.org/10.1257/aer.100.3.641

Oxman, N. (2016). Age of Entanglement. Journal of Design and Science. https://doi.org/10.21428/7e0583ad

Parés, M., Ospina, S. M., & Subirats, J. (Eds.). (2017). Social innovation and democratic leadership: Communities and social change from below. Edward Elgar Publishing.

Pinkerton, E. (Ed.). (1989). Co-operative management of local fisheries: New directions for improved management and community development. Vancouver: University of British Columbia Press.

Pohl, C., Rist, S., Zimmermann, A., Fry, P., Gurung, G. S., Schneider, F., Speranza, C. I., Kiteme, B., Boillat, S., Serrano, E., Hadorn, G. H., & Wiesmann, U. (2010). Researchers' roles in knowledge co-production: Experience from sustainability research in Kenya, Switzerland, Bolivia and Nepal. Science and Public Policy, https://doi.org/10.3152/030234210X496628

Portugali, J. (2011). Complexity, cognition and the city (pp. 113-138). Berlin: Springer.

Prahalad, C. & Ramaswamy, V. (2000) Co-opting Customer Competence, Harvard Business Review. 78 (1), 79

-89.

Prato, G. B., & Pardo, I. (2016). Urban anthropology. City: History, Culture, Society, (1), 11-43.

Ravetz, I. R. (1999). What is post-normal science. Futures-the Journal of Forecasting Planning and Policy, 31 (7), 647-654Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. Policy sciences, 4(2), 155-169.

Reason, P., & Bradbury, H. (2001). Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice. SAGE.

Romero-Muñoz, S., Alméstar, M., Sánchez-Chaparro, T., & Muñoz Sanz, V. (2023). The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest. Land, 12(6), 1179.

Rotmans, J., Kemp, R. and Van Asselt, M.B.A. (2001). More evolution than revolution: transition management in public policy. Foresight, 3(1): 15–32

Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. Research policy, 47(9), 1554-1567.

Schot, J.W. and Geels, F.W. (2008). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda and policy. Technology Analysis and Strategic Management, 20 (5), 537–554

Scott, J. C. (2020). Seeing like a state: How certain schemes to improve the human condition have failed. yale university Press.

Sengers, F., Berkhout, F., Wieczorek, A. J., & Raven, R. (2016). Experimenting in the city: Unpacking notions of experimentation for sustainability. In The experimental city (pp. 15-31). Routledge.

Sennett, R. (2018). Building and dwelling: Ethics for the city. Farrar, Straus and Giroux.

Seyfang, G. (2010). Community action for sustainable housing: Building a low-carbon future. Energy Policy, 38(12):7624–7633

Seyfang, G. and Smith A. (2007). Grassroots innovations for sustainable development: Towards a new research and policy agenda. Environmental Politics, 16(4): 584–603

Shani, A. B., Mohrman, S. A., Pasmore, W. A., Stymne, B., & Adler, N. (2007). Handbook of collaborative management research (1.a ed.). Sage Publications.

Smith, A. and Raven, R.P.J.M. (2012). What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. Research Policy, 41(6): 1025–1036

Smith, A., & Raven, R. (2012). What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. Research Policy, 41(6), 1025–1036.

Soberón Mas, Miguel Ángel (2024). Enabling Collaboration for Sustainability Transitions Governance: The Role of Transition Intermediaries in Supporting the Public Sector. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Industriales (UPM). https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.83131.

Soja, E. W. (2013). Seeking spatial justice (Vol. 16). U of Minnesota Press.

Steen, K., & Van Bueren, E. (2017). The defining characteristics of urban living labs. Technology innovation management review, 7(7).

Stott, L. (2018) Co-Production—Enhancing the Role of Citizens in Governance and Service Delivery; Publications Office of the European Union: Luxembourg.

Szebeko, D. & Tan, L. (2010) Co-designing for society, Australasian Medical Journal. 3 (9): 580-590.

Torrens, J., & von Wirth, T. (2021). Experimentation or projectification of urban change? A critical appraisal and three steps forward. Urban Transformations, 3(1), Article 8. https://doi.org/10.1186/s42854-021-

00025-1

Trischler, J., Pervan, S. J., Kelly, S. J., & Scott, D. R. (2018) The value of codesign: The effect of customer involvement in service design teams. Journal of Service Research, 21(1), 75-100.

Truffer, B., Murphy, J. T., & Raven, R. (2015). The geography of sustainability transitions: Contours of an emerging theme. Environmental Innovation and Societal Transitions, 17, 63-72.

UNFCCC, O. (1992). Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. FCCC/INFORMAL/84.

Van den Bosch, S. (2010). Transition experiments: Exploring societal changes towards sustainability. PhD diss., University of Rotterdam

van Eijnatten, F. V., Putnik, G. D., & Sluga, A. (2007). Chaordic systems thinking for novelty in contemporary manufacturing. CIRP annals, 56(1), 447-450.

Vázquez, R. (2024). Vistas of modernity: Decolonial aesthesis and the end of the contemporary. Vior Webmedia.

Vidgen, R., & Braa, K. (1997). Balancing Interpretation and Intervention in Information System Research: The Action Case Approach. En A. S. Lee, J. Liebenau, & J. I. DeGross (Eds.), Information Systems and Qualitative Research: Proceedings of the IFIP TC8 WG 8.2 International Conference on Information Systems and Qualitative Research, 31st May–3rd June 1997, Philadelphia, Pennsylvania, USA (pp. 524-541). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35309-8_26

von Wirth, T., Hayek, U.W., Kunze, A., Neuenschwander, N., Stauffacher, M., Scholz, R.W. (2014). Identifying urban transformation dynamics: Functional use of scenario techniques to integrate knowledge from science and practice. Technological Forecasting and Social Change, 89: 115-130.

Voorberg, W. H., Bekkers, V. J., & Tummers, L. G. (2015) A systematic review of co-creation and co-production: Embarking on the social innovation journey. Public management review, 17(9), 1333-1357.

Voytenko, Y., McCormick, K., Evans, J., & Schliwa, G. (2016). Urban living labs for sustainability and low carbon cities in Europe: Towards a research agenda. Journal of cleaner production, 123, 45-54.

VVAA (2006) Participation, ed. Clair Bishop, Whitechapel Gallery, London.

VVAA (2010) Curating and the Educational Turn, O'Neill, Paul – Wilson, Mick. eds. London, Amsterdam, Open Editions-de Appel.

VVAA. (2006) Participation; Bishop, C., Ed.; Whitechapel Gallery: London, UK.

VVAA. (2010) Curating and the Educational Turn; O'Neill, P., Wilson, M., Eds.; Open Editions-de Appel: London, UK; Amsterdam, The Netherlands.

Weber, M. (1978). Economy and society: An outline of interpretive sociology (Vol. 1). University of California press.

Wieczorek, A.J., Raven, R.P.J.M. and Berkhout, F. (2015). Transnational linkages in sustainability experiments: The case of solar PV in India. Environmental Innovation and Societal Transitions. In Press

Wilson, B. (2022). Metrópolis. Editura Trei SRL.

Wittmayer, J. M., & Schäpke, N. (2014). Action, research and participation: Roles of researchers in sustainability transitions. Sustainability Science, 9(4), 483-496. https://doi.org/10.1007/s11625-014-0258-4

Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. Scientific American, 213(3), 178-193.

Yin, R. K. (1981). The case study as a serious research strategy. Knowledge, 3(1), 97-114. https://

doi.org/10.1177/107554708100300106

Yin, R. K. (1994). Case Study Research. Design and Methods, Applied Social Research Methods Series, vol. 5, Thousand Oaks, Sage Publications.

Yin, R. K. (2017). Case study research and applications: Design and methods. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications

Young Foundation. (2016). Making waves: Amplifying the potential of cities and regions through movement-based social innovation.

Zarei, M. H., Carrasco-Gallego, R., & Ronchi, S. (2019). To Greener Pastures: An Action Research Study on the Environmental Sustainability of Humanitarian Supply Chains. International Journal of Operations & Production Management, 39(11), 1193-1225. https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2018-0703

Zellner, M., & Campbell, S. D. (2015). Planning for deep-rooted problems: What can we learn from aligning complex systems and wicked problems?. Planning Theory & Practice, 16(4), 457-478.

Anexo I

Compendio de artículos científicos

1. Artículos científicos principales de la tesis

Artículo A1

(Un)Likely Connections between (Un) Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project

Cita:

Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S.; Mestre, N.; Fogué, U.; Gil, E.; Masha, A. (Un)Likely Connections between (Un)Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project. Land 2023, 12, 1145. https://doi.org/10.3390/land12061145

Journal: MDPI Land

Ranking Scopus based on SJR (Scimago Journal & Country Rank):

+ **SJR Index**: 0.73
+ **H index**: 71
+ **Cuartil**: Q1
    + Ecology: Q1
    + Nature and Landscape Conservation: Q1

land

MDPI

Article

(Un)Likely Connections between (Un)Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project

Manuel Alméstar [1,2,*], Sara Romero-Muñoz [3], Nieves Mestre [1], Uriel Fogué [1], Eva Gil [1] and Amanda Masha [4]

[1] Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; mariadelasnieves.mestre@upm.es (N.M.); uriel@elii.es (U.F.); eva@elii.es (E.G.)
[2] Climate-KIC Holding B.V., 46980 Valencia, Spain
[3] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; sara.romero@upm.es
[4] Instituto Mutante de Narrativas Ambientales, 28040 Madrid, Spain; amanda.masha@network.rca.ac.uk
* Correspondence: manuel.almestar@upm.es; Tel.: +34-646571955

Abstract: NBS provides the technical basis for adaptation to climate change, and co-creation is the vehicle for the co-production of knowledge and innovation, both forming a strong binomial for the UE Green Infrastructures Strategy. Nonetheless, one of the main challenges for the implementation of effective co-creation strategies is the incorporation of knowledge from diverse social systems. Knowledge production has been approached through different methodological models, such as the quintuple helix innovation by Carayannis, or the diffuse/expert knowledge model by Manzini. These theoretical models are based on linear knowledge transfers, without sufficiently depicting alternative knowledge flows among (un)conventional actors. In view of these limitations, the research proposes a third strategy: the KREBS cycle of creativity defined by Oxman is a conceptual map capable of describing knowledge transfers across the four modalities of human creativity (i.e., science, engineering, design, and art). Providing sufficient "creative energy" in a co-creation process would guarantee the successful production of knowledge. Thus, the research seeks to illuminate different co-creation strategies to promote "creative energy" in the design of the Cyborg Garden (CG) in Madrid, giving a novel application to Oxman's methodological framework based on the Carayannis's and Manzini's models.

Keywords: KREBS cycle; co-creation; creativity; knowledge; QHIM; art/science; NBS

check for updates

Citation: Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S.; Mestre, N.; Fogué, U.; Gil, E.; Masha, A. (Un)Likely Connections between (Un)Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project. *Land* **2023**, *12*, 1145. https://doi.org/10.3390/land12061145

Academic Editors: Thomas Panagopoulos and Vera Ferreira

Received: 28 April 2023
Revised: 21 May 2023
Accepted: 27 May 2023
Published: 30 May 2023

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

> "*Why a Cyborg Garden? Planting trees won't solve the problem?*" (Extracted from the first working session of the Cyborg Garden project (30 May 2018)).

In June 2013, the *European Commission* (EC) launched the *Green Infrastructures Strategy* (GIS) [1] with the aim of promoting the use and development of *nature-based solutions* (NBS), defined as actions inspired by, supported by, or copied from nature, to address environmental, economic, and social challenges linked to climate change [2]. From then on, the programme has invested more than EUR 926 million in one hundred thirty-six projects [3]: one hundred and ten NBS-related projects, seventeen GI projects and nine linked to both (Appendix A). These projects explore and validate their direct benefits such as CO_2 compensation, or regulation of urban microclimates, as well as indirect benefits such as contributing to health, well-being, and job creation, among others [4]. These projects are characterised by their ability to integrate multiple stakeholders, as well as integrate knowledge from multiple disciplines, based on local contexts [5]. This allows NBS implementations to be tailored to social needs, increasing citizen ownership, fostering empowerment, and building stronger and more collaborative long-term relationships [5,6].

Following this social trend, the *New European Bauhaus* (NEB) was created in September 2020 to boost the cultural dimension of the sustainable transformation of cities and towns across Europe [7]. Under the principles of sustainability, inclusion, and beauty [8], the program promotes the production of transdisciplinary and creative knowledge through co-creation processes [8] designed to strengthen social cohesion and community engagement, cultural values associated with nature, their potential for education and interpretation, as well as the capacity to co-create collective narratives to raise awareness about climate change [4,5,9].

In this way, NBS and co-creation are a strong couple for GIS implementation (Appendix B), with NBS providing the support basis for climate change adaptation, and co-creation being the tool for a joint production of knowledge and innovation. One of the main challenges is to implement effective co-creation strategies that integrate knowledge from all social systems and produce new knowledge for successful GIS.

Knowledge production has been approached through different methodological models in the scientific literature of social innovation. Elias Carayannis's model synthesizes the interaction among education, political, economic, environmental, media-based and culture-based systems in the *Quintuple Helix Innovation Model* (QHIM) [4,10–12]; on the other hand, Ezio Manzini proposes the entanglement of two types of agents—referred to as designers—providing either expert or diffuse knowledge [13]. However, these theoretical models are based on linear knowledge transfers (synergies and complementarities), while not sufficiently depicting alternative or discontinuous knowledge flows among (un)conventional actors and organisations within the ecosystem.

In view of these limitations, this article proposes a third strategy. The *KREBS cycle of creativity* (KCC), proposed by Neri Oxman [14], is a conceptual map able to describe the perpetuation of creative energy and knowledge exchange across the four modalities of human creativity—science, engineering, design, and art—with the role of art being "questioning human behaviour and creating awareness of the world around us" [14]. Providing sufficient creative energy in a process of co-creation would ensure the successful production of knowledge.

Therefore, this article seeks to bring to light different co-creation strategies for the promotion of "creative energy" through art-driven NBS processes, giving novel application to Oxman's methodological framework. To this end, the *Cyborg Garden project* in Madrid (CG) is enabling the following targets: presenting and discussing the art/NBS co-creation strategies implemented; identifying the critical factors and lessons learned from the co-creation process; and depicting the knowledge transfers between stakeholders, as well as their tensions and synergies during the art/NBS co-creation process. All of these are fundamental elements for the model's replicability in other contexts.

The article is organised into six sections: Section 2 describes both the materials and the theoretical frameworks that feed the research, including the research methodology and the criteria for solving the posed questions; Section 3 presents the systematisation of the CG case study; Section 4 presents the main findings, Section 5 the discussion, and finally, Section 6, the main conclusions.

2. Materials and Methods

The study has been conducted by five researchers involved in the implementation of the CG project between May 2018 and July 2019, and includes the perspectives of an external observer. The discussion has received feedback from several stakeholders from the EU's EIT Climate-KIC *Madrid Deep Demonstration Platform* (MDD) [4,15], amplifying the creative potential of the aforementioned case study [16]. The participants of this research project have reviewed and validated the final version of this paper. The following sources were analysed for triangulation purposes: (1) key documentation related to project activities: project proposals, terms of reference, working documents, and project reports; (2) direct and indirect observations: workshops, notes and audios of the meetings, and project reports; and (3) continuous monitoring and feedback with facilitators of the CG project and MDD platform (Supplementary Information).

2.1. Materials: Theoretical Framework

The theoretical framework guiding the analysis of our case study contains various approaches to co-creation from the fields of social sciences and social innovation, specifically: (1) the four main principles of co-creation as defined by Stott, namely, inclusion, reciprocity, innovation, and added value [17], and further contributions from the field of arts; (2) the quintuple helix innovation model [4,10–12] defined by Carayannis to identify knowledge exchange between the five systems interacting in the sustainable development of society; and (3) the KREBS cycle of creativity defined by Oxman [14], a tentative mapping for descibing the perpetuation of creative energy and knowledge across the four modalities of human creativity.

Co-creation is a process of collaboration and active participation among different actors with the objective of generating value. It implies a relationship of equality based on transparency, dialogue, and trust [18]. The conceptual difference of co-creation, with respect to other strategies presented in the Appendix C, is that the co-creation provides for people to transcend their traditional roles as mere subjects and become true partners, giving them the status of co-designers [19,20], through any creative process conducive to novel experimental services or products [7,20–23]. This paradigm shift involves a new form of governance, one where multiple stakeholders contribute to public services, fostering improved customer choice and enabling experimentation with various services and products [20]. This transformation is driven by a process of collaboration and active participation among diverse actors coming from different backgrounds [18]. Their common objective is to generate value through a relationship of equality, which is established on the pillars of transparency, dialogue, and trust [18]. By embracing this inclusive approach, society is paving the way for a more dynamic and participatory future [19].

Co-creation processes are vital tools for understanding community expectations and perceptions, co-exploring alternative solutions, and generating added value for all participants [17]. Stott systematised these concepts in the four principles for co-creation: (1) inclusion, related to the integration of different user groups as partners in the whole process, the support given to the participation and empowerment of stakeholders, and the incorporation of social, economic and environmental approaches to the project; (2) reciprocity, related to the recognition that all stakeholders bring knowledge, mutual benefit and shared learning; (3) innovation, related to the changes proposed by the co-creation process regarding the product, the process, its paradigm, the learning developed and the capacity to test and experiment; and finally, (4) added value, related to the impact of the co-creation process, its capacity to foster dialogue and cooperation among stakeholders, the systematisation of the methodology applied, and the promotion or alignment with governmental policies [17] (See Figure 1).

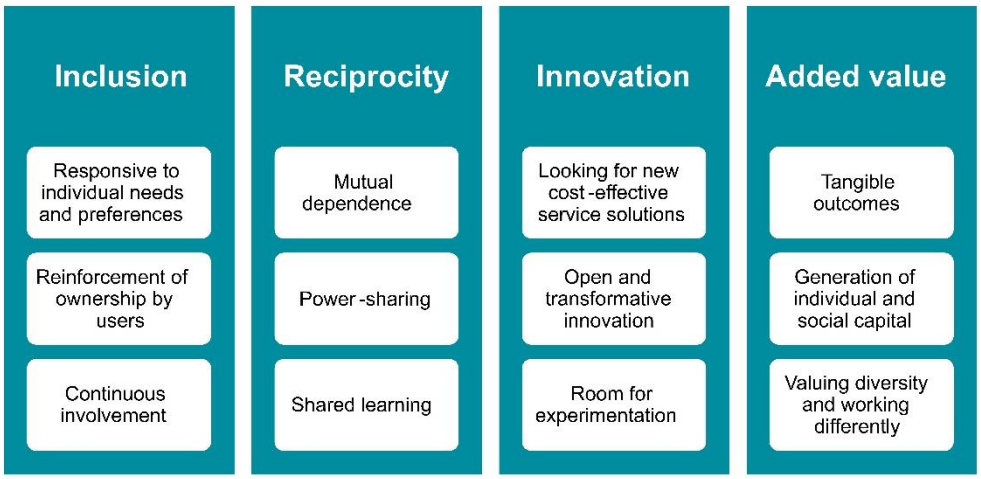


Figure 1. Four co-creation principles, based on Stott [17].

The social dimension of co-creation has also been described from the specific context of artistic practices and artistic collaboration. Maria Lind [24], similarly to other authors, describes collaboration as "an open-ended concept that predominantly offers two ways for participation: in the case of cooperation, the partners obtain a mutual benefit; with participation, members may only shape the unfolding of a situation, the framework of which is predefined by the artist or someone else" [24]. In the same thread, Claire Bishop [25,26] outlines three main motivating sources for co-creation in artistic practices: (1) to introduce social or political empowerment of the subject; (2) to question authorship by introducing collectivism; and (3) to foster community responsibilities in times of endangered social relations. Curators such as Paul O'Neill [27] connect such practices to an "educational turn", a tendency in contemporary art since the second half of the 1990s, moving the emphasis from the object-based artwork towards alternative pedagogical methods that allow for knowledge exchange through art.

The implementation of co-creation processes should be developed through enabling strategies or methodologies, and guided by agents able to foster collaboration and governance, contribute to the construction of a shared vision, promote dialogue, and address the eventual communication issues between stakeholders. These agents are the facilitators or intermediaries [28–30]. The scientific literature has made progress in identifying different types of intermediaries, synthesising their various functions as well as the dynamics of their intermediary ecosystem, and conceptualising the potential influence of intermediaries beyond one-to-one relationships, looking to higher levels of the system [31]. However, while there is consensus on the importance of the roles of intermediaries, there is a lack of clarity on when an interaction can be classified as intermediation, where it starts, and where it ends [30].

The QHIM model describes the circulation of knowledge and its transformation into innovation and know-how among five systems [4,10–12,32–37]. These systems are: (1) the education system: the main producer of knowledge [10], and associated with academia/universities (e.g., scientists, teachers, and higher research) and schools [4]; (2) the political system: associated with state/government knowledge (See Figure 2), it has the function of developing innovation systems at different scales to support the other systems [10]; (3) the economic system: focuses on the "economic capital", and is associated with industry and corporate interests [33]; (4) the media-based and culture-based system: the social knowledge attached to territorial and cultural realities which implies the democratisation of knowledge, making it more accessible and closer to citizens [32–34], it is associated with society, media, creative industries, culture, and art; and finally (5) the environmental system: associated with ecology, environmental protection, the critical challenges for the preservation, survival, and vitalisation of humanity, and its capacity to be a driver of knowledge and innovation [11,12,33,35–37].

The QHIM model is complementary to Ezio Manzini's [13] proposal on design process, with agents providing expert knowledge and diffuse knowledge. Manzini takes the premise that "everyone has the ability to design, but not everyone is a competent designer, and few become a professional designer" [13] (p. 47). He therefore proposes two profiles, that of diffuse design, which is implemented by "inexperienced" people who make use of their natural knowledge, and on the other hand, that of expert designers, who have competent knowledge based on a specific culture, and the management of a set of tools that helps them to understand the state of the art in order to support the design process [13]. For Manzini, knowledge comes from different sources of knowledge, as it does for Carayannis, who proposes an interdisciplinary model positioned between the different systems of society; therefore, both frameworks of analysis recognise people as assets for knowledge generation, the value of working differently and with different actors, and the promotion of reciprocity and shared learning. Nevertheless, these theoretical models are based on linear knowledge transfers (synergies and complementarities), without sufficiently depicting alternative or discontinuous knowledge flows among (un)conventional actors and organisations within the ecosystem.

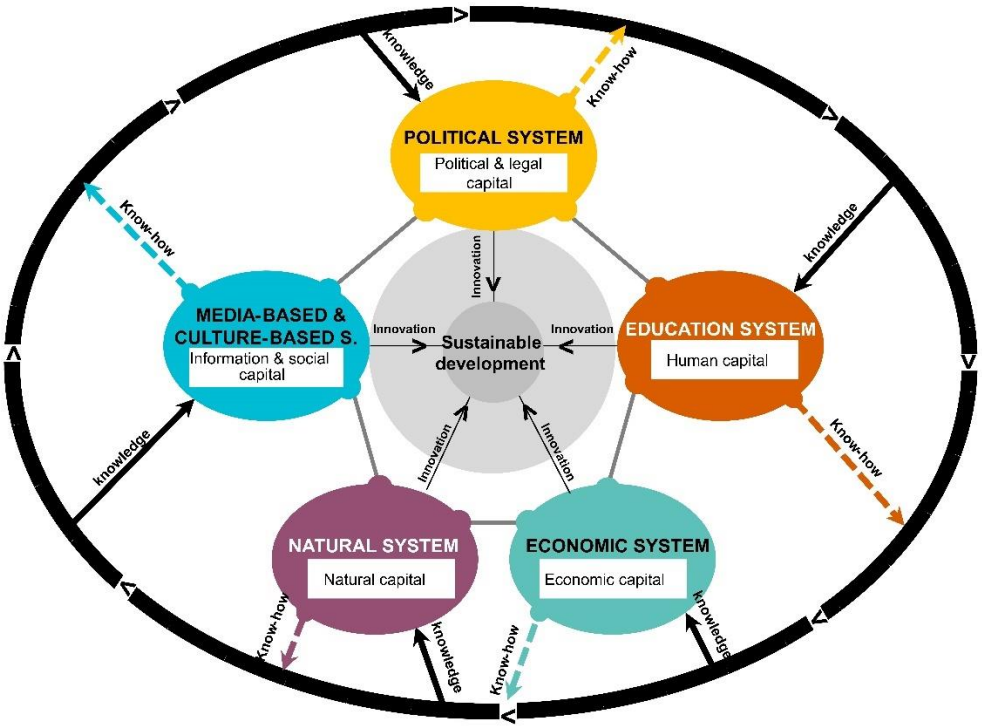


Figure 2. QHIM Model by Carannys [33].

In view of these limitations, *KREBS cycle of creativity* (KCC) by Neri Oxman [14] proposes a conceptual mapping to describe the perpetuation of creative energy and knowledge across the four modalities of human creativity based on Rich Gold's matrix [38]: science, engineering, design, and art. Oxman's hypothesis builds on the metabolic cycle proposed by Sir Hans Adolf Krebs in 1937 to explain the chemical reactions implied in cellular respiration of aerobic cells, including energy stored in the form of *adenosine triphosphate* (ATP) [39]. In this analogy, the four modes of human creativity replace the carbon compounds of KREB by developing a function in four successive iterations: science explains and predicts the world around us, thereby transforming information into knowledge; engineering applies knowledge to the development of solutions, thereby transforming knowledge into utility; design creates solutions that maximise function and enhance individual experience, thereby transforming utility into behaviour; and finally, art questions human behaviour and creates awareness of the world around us, thereby transforming behaviour into new perceptions of information [14] (See Figure 3). Oxman's map establishes that this "creative energy" within one domain allows for an easy transition to another, whereby "knowledge can no longer be ascribed to or produced within disciplinary boundaries, but is totally entangled . . . here one domain can incite (r)evolution within another" [14]. Ass to this creative energy, Oxman calls it *creaATP*.

Both the QHIM model and the KCC map are based on innovation and creativity as catalysts for knowledge exchange. The circulation of knowledge continuously stimulates the production of new knowledge so that all systems influence each other and promote the continuity—or perpetuation—of knowledge through further innovations [33]. On the other hand, in the Oxman map, knowledge can have multiple sources, such as science, engineering, design, and art. Oxman claims the validity of non-applied knowledge, which is equivalent to Manzini's diffuse-design knowledge [13].

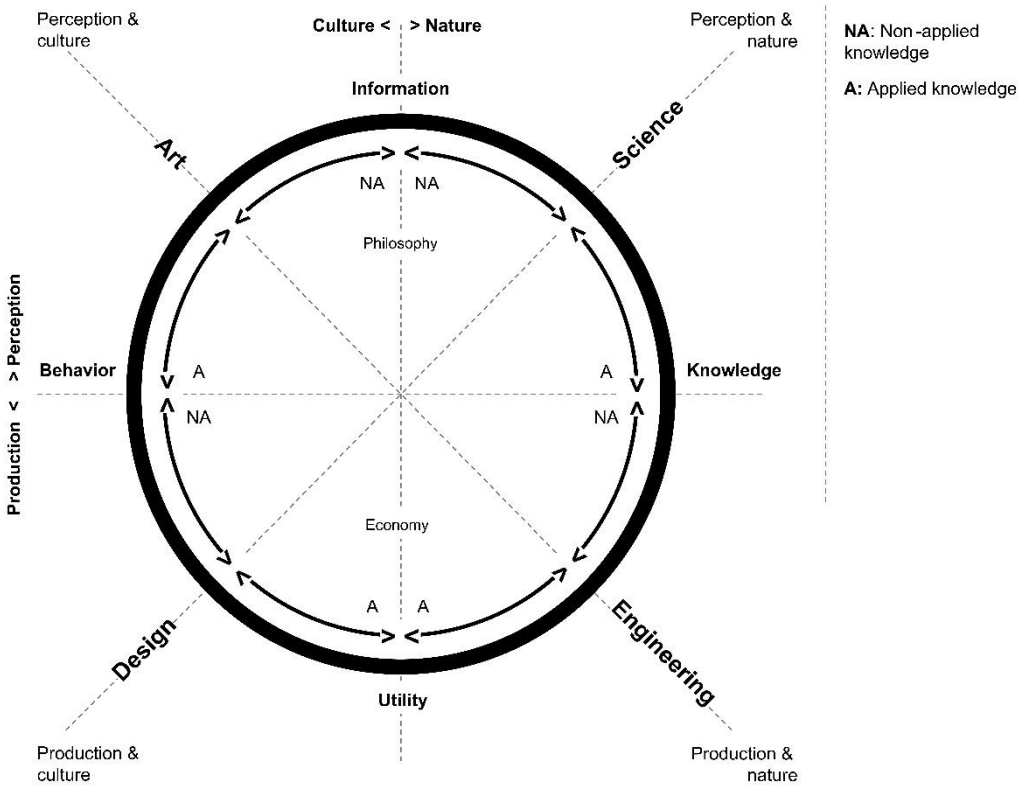


Figure 3. KCC map by Oxman [14].

2.2. Methods

This research project conducts a case study of the CG project within the MDD platform [4,15]. According to Yin [40], case study research is often adopted to understand complex social phenomena based on a variety of data sources [40]. Therefore, the study makes a triangulation of a range of data sources to corroborate the findings in a robust manner [40]. On the other hand, this study is also framed as a collaborative research project, or action-case study [41]. This is particularly appropriate for researching systemic partnerships that are sustainability-focused. While the formation of partnership arrangements is rigorous and complex in the academic literature, the long-term understanding of partnering in the field is frequently lacking [41–43].

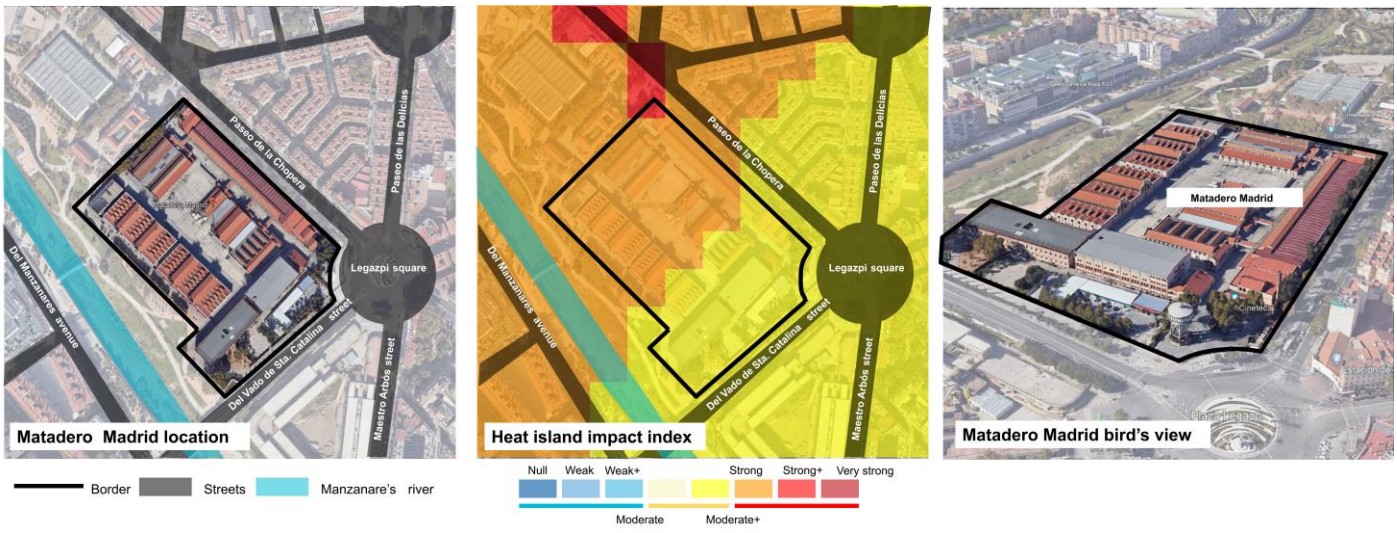
This article identifies the co-creation methodologies implemented and analysed, based on the co-creation principles by Stott. Additionally, the study depicts a graphic analysis of the knowledge exchanges established by the actors during the NBS co-creation process by correlating the QHIM model and the KCC map. These maps, developed for each of the co-creation sessions, show the participants (with expert or, alternatively, diffuse knowledge, as based on Manzini), their respective systems (based on the QHIM model), the knowledge transfers (i.e., weak, strong, directional, or bidirectional) between actors and systems, the overlap of systems in Oxman's quadrants, and the knowledge flow developed in each session.

3. Case-Study: The Cyborg Garden Project at the Madrid Deep Demonstration Platform

In April 2018, the Madrid City Council and several local partners—including Universidad Politécnica de Madrid, through the Centre for Innovation in Technology for Human Development (itdUPM) and the Center for Contemporary Creation "Matadero Madrid"—launched a collaborative platform—initially in the form of a Living Lab [44]—with the aim of accelerating municipal actions and political plans related to climate change challenges in Madrid. In October 2019, this platform was reinforced through the Deep Demonstration program (DD), promoted by the EIT Climate-KIC, and incorporating collaborative ways

of working, agile organisational methods, a portfolio of experimentation, and a series of services interconnecting the city with experiences and learning at the national and European level [15]. The MDD portfolio of projects invested in three areas of interest: mitigation through mobility projects, monitoring of CO_2 emissions, and urban greening through NBS demonstrators.

One of the areas of experimentation in the MDD portfolio was thus driven to urban greening with the aim of co-creating and prototyping scalable interconnected NBS interventions, breaking down systemic levers such as public policies, financing instruments, governance models, and new environmental narratives [4,15]. In this multi-stakeholder framework, Matadero Madrid headquarters (Figure 4) was presented as a test-bed for the design of the CG project [45]. The endeavour was to develop a series of replicable NBS prototypes developed within a co-creation process to alleviate the increasing effects of Madrid heat island at the arid public space of Matadero Madrid [46]. While developing prototypes of high technical and scientific rigour, art was positioned at the centre of the CG project to drive unconventional narratives and knowledge transfers, and to involve citizens into ecological problems, and to foster empathetic relationships with the environment.



(**a**) (**b**) (**c**)

Figure 4. (**a**) Location map, (**b**) vulnerability index [47], and (**c**) bird's-eye-view picture of the Center for Contemporary Creation "Matadero Madrid".

For this assignment, the project curators *elii* [architecture office], supported by the itdUPM facilitation team, implemented a series of working groups based on a collaborative methodology. The co-creation process of the CG was developed at three levels: (1) defining the itinerary of interactions, (2) composing knowledge, and (3) the technical development of the prototypes [45]. The development of the working groups was conceived as an iterative process of learning and incorporation of knowledge from many areas with the aim of answering the design brief. Over the course of 14 working tables and with the participation of 30 participants, the working groups reached a consensus on the main technical objectives of the prototypes: reduce local temperature, increase environmental humidity, improve air quality, increase biodiversity, and raise public awareness of the climate crisis. Knowing these objectives, a series of criteria were established for the selection of the artists who would lead the prototypes. The selection criteria for the artists, as developed by the MDD ecosystem, was based upon aspects such as their multidisciplinary approach, openness to multi-stakeholder collaboration, and previous works on the field. The co-creation process was enriched by stakeholder contributions developing specific sessions regarding public policy, the conditions of the Matadero as a heritage space, intellectual property, and technical development of the prototypes, among others (Figure 5).

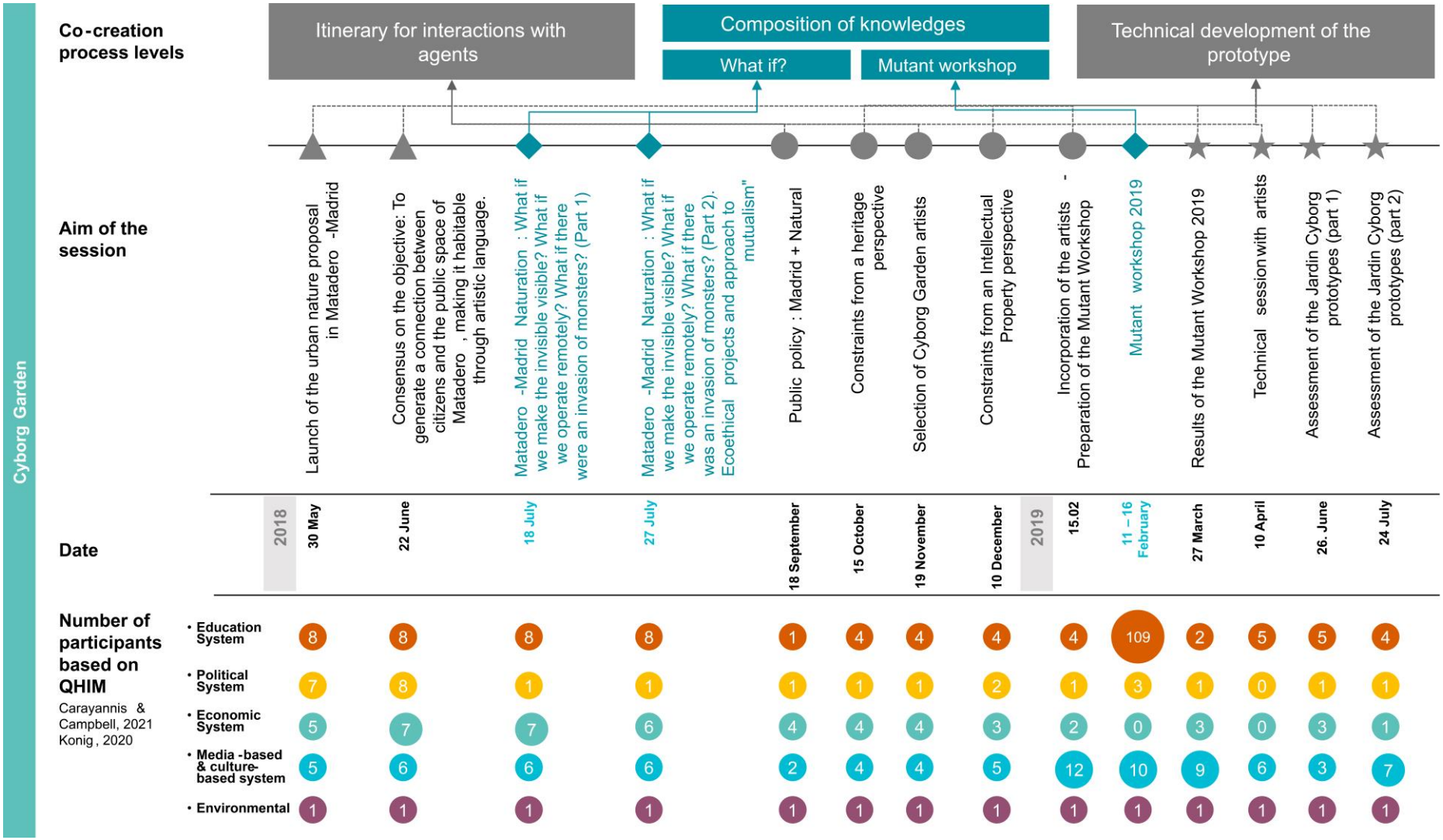


Figure 5. Systematisation of the working groups and co-creation sessions of the CG project (See meeting notes in the Supplementary Information) [12,36].

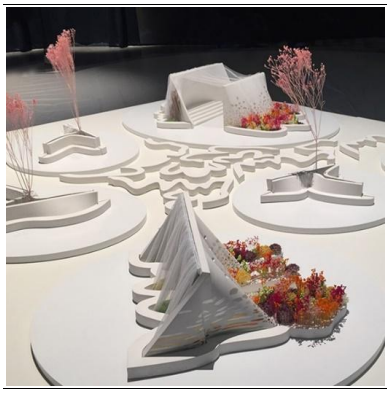
Throughout the process, two co-creation methodologies were proposed; the first was labelled as *What if*, a disruptive approach based on science fiction; and the second, called *Mutant Workshop*, planned as a 6-day event curated by a series of artists gathering students from 12 design schools in Madrid, incorporating more than 100 design students. The purpose of both methodologies was to understand the problem in all its complexity: integrating knowledge, producing transdisciplinary knowledge, and defining prototypes from a holistic approach.

The results of the co-creation process led to a broad range of proposals for the *Cyborg Garden* such as: (1) "Plants also look at the stars", led by the collective UH513, who presented a series of sculptures covered with vegetation in the form of green roofs, and vertical gardens with technological devices, aiming to expand our sensorial capacities to understand the language of plants; (2) the "Fruits of Matadero", led by a bio-designer with a doctorate in computer science, Orkan Telhan, whose cyborg fruits with probiotics helped visitors to combat the effects of summer heat, developing a different approach to the climate change issue, moving from attending the public space towards redesigning the metabolism of humans in the public space; (3) "Hidden in Plain Sight", designed by *Double Happiness* as urban green furniture addressed to insects, the "other" inhabitants of Matadero Madrid, and crucial in its ecosystem's dynamics; and finally (4) "The garden of romantic crossovers" by the team of architects TAKK, composed of a series of shaded living spaces, activating new ethological forms based on desire (See Table 1).

Table 1. Cyborg Garden Prototypes [46].

Prototype	Lead Artist of the Proposal and Concept
	UH513 | Plants also look to the stars The proposal consists of the design of an interactive garden made up of new cyborg species: large sculptures that form an optimal habitat for both plants and humans, but which also form an inter-species communication system. By means of integrated sensors, these organic-looking species measure the biochemical processes of the plants in the presence of humans, other living beings, or stimuli from the surrounding environment. All this information is processed and translated into vibrations, movements, and sounds, inviting visitors to perceive the behavioural patterns of the plants and to understand what these artists call the "language of the plant world", which could not be perceived without the help of robotic systems, due to the limitations of the human perceptual system.
	Orkan Telhan | Fruits of Matadero The proposal focuses on the idea of "fruit" as an opportunity to generate an encounter in the public space. Telhan proposes an oasis of palm trees that, in addition to generating shade and rest areas in the public space, produces "fruit" in the form of ice lollies for citizens, made with probiotic ingredients. For Telhan, the popsicles are cultural icons that, apart from relieving the heat, evoke memorable moments together with others, appealing to the collective nature of the climate challenge. The "fruits of Matadero" will be produced in three flavours corresponding to the different degrees of climate change foreseen in the Paris Agreement for the coming decades (current: 2.7–3.7°, promised: 1.5–2 °C, anticipated +4 °C).

Table 1. *Cont.*

Prototype	Lead Artist of the Proposal and Concept
	**Double Happiness | Hidden in Plain Sight** The proposal highlights the importance of insects as active agents of urban life. After identifying some of the most important species of butterflies and moths in the area, Double Happiness proposes a series of basic units that integrate urban green furniture with rest and recreation points, creating a habitat that will support a wide network of interdependent species, both human and non-human.
	TAKK | The garden of romantic crossovers The proposal consists of the development of living spaces that participate in local biodiversity, activating new ethological forms based on desire. This prototype proposes a scenario for experimenting with the relationships (material, constructive, aesthetic, etc.) of humans with other species in times of climate change. It is configured on the basis of a pergola suspended on a light structure that aims to generate a microclimate that favours the encounter of different species.

The Cyborg Garden was presented, together with the work of 40 other artists and architects, in the International Exhibition *EcoVisionaries*: *Art for a planet in a state of emergency*, from 14 June to 6 October 2019 at Matadero Madrid [48]. This exhibition was designed as a meeting space where dialogue and listening could continue, in order to build strategies around climate change. Thus, the exhibition space of the Cyborg Garden was designed as an agora in which visitors to the exhibition could participate in different dialogues led by the MDD ecosystem (See Figure 6).

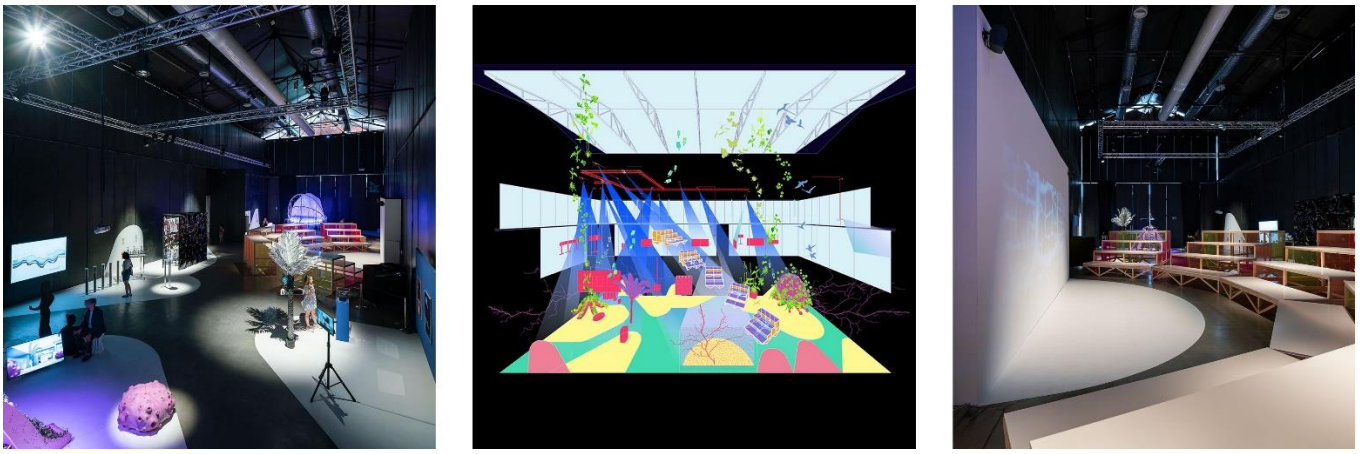


Figure 6. Setup of the Cyborg Garden exhibition space at the International Exposition *EcoVisionaries: Art for a planet in a state of emergency.* (See details on the co-creation sessions, prototypes, and images in the Supplementary Information.)

4. Results

4.1. Art/NBS Co-Creation Strategies to Enhance Creative Energy for Knowledge Production

The Cyborg Garden case study presents two novel co-creation strategies that activate participants' creativity. The artistic approach as a kick-off for the development of NBS prototypes allows participants, coming from different social systems and diverse forms of knowledge, to collaboratively build unexpected results, making for proposals that would be difficult to obtain from a linear and purely scientific approach. Below we present the two strategies developed:

- **What if:** This methodology is driven by the suspension of typical common-sense logics, searching through the development of speculative practices. It allows for the approaching of the problem far from ready-made solutions, and questioning everyday matters throughout art. The method was first employed by Joanna Russ (1937–2011), a feminist science-fiction writer, and by Samuel Delany (1942), to nudge the reader into self-questioning what is possible and impossible. In this framework, three questions were posed to the CG ecosystem of actors, as follows:
    - *What if we make the invisible visible:* Visible? Why should sight take precedence over the other senses? Are future generations invisible? Who are the invisible inhabitants of public space? Can we make visible the knowledge of the invisibles?
    - *What if we operate by remote control:* What is remote control operation and how does it affect our actions on different temporal and spatial scales? How does remote control relate to the concepts of distance, automatic, and directed in the context of Matadero Madrid? If distance implies isolation, are we an island? Who are the current and future inhabitants of the island and how do they relate to their environment? What are the implications and outcomes of rapid disconnection for becoming a self-sufficient island? What does it imply for Matadero Madrid to be a self-sufficient island in terms of resources (e.g., water catchment, soil preparation, composting, energy and food self-sufficiency)? How will the governance system of the island be carried out during the implementation of the off grid system in 5 years, and who will make the decisions?
    - *What if there was an invasion of monsters:* What is the scale of the invasion? minimal or extensive? What is the type of invasion: visible or silent? How is the invasion going to take place: little by little or immediately? The fact that Matadero Madrid is a heritage site is the real monster? How to operate from curiosity towards the "monstrous"? Where is the role of art in this invasion?
- **Mutant workshop:** The *Mutant Workshop* was proposed as a milestone to consolidate the design progress and to include new approaches. In collaboration with artists and design students, these workshops explored the possibilities of co-creation in the field of art-science. The design brief outlined the technical and perceptual possibilities of climate adaptation through the CG artistic perspectives (See Table 2).

The UH513 team worked with sensors and "wearable technology", focusing on the body as a sensitive element that is able to react against specific physical stimuli. UH513 proposal seeks perspectives on the way plants react to environmental conditions, translating their reactions into knowledge perceptible by the human, including what plants feel under certain environmental circumstances. In addition, this team proposed a project for a device operated by a mathematical algorithm able to interpret the reaction of plants towards solar radiation excess and transform it into movement.

Table 2. Methodological approaches for the Mutant Workshops [45].

Artists	Approach
UH513	Novel visualisations of our immediate environment through the incorporation of sensors to amplify the limited human receptive system, thus re-signifying our immediate environment.
Orkan Telhan	A range of cosmologies (and worldviews) to generate alternative realities, working through three logics—evolution, accumulation, and computation—interrogating through a design-led language to see how (or if) they can manifest new socio-political, biological and environmental realities.
Double Happiness	An enquiry from the non-human, asking how to reconstruct the imaginary of insects and arthropods, not as pests to be controlled, but as a fundamental part of our living world; how we can design our urban spaces to include the micro-world of insects as well as their interdependent species.
TAKK	The construction of a device which, like the "cabinets of curiosities", will organise, archive, and exhibit the different research outputs produced during the workshop. This device should allow a clear reading of the collected materials, without proposing unique or closed reading modes.

The team led by TAKK presented a *Cabinet of Curiosities*, the result of an exhaustive search for different material findings, such as green elements, rubbish or remains of past actions. The team designed and fabricated an installation based on wooden slats and small glass containers that, in the manner of a taxonomizing device, enabled the classification of the set of evidence collected, offering a portrait of the urban nature of Matadero.

Joyce Hwang and Nerea Feliz, in *Double Happiness*, together with their students, explained the relevance of insects as those "other" inhabitants of Matadero, often neglected and yet crucial to the functioning of urban ecosystems. After various analyses such as site mapping and thermography-based solar incidence, the team demonstrated architectures designed for non-humans, and based on mutualistic principles.

Orkan Telhan's team presented a collection of species for a potential garden, halfway between the natural and the artificial, around a reflection on what is socially considered natural and organic, versus artificial and technological, putting the focus of the debate on ecosystemic, sustainable and environmentally friendly processes. The team thus experimented with building materials made from biological sources, such as making bricks from fungi or a cellulose solution from which a shade structure could self-grow.

As presented in the theoretical framework, co-creation must integrate four principles: inclusion, innovation, reciprocity, and added value [17]. In the following, we present the analysis of the two strategies implemented in the Cyborg Garden with respect to the four principles mentioned above.

- **What if:** Related to inclusion, this strategy established an interdisciplinary network, bringing together a heterogeneous group of agents linked to design, research, and public policy. In addition, collaborators who had worked in recent years at Matadero Madrid were incorporated, as well as both human (citizen associations) and non-human (usually neglected) collectives. An online platform to share knowledge was set up to make accessible all the generated information.

As to innovation, the design object itself proposed a typological innovation: the Cyborg Garden. The Cyborg Garden was understood as a meeting space between different species, and it would work as a complex technological, biological, and environmental hybrid. Thanks to the "what if" strategy and an iterative co-creation process, the multidisciplinary team was able to provide complex answers. In this sense, suspending the typical logic of common sense allowed the different stakeholders to exchange knowledge for the benefit of the prototypes, reaching developments that would not have been possible without this co-creation strategy. Given the experimental nature of the process, a system

of technical evaluation and implementation of improvements over time was envisioned, making successful and unsuccessful ideas enormously productive parts of the process.

Regarding reciprocity, the stakeholders participated in open working groups. The role of the facilitators was crucial to ensure the horizontality of the process. During the development, the common interests and objectives of the participants were updated. Additionally, the facilitating team ensured the interrelation between the actors to meet the technical needs of the prototypes.

Finally, related to added value, wind and solar exposure gauges were installed at strategic points in Matadero Madrid to measure conditions before and after the intervention. In addition, a specific software program was used to model the climatic conditions of the complex and to support decision-making during the design. It is important to mention that this methodology fostered dialogue and cooperation between the different actors involved in the whole process of co-creation, evaluation, and feedback. Finally, the applied methodology was systematised for replication in other contexts and by other ecosystems.

- **Mutant Workshop:** Related to inclusion, the workshops were developed in a choral way between the selected artists and the almost 100 students from 12 design schools in the city. The results were put on display at a public event in an Open Studio where attendees were able to gain knowledge about the ideas and prototypes first-hand. Throughout the different sessions, the artists and facilitators promoted the empowerment of the students by encouraging them to develop prototypes that could feed into the final prototypes of the Cyborg Garden.

As to innovation, the different positions of artists, students, experts, and attendees helped to reframe the problem of the climate crisis and the scope of the NBS. It became clear that it is necessary to reframe the ways of dealing with the climate crisis in order to adapt our daily life to a new ecological paradigm.

Regarding reciprocity, the workshops brought together a wide variety of profiles, despite the fact that all the participants were only linked to design-related specialities. The divergent points of view of the participants made it possible to address, in a complementary way, the different issues defined at the working tables.

Finally, related to added value, the results of the workshops were presented in a clear and tangible way to all stakeholders at different levels.

Both methodologies implemented and fostered a dialogue with other institutions, such as the Deputy Direction for Energy and Climate Change of the Department of Environment and Mobility (Madrid City Council), the Spanish Climate Change Office, the Official Association of Architects of Madrid (COAM), and the World Forum on Urban Violence and Education for Better Living Together and Peace.

4.2. Knowledge Transfers, Tensions, and Synergies Found through the Art/NBS Co-Creation Process

The application of the "*what if*" co-creation strategy to the case study (Figure 7) shows that the circulation of knowledge, in contrast to the original clock-based approach, is depicted as ribbon-like shapes (in the graphs, black lines). This circulation of knowledge is mainly placed among the environmental, media-based, culture-based, education and political systems occurring in the upper quadrants linked to art and design. To a lesser degree, the economic system has provided knowledge to the ecosystem through interrelation and/or overlapping with other systems, for example with the media-based system.

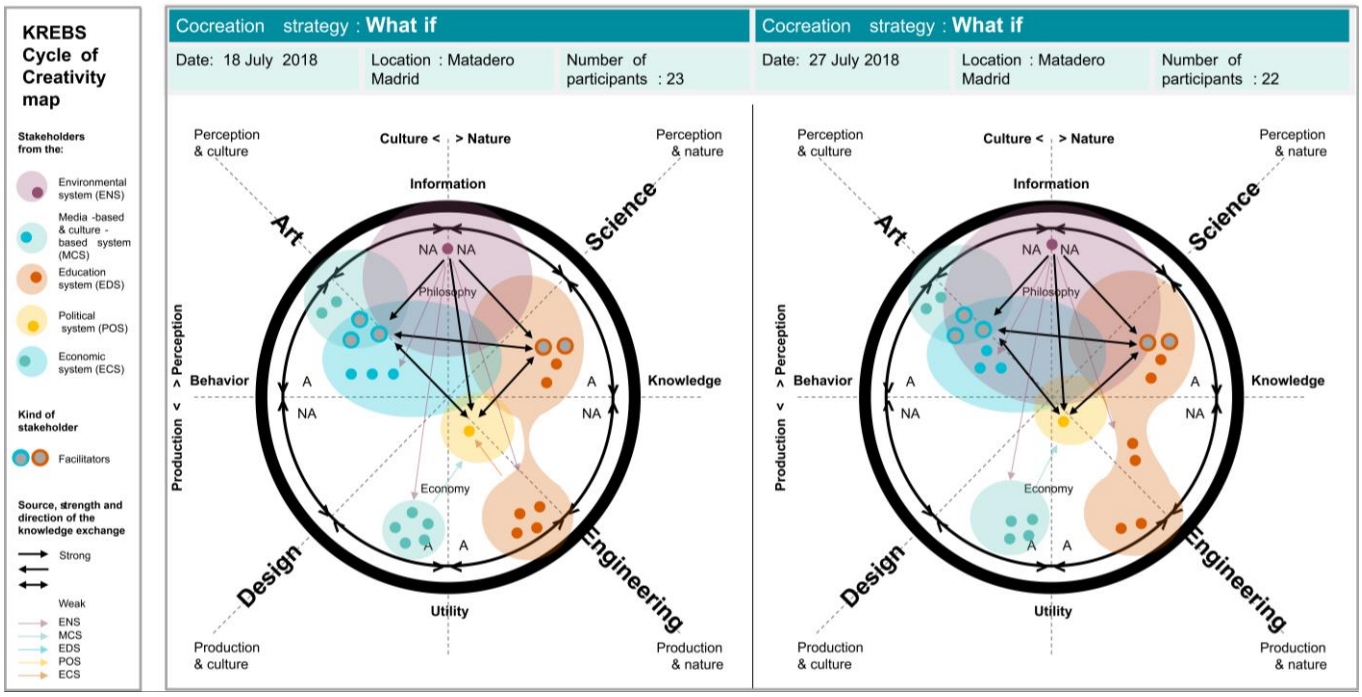


Figure 7. Transfer knowledge among actors and systems involved in the "*what if*" co-creation sessions of the CG project, based on QHIM model and KCC map.

On the other hand, the facilitators (MDD and elli) concentrated the greatest amount of knowledge transfer with other stakeholders, while the environmental system (the public space of Matadero) provided the ecosystem with unidirectional knowledge transfer, in relation to almost all systems; lastly, the political system provided knowledge about the legal and regulatory frameworks (Madrid + Natural strategy, and Madrid 360) and its potential results or prototypes. Finally, as most participants in these initial sessions held expert knowledge in various disciplines, the contribution of non-applied or diffuse knowledge is not easily identified.

The co-creation strategy undertaken during the *Mutant Workshop* is represented within the KCC map (Figure 8), showing that the circulation of knowledge is established as a bipolar pivoting shape. Since the focus group of these workshops were mainly composed of design students, knowledge circulated preponderantly between the educational (students) and media/culture-based systems (artists and facilitators), taking place in the quadrants of design and art. The political system (Madrid City Council) provided unidirectional knowledge transfer. In this context, the economic system did not provide any knowledge to the ecosystem, as it was not represented by any stakeholder during the implementation of this co-creation strategy. As during the application of the '*what if*' co-creation strategy, the facilitators represented the greatest concentration of knowledge transfers, as did the environmental system, which provided the ecosystem with unidirectional knowledge. Finally, an important amount of diffuse knowledge was provided by design school students, interacting with the artists and facilitators to a greater extent.

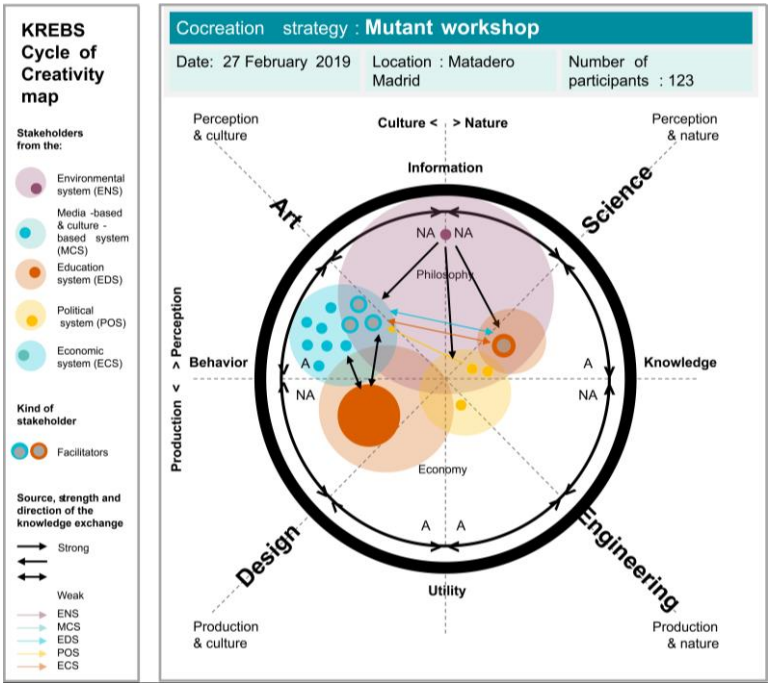


Figure 8. Transfer knowledge among actors and systems involved in the "Mutant Workshop" co-creation sessions of the CG project, based on QHIM model and KCC map.

The maps show that new knowledge is formed in the areas with a higher system overlapping, stronger knowledge transfers, and greater bidirectionality in their respective knowledge transfers. In the case of the "*what if*" co-creation strategy, this concentration of systems is shown in the upper part of the diagram, where strong knowledge transfers take place. On the other hand, in the case of the strategy used in the *Mutant Workshop*, transfers and overlaps occur to a greater degree between two systems (education system and media-based and culture-based system). Through these maps, it is identified that the creative energy that accelerates knowledge is not a "reagent" understood as a component external to the ecosystem, but the collaborative network tissue created by the co-creation process. Therefore, a fundamental factor in this analysis is the quality of the transfers (strong or weak) that ensure collaboration between the agents involved in knowledge production at the art/NBS co-creation process.

5. Discussion

5.1. Art/NBS Co-Creation Strategies to Enhance Creative Energy for Knowledge Production

The results depicted by the analysis shows that some co-creation principles would require further development to be applied. Regarding innovation, while the proposal could produce a cost-effective service solution (e.g., patents) this could however be contradictory with the *Open Access* ambition of the project. In relation to reciprocity, given the experimental nature of the process, no impact assessment on the benefits of the co-creation process were implemented. This experimental approach does not help to anticipate the outcomes of the project, as many of them are visualised during the process; however, the trust environment created among the different stakeholders could ensure that the process would continue beyond the technical resolution of the prototypes. Regarding added value, while there are measurable elements to assess (e.g., mitigation of heat island effects), there are further variables which, while crucial for ecologically relevance (e.g., shared values, collective narratives, or imaginaries), are not easily measurable.

In view of the above, the type of new knowledge related to the implementation of NBS that can be produced through these co-creation approaches depends on the agreements and incentives given to the actors involved. Both co-creation and knowledge hybridisation

can be very attractive, but its long-term sustainability for materially building the common goal is not so simple. Therefore, both the initial agreements and their follow-up are crucial elements to define from the outset of the partnership.

Similarly, the connecting functions between some stakeholders and others is critical when the actors involved share an open creative process to which they were not fully accustomed, or of which they did not have the same expectations. Therefore, the roles of the facilitators must be defined in detail in the framework of the project, with the scientific limitations that this implies, as we do not know theoretically what all the functions are and what are the limits of the facilitators. In the case of CG, the MDD and elii facilitating teams were able to complement each other's approaches by overcoming the very logics of art and urban green infrastructure design that might differ in their purposes. Combining their respective discourses and practices was not an easy goal and required incorporating listening and translation skills in interdisciplinary working teams.

The co-creation strategies and the dynamics of the workshops applied were conceived as replicable tools accessible to further communities, as these tools, documentation and records of the meetings, were available online. Obviously, the mentioned replication would necessarily require an on-site adaptation to specific contexts (e.g., to normative, cultural, heritage, environmental, and climatic terms). On the other hand, the co-creation strategy deployed fulfilled different objectives for the design of the NBS prototypes. The "*what if*" co-creation strategies solicited different expert knowledge from various stakeholders, whose contributions were incorporated into the prototypes. The scope of the *Mutant Workshop* was addressed to design students, representing diffuse knowledge, and undertaking the exploratory analysis of the habitability and comfort conditions of the area in synergy with representatives of expert knowledge and artists.

One of the objectives of the cyborg garden was to develop a series of prototypes able to reduce the average temperature of public spaces and thus be able to increase comfort and desirability. From an artistic perspective, these guidelines were reformulated as: "What if" instead of reducing the temperature of the public space, we reduce the body temperature? Or for whom should public space be desirable: for humans or for the invisible inhabitants, the non-humans? In this sense, the proposal of the artist Orkan Telhan [45] did not aim to reduce the average temperature of the public space Matadero Madrid, but to reduce the temperature of its visitors. Telhan poses the idea of a frozen "fruit" as an opportunity to generate a social encounter, generating new rituals to cool down together. Although this proposal does not fully match the NBS definition, it opens a range of possibilities and unconventional explorations and narratives closer to other knowledge areas (chemistry, biology, physics, etc.). On the other hand, *Double Happiness* [45] focuses the attention of its proposal on the coexistence between species, humans and non-humans, invisible inhabitants in public space. This proposal, which is closer to the field of NBS through urban green furniture, moves away from the human-centred approach and contributes to the integration of different forms of urban life. This proposal is complementary to that developed by UH513 [45]. These artists have developed large sculptures, in the shape of cyborg devices, which configure an optimal habitat for both plants and humans, but which also constitute a system of interspecies communication by integrating sensory devices into the plants, transforming the data captured into external stimuli for visitors to Matadero.

In light of the above, the co-creation strategies and the dynamics of the workshops can clearly be extrapolated to other contexts, since they allow their participants to go deeper in: (1) Mutualism: how to design frameworks for ecological interspecies interaction, with mutual benefit. (2) 'Interscalarity': how to design when an intervention operates at different scales: from human, plant and insect, to microorganism-scale. (3) Infrastructure: the infrastructural condition is key, both for the maintenance of the garden, as well as achieving an empowerment of the citizenry. (4) Desire: how to think the ecology from desire and not only from functionalist approaches. (5) Technology: how to integrate technology in NBS. (6) Imaginary: the importance of shared imaginaries in the climate crisis. (7) Resilience: how to design projects that are adaptable to different contexts and that

can be updated over time. (8) Intergenerational justice: how to think of space as a diverse place inhabited by different bodies with different capacities.

One type of application that could be considered more relevant is a standardised method, whether in public, private, or hybrid processes of introduction (or regeneration) of natural spaces in the city in neighbourhoods and districts. The art/SBN co-creation approach makes it possible to speak in other languages, ones less techno-scientific, and therefore accessible to a wider population. In any case, the facilitation role or figure will be essential to accompany the process of understanding and translation that is critically needed in the initial phase.

5.2. Knowledge Transfers, Tensions, and Synergies Found throughout the Art/NBS Co-Creation Process

By integrating Carayannis [4,10–12] and Manzini [13] models within the Oxman map [14], the analysis identified the strengths/weaknesses of the knowledge transfers developed along with the co-creation process. This analysis allowed us to identify the stakeholders who articulated most knowledge exchanges, acquiring the role of facilitator within the ecosystem (facilitators of both the media-based and the cultural-based, as well as the educational system). Facilitators enabled and activated the circulation of knowledge throughout continuous iterations and served as a bypass to allow external actors to incorporate new knowledge into the ecosystem. Likewise, they were able to identify what type of knowledge/agent was missing in the ecosystem and eventually could contribute to its incorporation, thus promoting the production of new knowledge. In this way, the numerous synergies and complementarities among stakeholders of the CG contributed to the maintenance and continuity of the ecosystem beyond the exposition of the CG prototypes.

The maps presented beforehand (Figures 5 and 6) show a high dependence of the project's viability on the political system in terms of legitimacy, dissemination, and funding among other factors. The fragility derived from this dependency was mitigated in the project by the commitment established between the local administration and external public bodies (EU funding, government, foundations, etc.). This outer framework provides a long-term timeline, which in some cases exceeded the political timeframes, and establishes a mandatory compliance with funding agencies. Another mitigation measure was to introduce the artists to the local context through field visits, meetings with municipal technicians, involvement in other local projects, etc. Therefore, art/NBS co-creation processes in artistic practice must be understood as an end in itself (the process and the outcomes), able to generate long-term benefits such as capacity building, new approaches to complex social problems, distributed leadership, and strengthening mutual dependence, novel distribution of power and shared learning, thus attending to the principle of reciprocity [17]. At the same time, art/NBS co-creation processes enrich urban proposals, and they also problematise them.

The maps were also useful for envisioning the connections between the environmental system and other agents, confirming that "ecology and environmental protection can be considered engines of knowledge and innovation" [12]. The environmental system is thus emerging as another (un)visible agent in the social ecosystem, as a provider of information and knowledge. This element is especially evident in the prototypes developed by UH513, cyborg elements able to transfer unexpected knowledge on the environmental quality of public space to other social systems.

The typical procedures belonging to the political and academic systems (tenders, calls for papers, research projects, etc.) imply an anticipation of the expected results from the beginning, so the co-creation experimental process might generate some tension in view of the risk and uncertainty of results. These tensions were mitigated by the fact that the GC was part of a portfolio of urban experimentation projects of the collaborative platform MDD. The MDD platform allowed, on the one hand, increasing confidence in the CG project by the academic and political systems, and on the other hand, the empowerment of artists and other stakeholders throughout the co-creation process. Therefore, it was essential to hold

dialogue spaces before, during, and after the end of the project with the aim of identifying motivations, incentives, and benefits of experimentation, thus validating the principle of innovation of the co-creation.

Another tension was identified in the entanglement of the fields of art and science. Art does not have to fulfil a utilitarian purpose or become an aesthetic wrap for scientific content. These approaches would eventually lead to the instrumentalization of the artistic pieces. At the same time, this approach assumes that there is a science agenda that the art must just communicate, suggesting a subordinate relationship between art and science [49]. This is the gap that Oxman defines as a "far-fetched" [14] jump between art and science; that is, the knowledge transfer from art to science and vice-versa. The CG experience allowed all of its participants to question preconceived solutions and open up a range of possibilities arising from artistic thought, thus validating the principle of added value in the co-creation process. This evidence reinforces the concept, raised by Carayannis, that: "The circulation of knowledge continually stimulates new knowledge. As a result, all systems in a Quintuple Helix influence each other with knowledge in order to promote sustainability through new, advanced and pioneering innovations." [33] (pp. 6–7). The design of the CG prototypes was the result of the aforementioned both synergies and tensions among the different actors and systems. Knowledge, as generated by each social system, is conditioned by inner language codes and perceptions [13]. The creation of new knowledge (the superimposition of systems on the map) leads to inevitable tensions, which oblige a rebalancing of decision-making strategies among parties, validating the principle of reciprocity [17].

6. Conclusions

> *Why a Cyborg Garden? The "garden" is considered as a space of encounter between species of different natures and a place of enjoyment, desire, and care, and the "cyborg" as a framework for imagining the relationship between nature and technology as spheres that, necessarily, have to be thought of in continuity, as a hybrid species*. [46] (p. 7)

This article exposes in a practical way two co-creation strategies (*"what if"*, *Mutant Workshops*) raised from the artistic approach undertaken for the development of NBS prototypes at the Cyborg Garden in Madrid. These co-creation strategies constituted a result intrinsically, one fostering capacity building and social empowerment, while creating stronger networks between participants. The systematisation and critical analysis of the Cyborg Garden is a scientific contribution in methodological terms on the composition of knowledge in multidisciplinary teams and actors; likewise, it entails the ability to problematize the current environmental crisis through new narratives beyond individual disciplines, enabling structural transformations and radical collaborations.

On the other hand, this article presents the collusion of the analytic frameworks of Carayannis and Manzini through the Oxman map, as applied to art/NBS co-creation processes. This conjunction, its layout and method of analysis, have been designed for the case study of the Cyborg Garden, thus expanding the state of the art. This integration enables the envisioning of connections—(un)likely—developed by the actors—(un)likely—in processes of knowledge co-creation. This new framework of analysis is replicable and can be applied to other projects and initiatives with an artistic focus, such as the projects linked to the New European Bauhaus.

Regarding Oxman's understanding of creative energy as an activator to produce knowledge, the experiment evidenced that it does not constitute an outer "reactive" to be inoculated into the social ecosystem. Rather, creative energy is constituted by the same stakeholders and systems affected, by their inner codes and perceptions—the connections, tensions, synergies, and rebalancings between them—supported by the collaborative tissue and co-creation strategies developed by facilitators which activate the circulation of knowledge throughout continuous iterations. Complex problems need to be addressed by equally complex teams that favour a diverse composition of knowledge and skills.

Finally, as future lines of research, we pose the following questions: (1) how to overcome the fragility of co-creation experiences when they are excessively dependent on the involvement of some stakeholders/systems; (2) what are the required conditions (intrinsic and extrinsic) for a successful co-creation process in the field of art/science; (3) how to measure the long-term impact of projects that implement art/science co-creation actions; and (4) what are the limits of the functions of the facilitators in the implementation of co-creation strategies that combine art and NBS? These questions will surely deepen and fill the gaps and limitations of this research.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: https://drive.google.com/file/d/1d6FoagLj2kAWXSK03Vq8eqxSvCO35VUE/view, https://drive.google.com/file/d/1d7KqrDCOxDZGaJmq3ZjTXnSwGEAnLN0O/view, https://drive.google.com/file/d/1dAgb9_1PRiOZdAHyUQcgRvUr_izwVEKf/view, https://drive.google.com/file/d/1XMr7biqyV6wRj6abvBVeLoQ1ITXfW7QW/view, https://drive.google.com/file/d/1SiGoSe2JAGnssMqeEEEppCCOWveR3WuF/view, https://drive.google.com/drive/folders/1eZWUk8zuXbIGwWP_NDX0aty7QzNomwVv (accessed on 15 December 2022).

Author Contributions: Conceptualization, M.A. and S.R.-M.; methodology, M.A.; formal analysis, M.A.; investigation, M.A., S.R.-M., N.M., U.F., E.G. and A.M.; resources, M.A., S.R.-M., N.M., U.F., E.G. and A.M.; data curation, M.A. and N.M.; writing—original draft preparation, M.A.; writing—review and editing, M.A., S.R.-M., N.M., U.F. and E.G.; visualisation, M.A.; supervision, N.M.; project administration, M.A.; funding acquisition, M.A. This research is part of the doctoral research of M.A. developed in the Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received funding from the European project Madrid Deep Demonstration of Healthy and Clean Cities of the EIT Climate-KIC under grant 210328.

Data Availability Statement: Data will be made available on request.

Acknowledgments: The authors would like to acknowledge the hard work of the people constituting the Madrid Deep Demonstration facilitating team and the institutional commitment of Universidad Politécnica de Madrid through the Innovation and Technology for Development Centre (itdUPM), Ayuntamiento de Madrid, Matadero Madrid, EIT Climate-KIC, and MDD's members: Rosa Ferré, Juan Azcárate, Luis Tejero, Rafael Ruiz, Carlos Mataix, Julio Lumbreras, María Ángeles Huerta, Luisa Fernanda Guerra, Carlos Palacios, and Lucía Fernández, and the leadership of the artists of the Cyborg Garden: uh513 [María Castellanos y Alberto Valverde], TAKK [Mireia Luzárraga y Alejandro Muiño], Orkan Telhan, y Double Happiness [Joyce Hwang y Nerea Feliz].

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

Appendix A

Table A1. List of European projects regarding green Infrastructures and/or according to the Community Research and Development Information Service (CORDIS) [3].

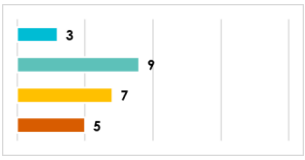
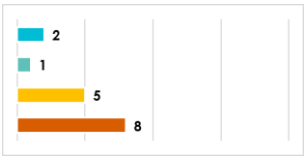
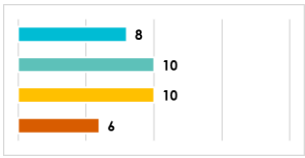
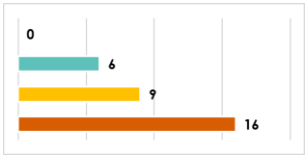
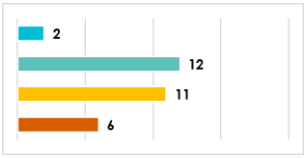
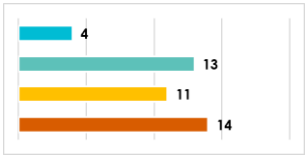
	ID Project | Acronym Project | Total Cost		ID Project | Acronym Project | Total Cost
1	182242 | CLEARING HOUSE | 7,687,863.75€	69	730285 | RUN4LIFE | 7,720,900.61€
2	776681 | Phusicos | 9,645,857.14€	70	891538 | Green CURIOCITY | 172,932.48€
3	730426 | URBAN GreenUP | 14,802,476.25€	71	101082224 | DEFINITE-CCRI | 1,978,837.5€
4	730338 | ThinkNature | 3,569,788.75€	72	101079952 | NEB-STAR | 4,999,721.25€
5	730052 | UNALAB | 14,278,699.25€	73	101080052 | NEBourhoods | 5,483,644.75€
6	730497 | NAIAD | 5,081,176.25€	74	818173 | AquaVitae | 8,748,035€
7	730243 | NATURVATION | 7,797,877.5€	75	101025184 | NOBILIS | 224,933.76€
8	776866 | RECONECT | 15,399,379.47€	76	869324 | INTERLACE | 5,476,165€
9	776848 | OPERANDUM | 14,696,501.68€	77	101093865 | CLIMAREST | 8,701,780.25€
10	776783 | URBiNAT | 13,742,228.64€	78	101086379 | SBEP | 113,398,798.75€

Table A1. *Cont.*

	ID Project | Acronym Project | Total Cost		ID Project | Acronym Project | Total Cost
11	809988 | RENATURE | 995,905€	79	101079912 | DESIRE | 4,754,000€
12	730222 | CONNECTING Nature | 11,768,009.61€	80	101093845 | BlueMissionBANOS | 2,999,993.75€
13	730468 | Nature4Cities | 7,499,981.25€	81	101059407 | MarinePlan | 3,587,828.75€
14	101060464 | NATURANCE | 3,206,687.5€	82	869226 | DRYvER | 6,702,008.75€
15	730283 | GROW GREEN | 11,514,817.76€	83	823952 | TREND | 1,573,200€
16	821016 | REGREEN | 5,325,013.84€	84	101060568 | BEPREP | 5,469,918.75€
17	776643 | HYDROUSA | 12,015,448.75€	85	778120 | GeoRes | 954,000€
18	689518 | MERCES | 6,651,117.8€	86	101096464 | CLIMABOROUGH | 11,408,458.75€
19	776604 | CLEVER Cities | 14,864,688.84€	87	870337 | CURE | 2,805,012€
20	887396 | NetworkNature | 2,189,833.75€	88	101059957 | EmpowerUs | 5,197,512.75€
21	101084220 | COEVOLVERS | 5,254,627.5€	89	101096943 | Re-Value | 12,418,093.75€
22	776665 | EdiCitNet | 11,807,287.71€	90	101081858 | ECONUTRI | 5,979,716.25€
23	769003 | NBS2017 | 274,516.58€	91	101079929 | CULTUURCAMPUS | 4,999,216.25€
24	101061083 | Invest4Nature | 4,995,172.5€	92	692331 | NitroPortugal | 999,937.5€
25	101003765 | NICE | 4,996,342€	93	101082131 | InvestCEC | 1,961,575€
26	101022685 | SHIEELD | 183,473.28€	94	101079948 | EHHUR | 4,994,902.5€
27	101003527 | MULTISOURCE | 5,169,165€	95	869237 | BiodivClim | 15,151,516€
28	896651 | Nature-In | 310,968€	96	858375 | WATERAGRI | 6,999,986.25€
29	776708 | HOUSEFUL | 8,464,060.61€	97	101079963 | SUPERSHINE | 2,320,492.5€
30	101060525 | NBS EduWORLD | 4,997,583.09€	98	101059988 | MPA Europe | 2,682,228.25€
31	869448 | EuPOLIS | 11,358,637.39€	99	739732 | INNOV | 119,225€
32	786566 | Mind4Stormwater | 270,918€	100	101017857 | RESET | 2,116,200€
33	101003757 | JUSTNature | 10,308,676.79€	101	101081774 | OptFORESTS | 8,191,328.75€
34	867564 | CONEXUS | 5,635,956.25€	102	101081845 | CircularInvest | 1,999,800€
35	821303 | We Value Nature | 2,192,426.25€	103	101003799 | DivAirCity | 10,794,875€
36	190135769 | SEQANA | 3,443,106.25€	104	101058956 | Marine SABRES | 8,755,388.75€
37	945095 | RECETAS | 5,403,657.5€	105	101081251 | wildE | 8,555,016.25€
38	852633 | Niche4NbS | 1,500,000€	106	101054755 | ERA Conference | 100,000€
39	101060638 | D4RUNOFF | 3,332,948.75€	107	845419 | RESISTREE | 203852.16€
40	824711 | MICS | 1,944,428€	108	817903 | EFFECT | 4,999,365€
41	869300 | FutureMARES | 8,555,905€	109	101094070 | DALIA | 8,627,861.25€
42	101081847 | trans4num | 5,034,396.25€	110	871128 | eLTER PLUS | 10,065,009.44€
43	869296 | PONDERFUL | 6,993,407.5€	111	101060020 | NORDBALT-ECOSAFE | 1,999,008.75€
44	690474 | EKLIPSE | 3,117,272.49€	112	101096405 | UP2030 | 12,233,133.75€
45	642420 | BiodivERsA3 | 38,974,332.66€	113	764908 | WEGO | 3,870,806.62€
46	101093908 | EcoDaLLi | 2,684,875€	114	734409 | Water4Cities | 1,242,000€
47	101091246 | NBSoil | 4,688,807€	115	101093962 | BlueMissionAA | 2,997,778.75€
48	776528 | proGIreg | 11,663,925.84€	116	818002 | URBAG | 1,893,754€
49	869710 | MaCoBioS | 6,980,657.5€	117	735012 | MobileRecycle | 71,429€
50	730280 | ROCK | 10,629,453.26€	118	787419 | SECurITY | 262,269€
51	678034 | GREENLULUS | 1,453,868€	119	202639 | iSCAPE | 5,850,830€
52	101079995 | BoSS | 4,999,975€	120	110888 | GREEN SURGE | 7,189,725.6€
53	101093956 | A-AAgora | 9,778,174.76€	121	242969 | Urban ReLeaf | 4,463,982.5€
54	873964 | METABUILDING | 5,126,625€	122	226290 | YADES | 1,909,000€
55	101036683 | TransformAr | 12,730,322.5€	123	230673 | CLIMRES | 219,312€
56	101027076 | MOVE-NBS | 247,606.08€	124	210518 | CLARITY | 5,906,273.71€
57	101003890 | FirEUrisk | 10,539,794€	125	218697 | IMPACT HAU | 1,999,999€
58	101026318 | BIO-POLIS | 232,393.92€	126	221012 | MossTree | 1,815,500€
59	798867 | ADAFARM | 170,121.6€	127	243354 | BUILDSPACE | 2,968,525€
60	642007 | ESMERALDA | 3,133,306€	128	202678 | RESCCUE | 8,057,266.65€
61	101059498 | eco2adapt | 10,037,066.25€	129	211910 | NEUROSOME | 3,427,305.06€
62	101036337 | MERLIN | 22,034,617.5€	130	218546 | RE-CITY | 3,306,310.8€
63	101003632 | REXUS | 4,984,331.25€	131	111482 | POLLINS | 2,685,355.74€
64	101082232 | DECISO | 1,999,725€	132	205716 | ShaleSafe | 2,990,102.5€
65	101003818 | Upsurge | 9,703,462.5€	133	193234 | DIABOLO | 4,998,970€
66	745766 | BIOMOTIVE | 15,175,589.23€	134	110918 | HEALS | 14,982,032.56€
67	101093985 | DANUBE4all | 8,422,267.5€	135	229011 | StormTre | 252,802.4€
68	101060707 | MSP4BIO | 3,490,501.25€		

Appendix B

Table A2. List of European projects integrating the co-creation approach and NBS based on the Community Research and Development Information Service (CORDIS).

EU Project's Name, Objective, and Cities Involved	Consortium (Based on QHIM)
Name: URBAN GreenUP//(June 2017–May 2023) [50] Aim: It aims to co-create, implement, and replicate renaturing urban plans in several partner cities in Europe and outside of Europe with the intention of reducing the effects of climate change, enhancing air quality and water management, and enhancing the sustainability of our cities through creative NBS. Cities: Valladolid, Liverpool, Izmir, Mantova, Ludwigsburg, Medellin, Chengdu, and Binh Dinh-Quy Nhon	
Name: NATURVATION//(November 2016–May 2021) [51] Aim: It aims to deepen our comprehension of what nature-based solutions can accomplish in cities, investigate how innovation can be encouraged in this area, and contribute to realizing the potential of nature-based solutions for addressing issues of urban sustainability in a co-creation process with stakeholders and communities. Cities: Barcelona, Utrecht, Leipzig, Malmö, Győr and Newcastle	
Name: CLEVER—CITIES—Co-Designing Locally Tailored Ecological Solutions for Value-Added, Socially Inclusive Regeneration in Cities//(June 2018–May 2023) [52] Aim: It seeks to advance local understanding of nature-based solutions, show how greener cities benefit residents and communities, provide data and information for EU policymaking, and ultimately encourage and facilitate the adoption of nature-based solutions in global urban planning. Cities: Hamburg, London, Milan, Belgrad, Larissa, Madrid, Malmo, Quito, and Sfântu Gheorghe	
Name: URBiNAT—Healthy Corridors as Drivers of Social Housing Neighbourhoods for the Co-Creation of Social, Environmental, and Marketable NBS//(June 2018–November 2023) [53] Aim: It aims to plan a healthy corridor through community-driven co-creation processes that incorporate various NBS. The goal is to regenerate and integrate underprivileged social housing urban developments with an inventive and inclusive catalogue of NBS that assures sustainability and mobilizes forces for social harmony. Cities: Porto, Nantes and Sofia; Siena, Nova Gorica, Brussels and Høje-Taastrup	
Name: UNaLab—Urban Nature Labs (June 2017–November 2022) [54] Aim: It aims to develop, via co-creation with stakeholders and implementation of "living lab" demonstration areas, a robust evidence base and European framework of innovative, replicable, and locally attuned nature-based solutions to enhance the climate and water resilience of cities. UNaLab focuses on urban ecological water management, accompanied by greening measures and innovative and inclusive urban design. Cities: Stavanger, Prague, Castellon, Cannes, Basaksehir, Hong Kong and Buenos Aires	
Name: CONNECTING—Co-production with Nature for City Transitioning, Innovation and Governance (June 2017–May 2022) [55] Aim: Its goal is to jointly co-create the policies and procedures needed to increase urban resilience, innovation, and governance through NBS. To jointly develop useful and applicable knowledge, an open innovation ecosystem model will be adopted. Through a plan aimed at multiplying cities, Linking Nature will serve as the reference framework for a new generation of urban NBS processes and empower transitioning ambassadors. Cities: Stad Genk, Glasgow; Poznan; e A Coruna; Bologna; Burgas; Ioannina; Malaga; Dimos; Sarajevo	
Legend:	

Appendix C

In order to frame co-creation within the collaborative process, it is important to identify its differential nuances regarding similar terms such as co-design, co-production, co-innovation, or co-construction, which are fundamentally different approaches compared to conventional methods:

Table A3. Exploring the distinctive dimensions of co-creation: differentiating it from co-design, co-production, co-innovation, and co-construction in the collaborative process.

Concept	Authors	Description
Co-production	Elinor Ostrom [56]	She focused her work on the relationship between services and communities. She had a particular interest in the cooperative economy and how communities manage common resources.
	Boyle y Harris [57]	It is the provision of public services in an equal and reciprocal relationship between professionals, the people who use the services, their families, and their neighbours. When activities are co-produced in this way, both services and neighbourhoods become much more effective agents of change.
	Edgar S. Cahn [58]	He develops the concept of "time banks" through which people can exchange skills and time instead of monetary transactions. Through his research, he frames co-production in the context of civil rights and the role of the most vulnerable populations in these processes.
Co-design	Szebeko and Tan [59]	Also referred to as participatory design or cooperative design, it is the promotion of citizen collectives in the involvement in creative processes of architecture and design, and their valuation as partners in the processes of production and decision-making.
Co-construction	Hargreaves [60]	"The willingness to treat learners as active partners in the design, implementation and evaluation of their education".
	Osborne et al. [61]	It confers knowledge and learning as a consequence of the construction process.
Co-innovation	Lee et al. [62]	"It is a business management model where "external, collaborative and co-creative ideas converge to create organisational and shared value" as a result of a new "ecosystem" of interdependence between individual and organisational actors from different sectors".
Co-creation	Voorberg et al. [18]	A process of collaboration and active participation between different actors coming from different backgrounds with the objective of generating value. It implies a relationship of equality between participants based on transparency, dialogue and trust.
	Prahalad y Ramaswamy [20]	" . . . process for better engagement between companies and their customers in response to changes brought about by globalisation, including: increased public scrutiny through access to information, increased networking across social networks and geographic boundaries, improved customer choice and experimentation with different services and products."
	Trischler, et al. [19]	A new paradigm of customer contact originates through co-creation: the role of the customer/citizen is no longer limited to being the end user of a product or service. Instead, the customer/citizen also becomes a co-creator and co-designer. In other words: people are no longer subjects; they are evolving to become true partners.
	Stott, L. [17]	It is a new and more inclusive way of developing and delivering public goods and services. In response to concerns about the extent to which the state on the one hand and the market on the other can realistically provide public services that adequately meet the needs of different citizens, the concept of co-creation has positioned itself as an integral part of a new form of governance that involves the contribution of multiple actors to public services.

References

1. European Commission. Green Infrastructure Strategy: Promoting the Use of Green Infrastructure in All EU Policies, to Help Restore Nature and Boost Biodiversity. Available online: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en (accessed on 21 March 2023).
2. Faivre, N.; Fritz, M.; Freitas, T.; de Boissezon, B.; Vandewoestijne, S. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environ. Res.* **2017**, *159*, 509–518. [CrossRef] [PubMed]
3. CORDIS European Commission. Available online: https://cordis.europa.eu/en (accessed on 21 March 2023).
4. Alméstar, M.; Sastre-Merino, S.; Velón, P.; Martínez-Núñez, M.; Marchamalo, M.; Calderón-Guerrero, C. Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs. *Sustain. Cities Soc.* **2022**, *87*, 104239. [CrossRef]
5. Briz, J.; de Felipe Boente, M.I.; Köhler, M. *Multifunctional Urban Green Infrastructure*; Editorial Agrícola Española SA: Madrid, Spain, 2019.
6. Vargas-Carpintero, R.; Hilger, T.; Tiede, K.; Callenius, C.; Mössinger, J.; Souza, R.F.; Barroso Armas, J.C.; Rasche, F.; Lewandowski, I. A Collaborative, Systems Approach for the Development of Biomass-Based ValueWebs: The Case of the Acrocomia Palm. *Land* **2022**, *11*, 1748. [CrossRef]
7. European Commission. New European Bauhaus: Beautiful, Sustainable, Together. Available online: https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en (accessed on 21 March 2023).
8. European Commission. Funding & Tenders Opportunities—Demonstrating the Potential of Nature-Based Solutions and the New European Bauhaus to Contribute to Sustainable, Inclusive and Resilient Living Spaces and Communities. Available online: https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl6-2024-biodiv-02-2-two-stage;callCode=null;freeTextSearchKeyword=;matchWholeText=true;typeCodes=0 (accessed on 21 March 2023).
9. Simon, D. Co-Productive Tools for Transcending the Divide: Building Urban–Rural Partnerships in the Spirit of the New Leipzig Charter. *Land* **2021**, *10*, 894. [CrossRef]
10. Etzkowitz, H.; Leydesforff, L. The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Res. Policy* **2000**, *29*, 109–123. [CrossRef]
11. Carayannis, E.G.; Draper, J.; Crumpton, C.D. Accelerating the Arrival of Fusion Energy within a Quintuple Helix Innovation Ecosystem to Address Climate Change. *SocArXiv* **2019**, *4*. [CrossRef]
12. König, J.; Suwala, L.; Delargy, C. Helix Models of Innovation and Sustainable Development Goals. In *Industry, Innovation and Infrastructure. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*; Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020. [CrossRef]
13. Manzini, E. *Design, When Everybody Designs: An Introduction to Design for Social Innovation*; MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2015.
14. Oxman, N. Age of Entanglement. *J. Des. Sci.* **2016**. [CrossRef]
15. Serna, J.M.; Chaparro, T.S. Systemic Collaborative Platforms: Accelerating Sustainable Development Goals Transitions through Multi-Stakeholder Convening Arrangements. Ph.D. Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain, 2021.
16. Eisenhardt, K.M. Building Theories from Case Study Research. *Acad. Manag. Rev.* **1989**, *14*, 532–550. [CrossRef]
17. Stott, L. *Co-Production—Enhancing the Role of Citizens in Governance and Service Delivery*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2018. [CrossRef]
18. Voorberg, W.H.; Bekkers, V.J.; Tummers, L.G. A systematic review of co-creation and co-production: Embarking on the social innovation journey. *Public Manag. Rev.* **2015**, *17*, 1333–1357. [CrossRef]
19. Trischler, J.; Pervan, S.J.; Kelly, S.J.; Scott, D.R. The value of codesign: The effect of customer involvement in service design teams. *J. Serv. Res.* **2018**, *21*, 75–100. [CrossRef]
20. Prahalad, C.; Ramaswamy, V. Co-opting Customer Competence. *Harv. Bus. Rev.* **2000**, *78*, 79–89.
21. Amabile, T.M. *Creativity in Context: Update to the Social Psychology of Creativity*; Westview Press: Boulder, CO, USA, 1996.
22. Spina, L.D.; Carbonara, S.; Stefano, D.; Viglianisi, A. Sustainable Collaborative Strategies of Territorial Regeneration for the Cultural Enhancement of Unresolved Landscapes. *Land* **2023**, *12*, 497. [CrossRef]
23. Griffiths, M. *Co-Production, Presentation at ESF Transnational Platform Thematic Network on Partnership Meeting, Dublin, 27 November 2016*; European Commission: Brussels, Belgium, 2016.
24. Lind, M. The Collaborative Turn. In *Taking the Matter into Common Hands: On Contemporary Art and Collaborative Practices*; Billing, J., Lind, M., Nilsson, L., Eds.; Black Dog Publishing: London, UK, 2007; pp. 15–31.
25. Bishop, C. *Artificial Hells: Participatory Art and the Politics of Spectatorship*; Verso: London, UK, 2012.
26. VVAA. *Participation*; Bishop, C., Ed.; Whitechapel Gallery: London, UK, 2006.
27. VVAA. *Curating and the Educational Turn*; O'Neill, P., Wilson, M., Eds.; Open Editions-de Appel: London, UK; Amsterdam, The Netherlands, 2010.
28. Soberón, M.; Sánchez-Chaparro, T.; Smith, A.; Moreno-Serna, J.; Oquendo-Di Cosola, V.; Mataix, C. Exploring the possibilities for deliberately cultivating more effective ecologies of intermediation. *Environ. Innov. Soc. Transit.* **2022**, *44*, 125–144. [CrossRef]
29. Hodson, M.; Marvin, S. Can cities shape socio-technical transitions and how would we know if they were? *Res. Policy* **2010**, *39*, 477–485. [CrossRef]

30. Kivimaa, P.; Boon, W.; Hyysalo, S.; Klerkx, L. Towards a typology of intermediaries in sustainability transitions: A systematic review and a research agenda. *Res. Policy* **2019**, *48*, 1062–1075. [CrossRef]
31. Kanda, W.; Kuisma, M.; Kivimaa, P.; Hjelm, O. Conceptualising the systemic activities of intermediaries in sustainability transitions. *Environ. Innov. Soc. Transit.* **2020**, *36*, 449–465. [CrossRef]
32. Carayannis, E.G.; Campbell, D.F.J. «Mode 3» and «Quadruple Helix»: Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *Int. J. Technol. Manag.* **2009**, *46*, 201–234. [CrossRef]
33. Carayannis, E.G.; Barth, T.D.; Campbell, D.F. The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *J. Innov. Entrep.* **2012**, *1*, 2. [CrossRef]
34. Roman, M.; Fellnhofer, K. Facilitating the participation of civil society in regional planning: Implementing quadruple helix model in Finnish regions. *Land Use Policy* **2022**, *112*, 105864. [CrossRef]
35. Carayannis, E.; Campbell, D. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other? *Int. J. Soc. Ecol. Sustain. Dev.* **2010**, *1*, 41–69. [CrossRef]
36. Carayannis, E.G.; Campbell, D.F. Democracy of climate and climate for democracy: The evolution of Quadruple and Quintuple Helix innovation systems. *J. Knowl. Econ.* **2021**, *12*, 2050–2082. [CrossRef]
37. Carayannis, E.G.; Campbell, D. *Smart Quintuple Helix Innovation Systems: How Social Ecology and Environmental Protection Are Driving Innovation, Sustainable Development and Economic Growth*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019.
38. Laplaine, J. The Rich Gold Matrix | Connecting Data to Information to Knowledge. Available online: https://ioannouolga.blog/2018/04/19/the-rich-gold-matrix/ (accessed on 23 April 2023).
39. Buchanan, B.B.; Arnon, D.I. A reverse KREBS cycle in photosynthesis: Consensus at last. *Photosynth. Res.* **1990**, *24*, 47–53. [CrossRef] [PubMed]
40. Yin, R.K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 2018.
41. Stott, L. *Partnership Case Studies in Context. The Partnering Initiative*; IBLF: London, UK, 2005.
42. Hughes, T.; Bence, D.; Grisoni, L.; O'Regan, N.; Wornham, D. Scholarship That Matters: Academic–Practitioner Engagement in Business and Management. *Acad. Manag. Learn. Educ.* **2011**, *10*, 40–57.
43. Dresch, A.; Lacerda, D.P.; Miguel, P.A.C. A distinctive analysis of case study, action research and design science research. *Rev. Bras. Gestão Negócios* **2015**, *17*, 1116. [CrossRef]
44. Verhoef, L.; Bossert, M. *The University Campus as a Living Lab for Sustainability: A Practitioner's Guide and Handbook*; Delft University of Technology: Delft, The Netherlands, 2019.
45. Universidad Politécnica de Madrid (Madrid, Spain). Madrid Deep Demonstration Report, Annex 8: Cyborg Garden as Prototype of Nature-Based Solutions. 2019; *Report Unpublished*.
46. Matadero Madrid. Un Jardín Cyborg Para Matadero Madrid Matadero Acción Mutante. 2019. Available online: https://www.mataderomadrid.org/sites/default/files/v2/prensa/d/1/obras-jardin-cyborg.pdf (accessed on 21 March 2023).
47. Tapia, C.; Abajo, B.; Feliu, E.; Fernández, J.G.; Padró, A.; Castaño, J. *Análisis de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático en el Municipio de Madrid*; Ayuntamiento de Madrid: Madrid, Spain, 2015.
48. Mutant Institute for Environmental Narratives. Ecovisionarios: Arte para un Planeta en Emergencia Handbill. 2019. Available online: https://www.mataderomadrid.org/sites/default/files/v2/prensa/d/1/ecovisionarios-programa-mano-web.pdf (accessed on 23 April 2023).
49. Art in Science Exhibitions—An Opportunity or an Afterthought?—Ian Brunswick—On Science and Culture. Available online: https://ianbrunswick.wordpress.com/2017/08/29/art-in-science-exhibitions-an-opportunity-or-an-afterthought/ (accessed on 26 April 2023).
50. New Strategy for Re-Naturing Cities through Nature-Based Solutions | URBAN GreenUP Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission. Available online: https://cordis.europa.eu/project/id/730426 (accessed on 20 March 2023).
51. Nature Based Urban Innovation | NATURVATION Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission. Available online: https://cordis.europa.eu/project/id/730243 (accessed on 20 March 2023).
52. CLEVER Cities—Co-Designing Locally Tailored Ecological Solutions for Value Added, Socially Inclusive Regeneration in Cities | CLEVER Cities Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission. Available online: https://cordis.europa.eu/project/id/776604 (accessed on 20 March 2023).
53. URBiNAT—Healthy Corridors as Drivers of Social Housing Neighbourhoods for the Co-Creation of Social, Environmental and Marketable NBS | URBiNAT Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission. Available online: https://cordis.europa.eu/project/id/776783 (accessed on 20 March 2023).
54. Urban Nature Labs | UNALAB Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission. Available online: https://cordis.europa.eu/project/id/730052 (accessed on 20 March 2023).
55. COproductioN with NaturE for City Transitioning, INnovation and Governance | CONNECTING Nature Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission. Available online: https://cordis.europa.eu/project/id/730222 (accessed on 20 March 2023).
56. Ostrom, E. Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development. *Rev. World Dev.* **1996**, *24*, 1073–1087. [CrossRef]
57. Boyle, D.; Harris, M. The Challenge of Co-Production, How Equal Partnerships between Professionals and the Public Are Crucial to Improving Public Services, London: NESTA. 2009. Available online: http://www.nesta.org.uk/sites/default/files/the_challenge_of_co-production.pdf (accessed on 21 March 2023).

58. Cahn, E.S.; Gray, C. Co-production from a normative perspective. In *New Public Governance, the Third Sector, and Co-Production*; Routledge: Abingdon-on-Thames, UK, 2013; pp. 147–162.
59. Szebeko, D.; Tan, L. Co-designing for society. *Australas. Med. J.* **2010**, *3*, 580–590. [CrossRef]
60. Hargreaves, D. A New Shape for Schooling? SSAT, the Schools, Students and Teachers Network. 2006. Available online: www.ssatuk.co.uk (accessed on 21 March 2023).
61. Osborne, S.; Radnor, Z.; Strokosch, K. Co-Production and the Co-Creation of Value in Public Services: A suitable case for treatment? *Public Manag. Rev.* **2016**, *18*, 639–653. [CrossRef]
62. Lee, S.; Olson, D.; Trimi, S. Co-innovation: Convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values. *Manag. Decis.* **2012**, *50*, 817–831. [CrossRef]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Artículo A2

Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs

Cita:

Alméstar, M., Sastre-Merino, S., Velón, P., Martínez-Núñez, M., Marchamalo, M., & Calderón-Guerrero, C. (2022). Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs. Sustainable Cities and Society, 87, 104239. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104239

Journal: Sustainable Cities and Society

Ranking Scopus based on SJR (Scimago Journal & Country Rank):

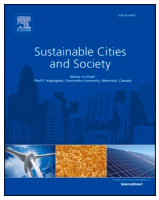
+ **SJR Index:** 2.305
+ **H index:** 156
+ **Cuartil:** Q1
  + Civil and Structural Engineering: Q1
  + Geography, Planning and Development: Q1
  + Renewable Energy, Sustainability and the Environment: Q1
  + Transportation: Q1

Sustainable Cities and Society 87 (2022) 104239

Contents lists available at ScienceDirect

Sustainable Cities and Society

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scs



Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs

Manuel Alméstar [a], Susana Sastre-Merino [a,b,*], Paloma Velón [a], Margarita Martínez-Núñez [a,c], Miguel Marchamalo [a,d], Carlos Calderón-Guerrero [a,e]

[a] Innovation and Technology for Development Centre - itdUPM, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28040, Spain
[b] Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Politécnica de Madrid, Calle del Prof. Aranguren, 3, Madrid 28040, Spain
[c] School of Engineering and Telecommunications Systems, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28040, Spain
[d] School of Civil Engineering, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28040, Spain
[e] School of Forest Engineering and Natural Resources, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28040, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:
Social innovation
Climate action educational programmes
Quintuple-helix
Collective efficacy
Sustainability
Urban system

ABSTRACT

Schools and their environment have the potential to be an enabler for urban transformation. These spaces constitute delimited social and physical contexts where different stakeholders and levers of change interact to face local and global challenges such as climate change. In this way, climate action educational programs (CAEPs) are presented as a tool for multi-stakeholder work, which enables the promotion of collective efficacy to catalyze transformations and behavioral changes. Through the case study of Ecology at your Doorstep project (EayD), this research seeks to analyze practical strategies to counteract the challenges of the sustainability of CAEPs. This analysis is based on the Quintuple Helix Innovation Model (QHIM), the principles of collective efficacy for behavioral change, and the social innovation process. The methodology includes interviews with key stakeholders representing the five helices, as well as surveys to students and teachers involved. The main contributions are: a new analytical framework to identify critical points with the potential to be replicated in other CAEPs and social innovation initiatives; the extension of the principles of collective efficacy to the whole social innovation process and the ecosystem of actors; and practical considerations when scaling CAEPs in urban contexts.

1. Introduction

Decades of studies have modeled the relationship between knowledge management and innovation for the development and wealth of cities. The N-Helix models represent a group of such models. "*All Helix models are built on the assumption that knowledge and innovation, and their accelerated importance in so-called emerging knowledge- and innovation-based ecosystems have the potential to organize, educate, and integrate future societies*" (König et al., 2020:474). As König et al. explain, these ecosystems include several helices that interact with each other to produce different kinds of knowledge. They also describe the features of all helix models that they share with complex systems, such as their inter and transdisciplinarity, the acknowledgment of the role of innovation in knowledge-based societies, and the influence on innovation processes of the multiple societal subsystems involved and interconnected which are dynamic themselves and evolve with inherent tensions among them *(ibid)*.

The latest developments of the N-Helix approach have introduced both the natural environment and civil society as relevant subsystems offering an answer that is oriented toward problem-solving and sustainable development and climate change (Carayannis et al., 2012). Climate change-related issues are often approached through clean technology-centered strategies (such as electric vehicles and solar panels) involving the traditional three helices (Cordero et al., 2020), while, as Allen & Crowley (2017) point out, climate change requires a massive global response to make substantial changes to current habits and behaviors, and this coincides with the perspective of the five helices of the quintuple helix innovation model (QHIM). Therefore, facing climate change implies acting through a systemic approach (Barcellos-Paula, et al., 2021) at multiple levels, including urban systems. In response, sustainable demonstration areas such as the Urban Living Labs (ULL), are conceived to design, test and learn from innovation in real

* Corresponding author.
E-mail address: susana.sastre@upm.es (S. Sastre-Merino).

https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104239
Received 2 August 2022; Received in revised form 23 September 2022; Accepted 4 October 2022
Available online 6 October 2022
2210-6707/© 2022 Published by Elsevier Ltd.

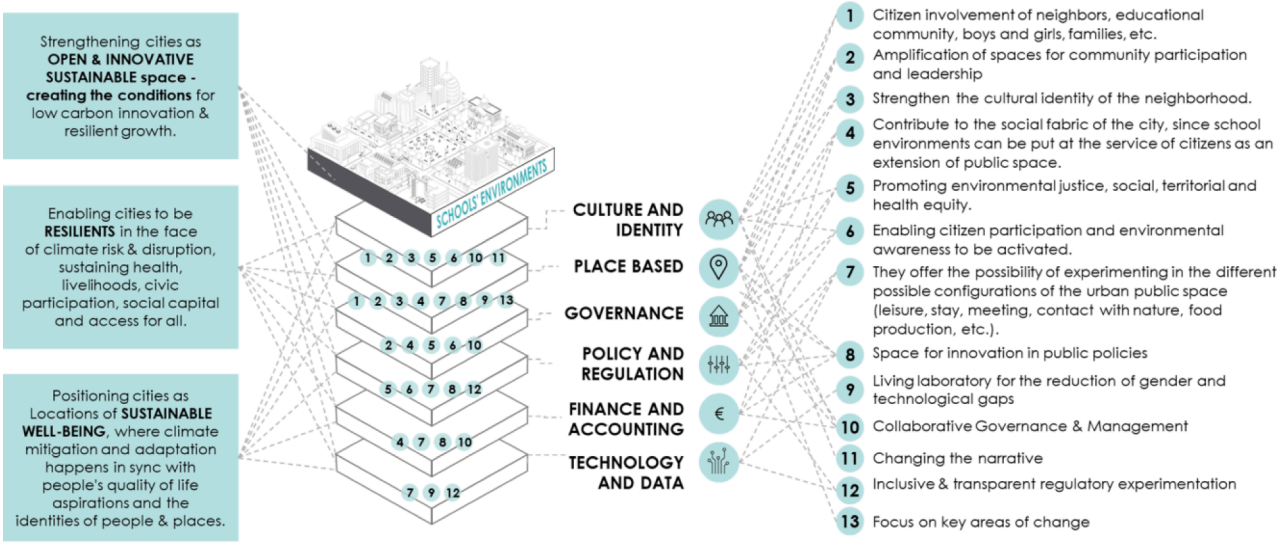


Fig. 1. Multilayer analysis of school environments as spaces for urban transformation.

time in order to respond to particular societal, economic and environmental issues in a given urban place (Karvonen & van Heur, 2014).

At the same time, as Cordero et al. (2020) point out, when facing climate change issues, the mitigation potential of a quality educational experience is rarely discussed (Cordero et al., 2020). However, interest in education and climate change is growing (UNESCO, 2021; Læssøe & Mochizuki, 2015; Iltus, 2012). Young people, as an active part of civil society, must be provided with education, information and tools to implement mitigation and adaptation measures to respond to environmental challenges. Schools and their environment are an important vector of urban transformation, not only for the education and growth of children in terms of their behavior and achievements (Mokhtarmanesh & Ghomeishi, 2019), but also for the well-being and health of the entire community (The Day After, 2022; Iltus, 2012). These spaces constitute delimited social and physical contexts where different levers of change interact. Sweden, is an example of how multiple articulated experimentations are developed from school environments promoting education, innovation and entrepreneurship (Hill, 2022). The implementation of climate action educational programmes (CAEPs) provides all stakeholders with tools, skills and competencies needed to become change agents and lead systemic innovation. An orchestrated interaction of these elements has the potential to strengthen cities, as open and innovative spaces, creating the conditions for low-carbon innovation and resilient growth (Cordero et al., 2020; Allen & Crowley, 2017) (Fig. 1).

This being a proven fact, there is evidence that CAEPs based purely on knowledge about climate science do not necessarily lead to behavioral change (Allen & Crowley, 2017). UNESCO (2021) states that about 40% of teachers are confident in teaching the cognitive dimensions of climate change but only about 20% can effectively explain how to take action. For these programs to promote real behavioral change, Cordero et al. (2020) claim that they need to not only be focused on acquiring information but also on promoting personal qualities that can support sustained action, "*such as a deep connection to nature, personal relevance to the issue and personal agency towards action*" (p.2). In the same vein, Allen & Crowley (2017) claim that to achieve behavioral change, educational interventions should increase collective efficacy through the three core elements: participation, relevance, and interconnectedness. Their stance is that CAEPs must consider the emotions and collective identities, which influence people on their decision-making. Through the case study of the EayD in Madrid and the application of quantitative and qualitative analysis, this research seeks to analyze practical strategies, based on the QHIM and collective efficacy, to counteract the challenges of the sustainability of climate action educational programs. Therefore, to address the objective of this research, three research questions were posed:

- **RQ1:** What critical points regarding the continuity of CAEPs can be identified throughout the process of social innovation using Allen & Crowley's (2017) principles of collective efficacy and the QHIM?
- **RQ2:** What lessons can be drawn regarding collective efficacy from the viewpoint of the students and teachers participating in the CAEP?
- **RQ3:** What lessons can be learned from the analysis of different CAEPs scaling-up strategies using collective efficacy principles?

1.1. Background

1.1.1. From triple to quintuple helix innovation model for urban sustainability

Ecosystems for knowledge production and innovation have been approached with different models. The first model to be described was the triple helix model, by Etzkowitz & Leydesdorff (2000) and it included the education subsystem as the main knowledge producer; industry as the economic subsystem focused on innovation, and the public sector as the state subsystem, the later having the role of developing innovation systems at different scales to support the other two. In this line, Chesbrough (2003) introduced the term open innovation, which is already a sixth generation innovation model, where he emphasizes the need to introduce both external and internal ideas, and both internal and external ways to bring these ideas to the real world, thus making the boundaries more porous and allowing for greater mobility of knowledge.

The Quadruple Helix, by Carayannis & Campbell (2009), introduces the culture-based public and civil society subsystem. As these authors explain, citizens are considered valid knowledge producers and sources of innovation. This implies a democratization of knowledge, which becomes more accessible and closer to citizens. Social knowledge, attached to territorial and cultural realities, and technical knowledge are combined, thus taking new dimensions of research (Calderón et al., 2021, Carayannis et al., 2012). Nevertheless, as Roman & Fellnhofer (2022) mention, many difficulties are detected for the inclusion of civil society through the quadruple helix, in contrast to the wide implementation of the triple helix model, which has been applied widely, from entrepreneurship to regional planning.

Finally, the Quintuple Helix incorporates that knowledge and

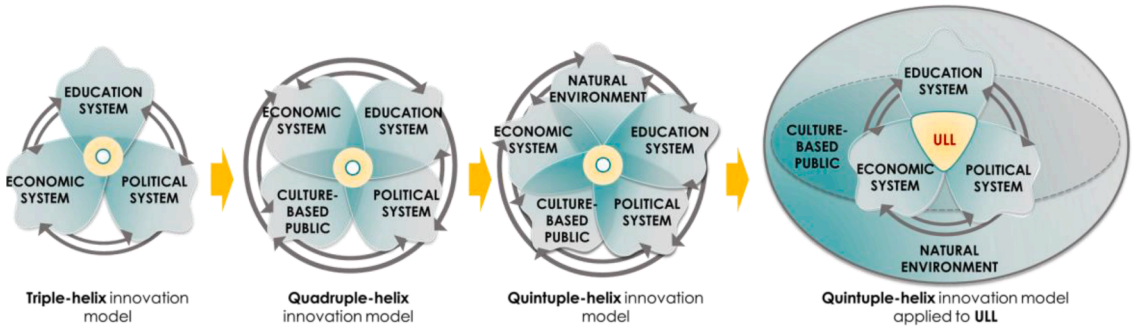


Fig. 2. Evolution of the N-helyx model and their application in Urban Living Labs.
Adapted from Carayannis & Campbell (2021, 2019,), Carayannis et al. (2012), Carayannis et al. (2019) and Iliopoulos (2020).

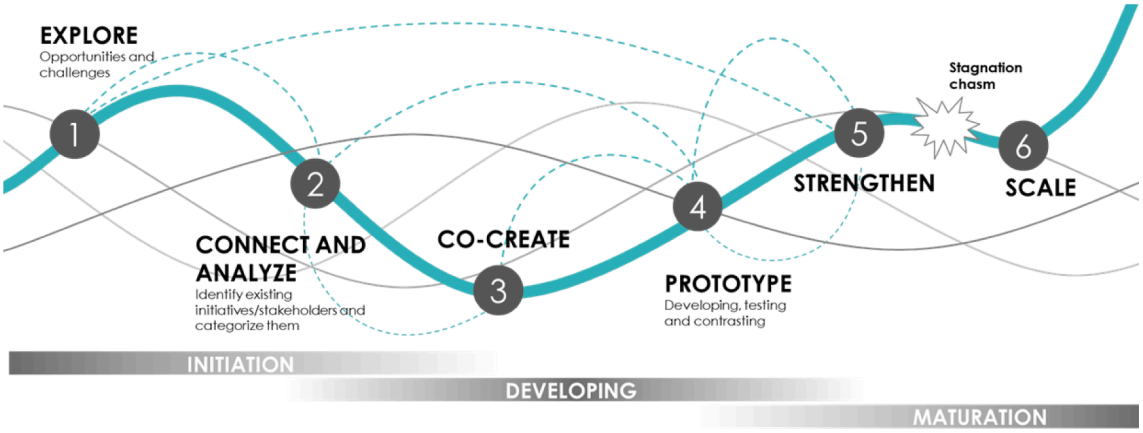


Fig. 3. Social innovation process. Based on: Making waves (Young Foundation, 2016), and Why Proven solutions struggle to scale Up (Deiglmeier & Greco, 2018).

innovation are framed in the context of the environment aligned with the social-ecological transitions with an interdisciplinary and transdisciplinary approach (Carayannis & Campbell, 2010, 2012, 2021). Ecology and environmental protection can be seen as drivers for knowledge and innovation, but they also represent a critical necessity and challenge for the preservation, survival, and vitalization of humanity (Carayannis & Campbell, 2021, 2019, 2012; Konig, 2020, Millard, 2018, Carayannis et al., 2012, Carayannis et al., 2019). The European Commission (2009) identified this as one of the major challenges for current and future societies and economies.

The quadruple and quintuple helix models are complemented by the "Mode 3" theory that emphasizes the importance of the coexistence and co-evolution of different innovation and knowledge paradigms (Campbell & Carayannis, 2013), as well as the pluralism and diversity of knowledge modes in innovation. This pluralism supports cross-learning processes of different modes of knowledge (Carayannis & Campbell, 2010). Therefore, addressing the challenges brought about by the climate crisis and more sustainable livelihood models will require a transdisciplinary and multi-stakeholder approach.

The QHIM demonstrates the complexity of the interaction of the different subsystems and their respective stakeholders and can be applied to describe an urban system through Living Labs, Urban Living Labs, demonstrators, etc. (See Fig. 2). These are represented, in the QHIM model, at the intersection of all subsystems (Iliopoulos, 2020). These prototypes, pilots, or laboratories coincide in addressing challenges from a systems-level approach to innovation, or systemic innovation, referring to the implementation of integrated and coordinated interventions in economic, political and social systems and along the entire value chain through a portfolio of deliberate and connected innovation experiments thar are designed to generate viable pathways for change by identifying options, social and behavioral tipping points, and scaling up transformative solutions ((EIT Climate-KIC, 2019a).

Thus, it is necessary to overcome “top-down” approaches that lead to very limited results and instead build a movement of transformation that connects multitude stakeholders through a shared vision and common goals. This approach requires a deep understanding of the values and narratives that are expressed over a predetermined problem and associate the vision of the future we desire with a battery of interconnected initiatives (Espiau Idoiaga, 2017). This practice is denominated "social Innovation" and refers to the development and implementation of new ideas (products, services, and models) to meet social needs (Pulford, et al., 2011) through new approaches to meeting challenges that are social both in their means and in their ends (Young Foundation, 2016).

Social innovation is implemented through a non-linear process of three periods, which include different stages (Fig. 3). Moreno Serna (2021) emphasizes that the initiation phase is characterized by intense conversations among partners to define the added-value of the collaboration, building trust among each other and clearly setting the goals and systems that are necessary to work together.

The first stage of social innovation consists of exploring the problem to identify pre-existing actors and initiatives, projects, and programs, seeking their complementarity and synergies, analyzing the different scenarios in which they operate. The next step, the co-creation refers to the elaboration of different ideas to respond to identified problems and to transform these answers into specific prototypes, allowing to take advantage of local knowledge, to identify emerging opportunities, and to implement solutions tailored to real needs (Stott, 2018; Menny, et al., 2018; Akasaka & Nakatmi, 2021). Next, prototyping is the materialization of an idea or solution to test it, learn it, adjust it, modify it or, eventually, discard it. Once a promising idea has been proposed, it should be tested in practice (Young Foundation, 2016). Ideas develop through trial and error and constant refinement through a strengthening

step. Finally, there is the replicability and scaling stage. While not all initiatives have to go through each of these steps of social innovation, this must be the way to achieve systemic change (Espiau Idoiaga, 2017). However, there is difficulty for many social innovation projects to reach these last stages. Deiglmeier & Greco (2018) call it the "stagnation chasm" stage, identifying three main barriers: inadequate funding, a fragmented stakeholder ecosystem, and talent gaps.

1.1.2. The role of the education system

The traditional role of education as initial drivers of knowledge is subject to change with QHIM approach (König et al., 2020:480): "*This change involves becoming not only more entrepreneurial… but also more open, visible, interactive and ecological, increasingly producing responsible knowledge that addresses and cross-fertilizes with the demands and needs of civil society and the environment in order to maintain and gain legitimacy and justification within an informed society*". Knowledge and innovation production are supervised with the lenses of the public, civil society, and the environment helices, contributing to a more balanced and also a more complex socioeconomic system and including areas that would not have been taken into account in the previous Triple Helix model (König et al., 2020).

As Carayannis et al. (2012) pose, knowledge is the main resource in the QHIM and it can be produced not only in universities, but also in schools, and within their relationships with other city stakeholders. However, when it comes to addressing socio-ecological transitions, knowledge alone is not sufficient to enable behavioral changes with the necessary potential to drive a collective response to this global issue. On the other hand, Allen & Crowley (2017) argue that "even when people know about climate science, there is little direct evidence that knowledge, or the gaining of it, leads to behavior change". Nonetheless, they believe that education has the ability to promote these behavioral changes overall when these CAEPs are based on three core principles that they called "collective efficacy to behavioral change", defined as *"the sense that one's actions, in combination with the actions of one's community and those with whom values are shared, have the capacity to make the desired impact" (ibid)*. It is therefore the capacity to generate this increase in participants' collective efficacy that will lead to a change in habits and behavior wat really distinguishes these CAEPs from those that follow a more traditional approach based on the exclusive gain of scientific information and knowledge. Thus, CAEPs that integrate these three elements are more likely to result in people taking climate action, as they build upon a shared need for rapid and collective impact (ibid). According to these authors these elements are defined as:

- *Participation*, as an element to enhance learning and catalyze behavioral changes, allowing to engage in decision-making processes, enabling spaces for critical and open-minded conversations among members who share this sense of identity to one's community. In that sense, the participation through QHIM creates contexts for the implication and helps to understand the territory's problem and engage in the decision-making process.
- *Relevance*, as a framework that allows narrowing down and highlighting the importance of an issue in a way that resonates with the community needs and interests, and has opportunities to both learn about and engage.
- *Interconnectedness*, as an amplifier and linker of the local experience with other contexts and demonstrator of how economic, infrastructural, and political systems are interconnected with the impacts of climate change. As Meadows (1997)and Allen and Crowley (2017) refer, systems thinking enables communities to understand both the parts and the interconnections that make up systems, and imagine future outcomes.

Based on different urban and educational projects, Allen and Crowley found that enabling these three elements highlighted the importance of "long-term engagement with professional development, creating opportunities for interconnected learning experiences that simultaneously allowed stakeholders to see how climate change is interconnected with other aspects of personal, social, and civic life" (Allen & Crowley, 2017, pp 304). In light of the above, CAEPs are presented as a tool for multi-stakeholder work, innovation, and knowledge transfer, which enables the promotion of collective efficacy for behavioral change and the generation of changemakers. Therefore, it is important to ensure the sustainability of these programs by promoting strategies that allow fertile contexts for their replication, adaptation or expansion to achieve greater impact. A prototype, like CAEPs, can be scaled using multiple strategies ranging from greater to less control of program content. According to the Work4Progress project (Obra Social La Caixa & itdUPM, 2019), these strategies range from direct control, franchising, creation of new projects, open source, networking, advocacy and communication. These different scaling strategies are not mutually exclusive and can occur simultaneously and can impact laws and policy (scale up), the number (scale out) or cultural roots (scale deep) (Riddell & Moore, 2014). According to the three research questions posed, this paper seeks to answer in a practical way: What are the strategies to counteract the challenges of the continuity of climate action educational programs?

2. Case study: EayD project of the madrid deep demonstration platform

The city of Madrid, with more than 3.3 million inhabitants, faces great sustainability challenges. The speed of the effects of climate change versus the implementing measures to face it is asynchronous, so this scenario does not allow the city to meet its climate commitments (EU Missions on Climate-Neutral and Smart cities, Plan-A for Air quality and climate change, Madrid 360 strategy, and the roadmap for neutrality climate of Madrid city). Pollution rates and the effects of urban heat island make visible the high vulnerability of some districts compared to others, especially with low-income rates, (Khomenko et al., 2021; Tapia et al., 2015) showing the close interrelationship between social and climate vulnerability.

In October 2019, the City of Madrid, and several locally partners -including Universidad Politécnica de Madrid, through the Innovation and Technology for Development Center itdUPM- started a collaboration platform that seeks to accelerate municipal plans on climate action under the framework of the Madrid Deep Demonstration of Healthy and Clean cities (MDD) promoted by EIT Climate-KIC. At the beginning of 2020, more than twenty organizations began collaborating with the MDD in order to establish an organizational model, promoting the construction of an interdepartmental group in the City Council; developing a series of services (the incorporation of organizational processes, new narratives for sustainability, the creation of meaning, etc.); and building an experimentation portfolio linked to its economic model, thus interconnecting the city with experiences and learnings at a national and European level, as well as establishing mechanisms for rapid implementation.

One of the axes of the experimentation portfolio is the CAEPs, with a special focus on school environments as a key space for this urban experimentation. In this way, EayD project of the Young Innovators program of EIT Climate-KIC was launched as a tractor project of this educational axe with the aim of boosting the skills and actions from the educational community to the neighborhoods; joining up thinking with problem-solving, the innovation skills with the knowledge of scientific methods, promoting participatory innovation through a disruptive educational approach based on experiential and project-based learning (EIT Climate-KIC, 2021a, 2021b). EayD has a target group of 11-16-years-old students from schools located in the south of the city of Madrid. According to the theory of Angelidou & Psaltoglou (2017), the contribution of EayD to urban sustainability can be said to focus on the role of citizens, in this case students, as citizen-sensor by *"crowdsourcing environmental data and helping to detect and map underlying trends and problems as examples in the areas of air/water pollution and biodiversity loss"*,

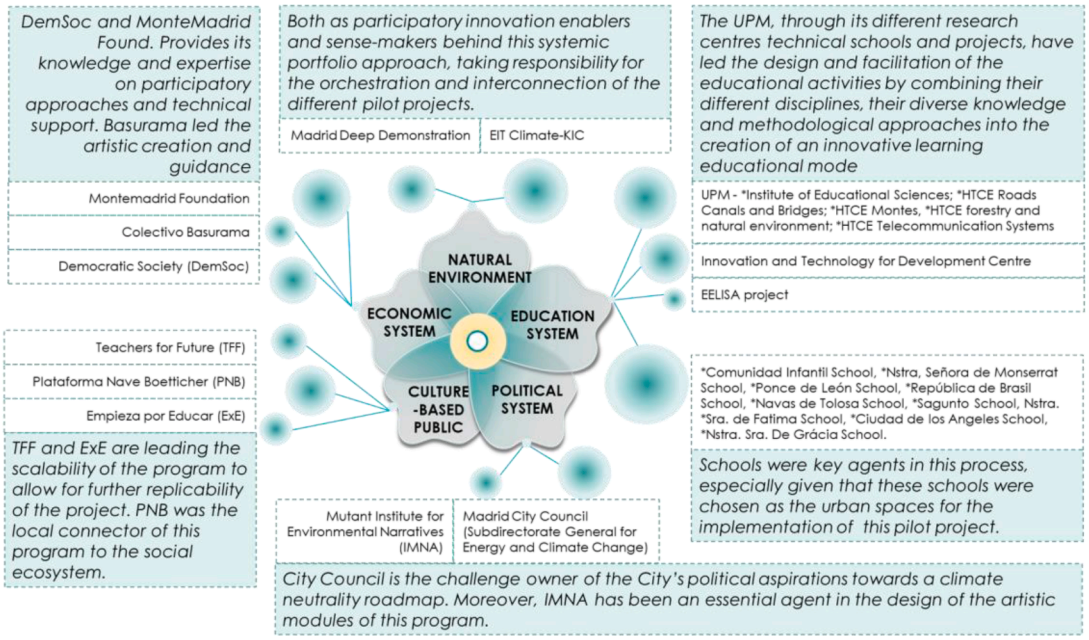


Fig. 4. Stakeholders involved in EayD and their roles.

and collaborative citizens *"by collectively debating, finding and testing solutions to improve energy and resource efficiency and recycling and helping to raise awareness of them".* The project focuses especially in the southern districts of the city, which are social and climate vulnerable. Hence, education has a great potential to promote well-informed citizens in such districts, ,allong them to take climate action towards their city's decarbonization. The sensoring incorporated into the project aims at reducing the digital divide in low income schools' population while the project design aims at increasing their critical thinking and global citizen competences, acting as levers of change in their communities. Such communities can be considered information-disadvantaged groups who are less likely to participate in urban decision-making processes because of the digital divide and lack of understanding on the purpose of participation (Jang & Tommy Gim, 2022).

One of the strengths of the EayD is the interdisciplinarity and cross-sector collaboration. This has taken place all along the ideation, design, implementation, and feedback. Thereby, the EayD's collaborative ecosystem has gathered relevant agents into the process, ensuring the representation of each one of the five helices of the QHIM (Fig. 4).

EayD combines different tools and methodologies in three typologies:

2.1. T1- walkshop

This methodology is defined as an itinerant work session in the format of a walk in the open air, which allows going beyond traditional formats and taking advantage of the benefits of physical activity and being in contact with a natural environment (itdUPM, 2022; Wickson et al., 2015), thus resulting in getting to know the group in a deeper way and allowing organic conversations. According to social innovation, the walkshops methodological approach corresponds to the first -explore- and second -connect and analyze- (Fig. 3). As Wickson et al. argue, the value of this approach includes: "*the ability to use the materiality of a landscape as a tool for facilitating reflection, the capacity to productively alter social dynamics through enabling embodied encounters and challenging existing hierarchies, and the power to alter established patterns of thought through the combination of unmediated outdoor experiences with different social dynamics*'' (2015:245). EayD project worked this methodology through the "Summer Camp'' being the learning tool to participate, engage, and link students, teachers, and stakeholders with their neighborhood by using low-cost air and water quality sensors and analyzing and reflecting about the results.

2.2. T2- Hackathon

This methodology is an incorporation of EIT Climate-KIC's Young Climathon's approach (EIT Climate-KIC, 2019b). It consists of a two-day intensive event in which students hear from experts and other inspiring stories that boosts their creativity and leadership skills and motivates them to work collectively on the design of these innovative solutions. According to social innovation, hackathons correspond from the first to the fourth stage of the social innovation -exploration of the problem to prototyping- stages (Fig. 3). EayD project worked this methodology fostering creativity, innovation, teamwork, system thinking, and interconnectedness of experiences and knowledge among the local stakeholders and schools, as well as other climate educational projects at the national and European levels, thus connecting the reality of the participants with other geographies and contexts.

2.3. T3- formative modules

This methodology is based on the experimentation and development of "learning by doing" and "service-learning" that allows to creatively approach different scientific-technical knowledge, such as technology, biology, physics, and mathematics, but also, as art, grammar, literature, and English. So too, the practical experience allows students to create relevance criteria promoting a call to action. According to social innovation, formative modules correspond to the whole social innovation process (Fig. 3). The four key elements that made up this methodology are:

- **Diversity of the actors:** The groups are made up of 4 or 5 participants. The participants choose which group they want to be in and must ensure the diversity and the roles of each one.
- **Cohesion:** Group cohesion and identity are worked on. For this, there are different dynamics that can contribute to improving and enhancing group cohesion and creating their own identity.
- **Distributed leadership:** Each group assigns leadership, roles and tasks in a rotative way, promoting cooperative work that implies changes in the distribution of power, control, and authority.

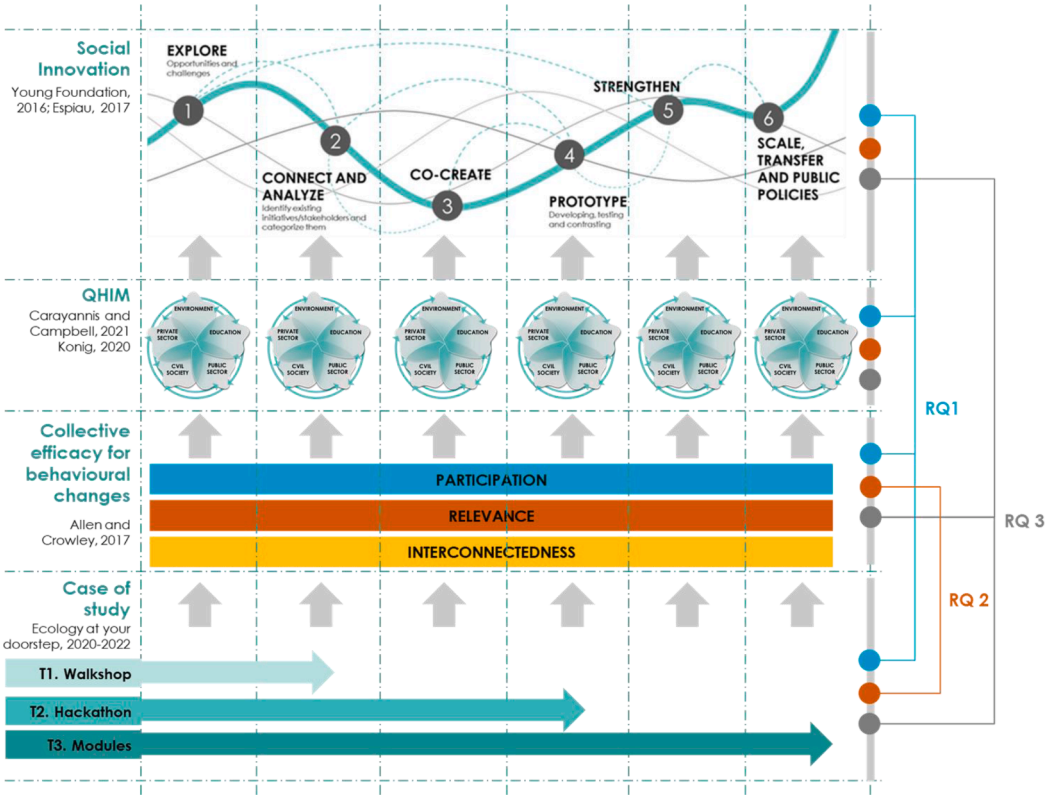


Fig. 5. Methodology proposed to analyze the CAEPs.

- **Evolutive monitoring and evaluating:** A transversal process of monitoring and evaluating participants is developed, analyzing the process, results, and the scale-up of the interventions.

This methodology is applied in two formative modules constituted by a series of innovative experimental activities. The two modules are:

(a) ***Air and Water Guardians*:** This module aims to enable participants to become "water and air quality inspectors" based on a service-learning approach, responding to the following questions: What do we know about our environment? What is pollution? How do we measure pollution? How to work with sensors? How to work with sensors collaboratively? How to make this information visible and act on it?

(b) ***Veget-ARTing schools:*** This module is designed under the umbrella of the New European Bauhaus initiative (NEB, 2022) with the aim to enhance citizen participation through the collaborative ideation and design of artistic prototypes of NBS, following the learning of the Cyborg Garden project (IMNA, 2022), a great example of an urban experimentation project in Madrid. The Cyborg Garden project is embedded within the MDD experimental portfolio and is led by artists of the Mutant Institute for Environmental Narratives (IMNA). This module replicates the cyborg garden's purpose by combining the approach, the experiences, and the network of MDD's to integrate art, science, culture, technology, and society tissue for the codesign of urban experimentations in schools and its surroundings, responding to the following questions: What are nature-based solutions? How do we experiment with it? How can art help us to communicate in a deep way about the climate crisis? How to build prototypes of urban experimentation in our schools with sensors, NBSs, and art?

Between 2020 and 2022, EayD has mobilized more than 200 students and a community of 20 teachers from five schools in the south of Madrid. It has connected more than 20 local and international organizations, four local and European projects, and linked the work of the city of Madrid with the cities of Cundinamarca in Colombia, Valencia, Leuven and Krakow in Europe. EapdB has a modular and easily adaptable character, so that its implementation has been simple for its contextualisation in other neighborhoods, for which training materials have been developed for both teachers and students.

3. Materials and research methodology

This research uses a case study research method that analyzes the information of the "Ecology at your doorstep" project (EayD) of the Madrid Deep Demonstration program (MDD). According to Yin (2018), case study research is typically adopted to understand complex social phenomena. The descriptions in this research method are based on a variety of data sources, which is one of the major strengths of this research method (Yin, 2018). Hence, triangulation of a set of sources of evidence is used to substantiate findings robustly (Yin, 2018).

The theoretical framework that guided the case study analysis (Fig. 5) includes in the first place the QHIM applied to school environments,with a focus on their contribution to the sustainable transformation of the cities. The QHIM serves as a theoretical and practical model for the exchange of knowledge, based on five social subsystems, which interact to generate and promote a sustainable development of society (Carayannis et al., 2012, Konig et al., 2020). The second element that was integrated into this case study analysis was Allen & Crowley's (2017) theoretical framework on the importance of designing CAEPs that go beyond increasing people's scientific knowledge and aim to increase participants' *collective efficacy* instead. Finally, the third element is the social innovation process as an analysis tool to isolate the processes of the CAEPs.

The research has been led by six researchers of EayD (July 2020 to June 2022) and enriched by the perspectives of stakeholders and

Table 1
Guideline of the semi-structured interviews to the case study stakeholders - RQ1.

	Instructions: 1) *Evaluate from 1 to 5, being 1=not at all, 2=little, 3=some, 4=quite a bit, and 5=a lot. 2) Evaluate each step of social innovation -Exploration of the problem; -Connection and analysis; -Co-creation; -Prototyping; - Strengthening; and -Scaling and promotion of public policies*		
	Participation	**Relevance**	**Interconnectedness**
CASE STUDY	What do you consider the level of participation of your helix in the following stages promoted by **EayD**? Why?	What do you consider the level of relevance for your helix in the following stages promoted by **EayD**? Why?	What do you consider the level of interconnectedness for your helix in the following stages promoted by **EayD**? Why?
GENERAL	What do you consider the level of **participation** of your helix in the following stages that promote **climate education actions** in the city? Why?	What do you consider the level of **relevance** of your helix in the following stages that promote **climate education actions** in the city? Why?	What do you consider the level of **interconnectedness** of your helix in the following stages that promote **climate education actions** in the city? Why?

Table 2
Guideline of the semi-structured interviews to the case study stakeholders - RQ3.

Instructions:				
Evaluate from 1 to 5, being 1=not at all, 2=little, 3=some, 4=quite a bit, and 5=a lot. Evaluate the participation, interconnectedness and relevance of the strategies implemented for EayD scaling.				
Strategies:	1) Direct control of the programme	2) Franchising	3) Creation of new projects	4) OpenSource
	5) Networks and Alliances	6) Advocacy	7) Dissemination	

external observers of the project that amplify the creative potential of a case study (Eisenhardt, 1989). The participants of this research reviewed and validated the final version of this paper. The following sources were analyzed for triangulation purposes: key documentation related to project activities (project proposals, terms of references, working documents, and project reports); direct and indirect observation in the field (workshops, team meetings, and project meetings), continuous monitoring and feedback with facilitators of the MDD, and surveys and semi-structured interviews to the stakeholders. This last element (semi-structured interviews) is a method of collecting information for qualitative research, through a series of questions to a study subject, in order to learn their perspective on a specific phenomenon (Aarsand & Aarsand, 2018; Saunders et al., 2009; Symon & Cassell, 2004).

To answer RQ1 and RQ3, semi-structured interviews were used where eleven relevant experts were selected among the project stakeholders to represent each part of the QHIM. These participants were chosen for their high level of decision-making capacity and experience in the design and implementation of CAEP within the city, as well as for their role and implication during the EayD project. The process of building interviews began with the definition of questions based on the research objective and research questions (Hamui-Sutton, 2016). Afterwards, the audience guide was designed, composed of (1) the introduction of the interviewer, the purpose, a brief contextualization of the main concepts; (2) The response of the questions in Tables 1 and 2; and (3) the conversations and the establishment of the key elements of the research questions (Aarsand & Aarsand, 2018; Saunders et al., 2009).

Thus, participants expressed their opinion both on a general level about the helix role they represented in each phase, as well as on their helix role in the specific case of EayD. The results of both analyzes were compared item by item and for each principle using nonparametric tests for paired samples (Wilcoxon signed rank test). The reason why these two levels were integrated within the semi-structured interviews was to **identify the successes, strengths, and good practices obtained from the experience of the EayD project.** Comparing these learnings to those derived from other previous or existing educational programs allows for a better comprehension of the strategies that need to be followed in order to achieve an effective continuation of these climate educational programs.

Table 3
Number of responses collected from the participants of the EayD project.

School name	**T1 - Walkshop**	**T2 - Hackathon**	**T3 - Formative module**
Navas de Tolosa	-	28 students + 4 teachers	28 students + 4 teachers
Ponce de León	-	21 students + 3 teachers	21 students + 3 teachers
Rep. de Brasil	-	15 students + 1 teacher	15 students + 1 teacher
Montserrat	17 students + 2 teachers	-	-
Com. Infantil	8 students + 1 teacher	-	-

Table 4
Questions included in the questionnaires to teachers and students - RQ2.

	Quantitative analysis	**Qualitative analysis**
Participation	(1) Are you interested in participating in scientific projects with a focus on citizen participation and collaboration?	(1) To which extent do you agree with the following sentence: Attending the different sessions of the EayD project has allowed me to develop new skills and competences. (2) In the future, would you like to work in something related to what you have seen during the EayD's sessions?
Relevance	(1) Do you think that EayD contributes to the sustainability of the school as well as to the wellbeing of the neighborhood?	(1) In your opinion, how important is it to have young leaders in order to achieve a more inclusive and sustainable society? (2) To which extent do you agree with the following sentence: Climate Change and other environmental issues are topics of interest.
Interconnectedness	(1) Would you like to participate in any association of any kind in your neighborhood?	(1) Which of the EayD's stakeholders or other local organizations do you know? (2) Which are the advantages that you see about working in teams when looking for a solution to a problem or the implementation of an idea?

To answer the RQ2, a series of surveys were conducted as part of the evaluation phase of the EayD project. These were distributed among the different schools in which the program's activities (walkshop, hackathon, and formative modules) were carried out, gathering responses from a total of 89 school students and 8 teachers who were directly involved. (Table 3).

These surveys included open questions and Likert scale questions. For the quantitative analysis, Likert scale questions were reclassified into dichotomic answers (yes/no). For this study we selected and classified the questions in the three principles for collective efficacy and behavioral changes for collective responses to climate change (Table 4).

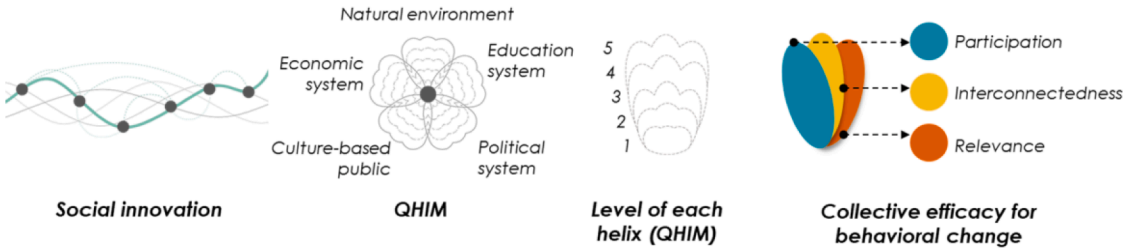


Fig. 6. Legend for reading the visualization of the results.

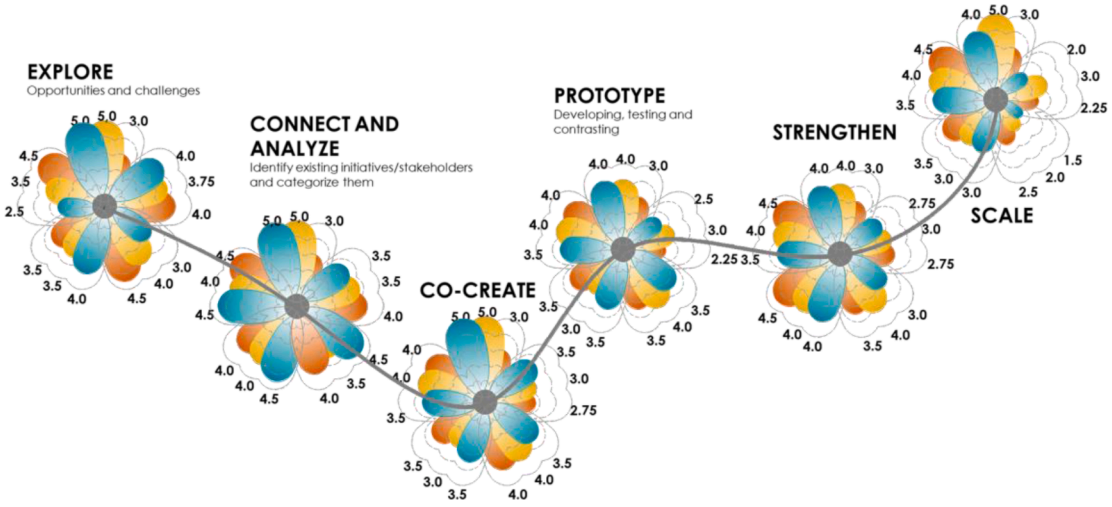


Fig. 7. Results of the application of the proposed methodology - CAEPs in general.

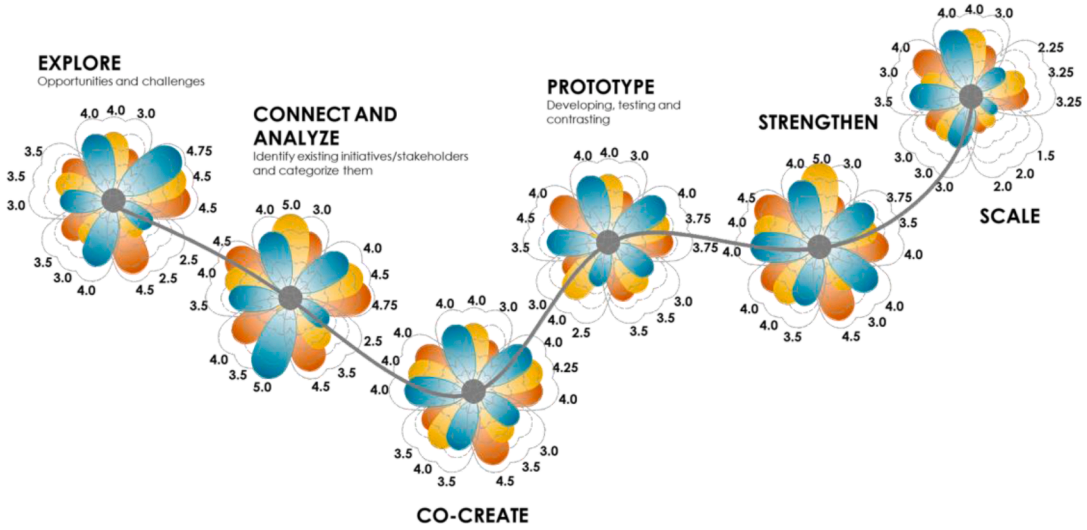


Fig. 8. Results of the application of the proposed methodology - Case study: EayD.

4. Results

4.1. RQ1 - analysis of the critical points regarding the continuity of the CAEP using the proposed framework

The results are a product of the assessment (from 1 to 5) based on the perspective of each QHIM subsystem (5 helices) on the three criteria for collective efficacy (participation, relevance and interconnectedness) throughout each step of the social innovation process. This analysis is based on the perception of the respondents regarding the case study (EayD) to identify the stages of social innovation where the collective efficacy level is at its highest and lowest. On the other hand, this analysis is also based on participants' perception with regards to educational climate action programmes implemented in Madrid (general case) with the aim of establishing a benchmark to compare the case study with the portfolio of CAEPs in Madrid. The systematized data is therefore the result of the semi-structured interviews conducted with representatives of each subsystem. The legend for the reading of the results in Fig. 7 (general case) and Fig. 8 (case study) can be found in Fig. 6.

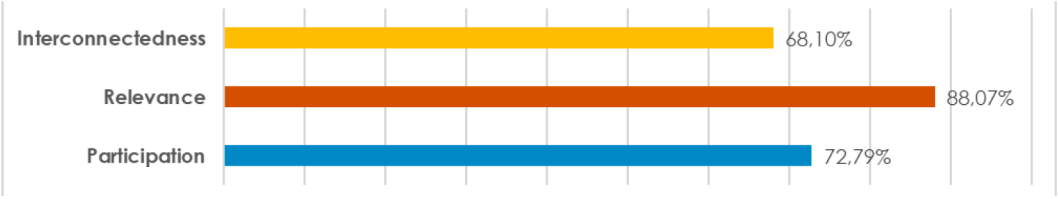


Fig. 9. Level of collective efficacy according to EayD's participants.

4.1.1. Natural environment

For the case study, the ratings of the environment representatives' perception of their role in each scenario fluctuate between +3.0 and +5.0. Stakeholders consider that their greatest contribution is in the relevance in the stages of connection and analysis, and strengthening. For the benchmark, stakeholders consider that their greatest participation is in the connection and analysis stage. The work of the case study is positively valued, emphasizing its relevance during the process of strengthening the project. On the other hand, they consider that the case study should strengthen participation in the early stages and the relevance of exploration and scaling up. Participants identify themselves as promoters of the project, but not as agents in the follow-up and scaling-up of the project.

4.1.2. Education system

For the case study, ratings fluctuate between +2.25 and +4.75. Peak values are identified in the early stages of the project and decrease throughout the project with a valley in the scaling-up stage. Participants express difficulty in identifying specific knowledge on scaling-up models of CAEPs. For the benchmark, the linked organizations consider that there is a positive differential value of the case study with respect to other CAEPs, emphasizing the 3 principles of collective effectiveness in the stages of co-creation (+1.25) and prototyping (+1.5).

4.1.3. Political system

For the case study, Ratings fluctuate between +1.5 and +4.5. Networking is the most valued throughout the process. A maximum rating by participants on participation and networking actions is identified in the strengthening stage; however, a decrease of up to 2.5 points (participation) is shown between strengthening and scaling up. This reinforces the participants' message about the difficulty of scaling up CAEPs from this subsystem. For the benchmark, Participants value the project positively and consider the participation and networking in the strengthening stage of the project as a differential value. They also express the difficulty of scaling up CAEPs, as these are not designed for scaling up, responding to theoretical models, or being focused only on knowledge transfer and not on practices adapted to public policies, and to contexts that include collaborative and networked work.

4.1.4. Culture-based public

For the case study, participants express the difficulty of how learning can go beyond the boundaries of schools and penetrate into the neighborhood. It is a big challenge to go beyond the school boundaries and drive behavioral change not only in the students but also in the neighbors. Ratings exceed 3.5 on average. Positive ratings are identified on the relevance of co-creation and prototyping (+1.0), in contrast to a low participation by this helix in prototyping (2.5). Importantly, all participants rate participation in the connection and analysis stage with the highest score (5.0). For the benchmark, the ratings fluctuate between +2.5 and +5.0, with better ratings for the general case compared to the case study in the involvement of co-creation and relevance in the second half of the project.

4.1.5. Economic system

For the case study, ratings fluctuate between +1.5 and +4.5. Participants positively value the interconnectedness of the early stages of the project (4.5) stating that the project has not only developed interventions in schools, but has connected the organizations working in the neighborhood with a broad ecosystem of diverse actors, allowing for a wealth of knowledge and innovation. Finally, the lowest values are identified in the scaling-up stage, stating that there is a lack of specific knowledge on strategies for the amplification of this programme to more students, but also to more contexts. For the benchmark, participants rate the participation and networking in the strengthening stage positively, as well as the networking in the early stages of the project. On the other hand, there is a significant reduction in the scaling-up phase. In this sense, participants affirm that there is a need for more effective impact assessment tools to support the necessity, relevance and visibility of these programmes in order to validate their funding towards various forms of scaling up.

Finally, the absolute minimum results are located for both cases of analysis in the participation of the scaling of the economic system and the political system. On the other hand, the absolute maximas are located in the participation and relevance of the early stages of the social innovation process for the natural environment of the general case.

4.2. RQ2 - analysis of the principles of collective efficacy's impact from the perspective of the case study's participants

The results obtained from the analysis of the data collected from the surveys's responses of teachers and students (see Table 3) who participated during the implementation of the EayD show the impact that this educational programme has had on the final audience of this case study in relation to the three principles of collective efficacy. In this sense, Fig. 9 reveals how the principle of "relevance" has had a bigger influence throughout the course of this educational program. Some of the highlights that were identified from participant's answers regarding these three principles are shown in the following lines.

4.2.1. Participation

72.29% students mentioned that they would like to participate in scientific projects with a special focus on citizen participation and collaboration. Moreover, 45.6% of the participants manifested their interest to choose a professional career that was related to what they had learned throughout the program. Lastly, the surveys revealed a very positive perception of the project's formative impact on students who stated that they had learnt several skills, specially remarking their leadership and problem-solving capacity, as well as their ability to mobilise others and the technological skills they had acquired throughout the program.

4.2.2. Relevance

88.07% students were convinced that it was an important contribution to the sustainability of the school, as well as to the wellbeing of citizens within their neighborhood. In fact, the majority of participants found Climate Change issues to be topics of interest for them. Finally, the students believed that their role as young leaders was crucial in order to achieve a more inclusive and sustainable society.

4.2.3. Interconnectedness

After the implementation, participants expressed a significant grade of interconnectedness, according to 68.10% of students who manifested

their interest to engage in any type of association within their neighborhood. On that note, once the program was finalized, participants were able to identify a variety of relevant stakeholders within their local area which could fit this purpose. Finally, the students' responses showcased their positive understanding on the necessary conditions for an effective multi-stakeholder and collaborative approach throughout the course of any project. Among some of their comments, it is worth highlighting the diversity that these collaborative teams bring to the collective intelligence processes, making it much easier to find a proper solution to a problem.

4.3. RQ3 - analysis of practical strategies to counter the challenges of programme continuity

The results of the assessment of the principles of collective collective efficacy applied to the different strategies for scaling up the case study are shown below. These results are the product of the semi-structured interviews explained in the research methodology.

The absolute minimum value is located in the participation of strategy 4 with 1.91, with the relative minimums for relevance and interconnectedness being 3.18 (strategy 6) and 3.82 (strategy 7) respectively. The absolute maximum value is located in the interconnectedness of strategy 5 with 4.82, with the relative maximums for participation and relevance being 4.27 (strategy 5) and 3.82 (strategies 1 and 7) respectively. 95.23% score above 2.5 and 38.09% score above 4.0. Relevance and interconnectedness are the highest rated principles for all strategies with 4.04 and 4.09 on average respectively. Finally, no data is shown for strategy 2 as it has not been applied in the project.

5. Discussion

5.1. Discussion about RQ1

According to the analysis of the presented results, the critical point of the different subsystems throughout the process of social innovation is located in the scaling.. This study confirms the difficulty of scaling social innovation processes such as CAEPs and the urgent need to find strategies to unlock it. This validates Deiglmeier & Greco's (2018) theory about the "stagnation chasm''. In this sense, they argue that inadequate financing for growth, the fragmented nature of the social innovation ecosystem, and talent gaps are some of the barriers that prevent social innovation processes from achieving a broader impact. An inadequate financing is directly linked to the scaling strategy 1, 2 and 3, given that it requires direct resources for its continuity. In this case study, strategies 1 and 3 have been addressed, which require high levels of relevance and interconnection. In this sense, networking is important in order to identify synergies and complementarities between the different subsystems that lead to a more efficient use of resources (equipment, material, activities, etc.).

On the other hand, the semi-structured interviews have shown that the scalability of these programs should not depend solely on the public administration. The administration can support these but there should be more resources to ensure the continuation of the projects. This reinforces the need to break down organizational silos and promote a collaborative work approach that allows for a cohesion of the different subsystems, thus avoiding the fragmentation of the ecosystem, as noted by Moreno Serna (2021). In this sense, the role of facilitation and orchestration is a key element of any collaboration platform in order to build and maintain these innovation ecosystems (*ibid*). Lastly, the case study has exposed different practical strategies for scaling; however, the lack of knowledge regarding business models for the sustainability of the program is still evident. Hence, promoting interdisciplinary knowledge is not only beneficial during the implementation, which is the phase that Allen & Crowley (2017) focus on, but also for the continuity of the program and the transfer of knowledge and innovation between the different subsystems throughout the entire process of social innovation.

5.2. Discussion about RQ2

As it has been analyzed regarding RQ2, CAEPs have the capacity to echo local contexts when applied to learning in controlled spaces, such as school environments, as Hill (2022) has also shown. This highlights the potential of school environments to become ULL, thus promoting not only theoretical awareness, but also a behavioral change that transcends the boundaries of this particular classroom environment, as noted by Allen & Crowley (2017). Creating these contexts of collaboration and trust combined with an effective distributed leadership style will allow for a true cohesion of the ecosystem of actors (Moreno Serna, 2021), which helps to unlock this collective efficacy, contributing to the continuity of the project.

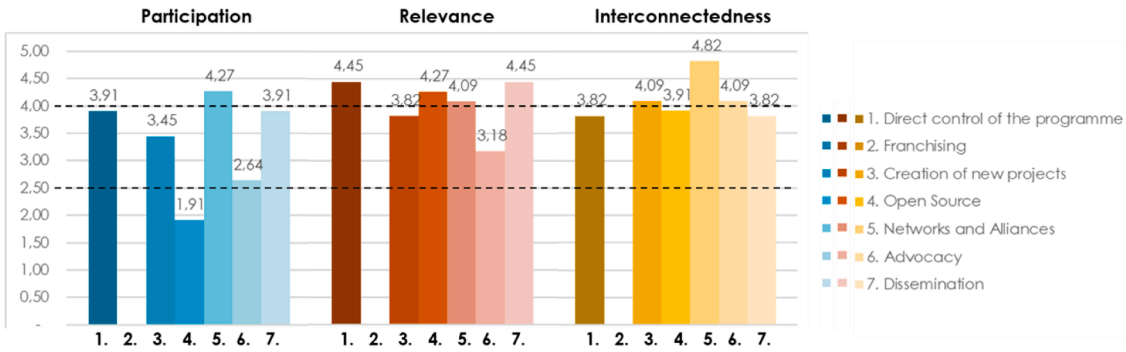
Following the experience of EayD's project, the integration of these three principles of collective efficacy proposed by Allen & Crowley (2017) have aimed at having a greater scope of impact on the generation of an active participation, unlocking new ways of thinking that have led students to new and more conscious behavioral changes.

As shown in Fig. 9, the presence of the three principles of collective efficacy has not been homogeneous all throughout the program. On the contrary, it has been identified that the principle of relevance has been the one which has exerted the greatest influence regarding the impact of this collective efficacy on the participants of the EayD project. This is due to the relevance of the educational program from the very early stages of the social innovation process, for which all the actors of the different helices were taken into consideration, including the education helix. Indeed, working alongside with members of local agents (Ex: Plataforma Nave Boetticher) who had a solid experience in social action programmes within schools, as well as vast knowledge of the sociocultural reality of the neighborhood in particular, has been a key element when adjusting the purpose and methodology of this educational program to fit the context and its needs. In this way, providing a correct framing of the project for participants has allowed them to feel a personal connection to the challenges and objectives presented by EayD. This relatedness has been fundamental when encouraging students to become agents of change and lead the urban transformation in their neighborhoods, which resonates with Cordero et al (2020)'s claim on the importance of establishing these personal connections to an issue in order to trigger sustained actions.

Despite the positive results obtained through the surveys carried out in the participating schools, there is still an important pending task to evaluate and monitor this process in order to measure the level of impact on the QHIM. Accordingly, including an evolutionary evaluation process would allow for a better traceability of this impact by collecting the improvements that the implementation of the case study has generated for the participating schools and future wellbeing of their neighborhoods. The challenge therefore lies in providing information on the monitoring of the project to all stakeholders in order to make the failures and successes visible, building a transparent story that shows evidence of transformations (tangible and intangible), serving as a sample of the impact.

5.3. Discussion - RQ3

This research has presented an analysis of the application of the different practical strategies for scaling programs proposed by Work4-Progress project (Obra Social La Caixa, & itdUPM, 2019) to CAEPs, which range from greater (strategy 1) to less control of the program (strategy 7). In the first place, the direct control strategy requires high levels of participation, relevance and interconnectedness on the part of the stakeholders, with an emphasis on ensuring relevance. In the case study, this has been solved through funding calls such as Erasmus+ and EIT Climate-KIC and grants from private organizations, replicating and expanding the initial scope of the project. On the other hand, the number of agents involved in the project has increased, which coincides with the "scale out" scaling type by Riddell & Moore (2014), allowing the



1. **Direct control:** Replication carried out with its own resources by increasing the number of users and/or spaces.
2. **Franchising:** Transfer of the exploitation of the project with a quality guarantee system that ensures its integrity.
3. **Creation of new projects:** Creation of new initiatives using the resources of the original project.
4. **Open Source:** Dissemination of good practices, guides, open access manuals, and mentoring activities.
5. **Network:** Coalitions, Affiliation with other organizations, multi-stakeholder alliances and network formation
6. **Advocacy:** Technical advice
7. **Dissemination:** Promotion of learning and success stories

Fig. 10. Results of the application of the proposed methodology for the RQ·3.

amplification and diversity of interdisciplinary knowledge.

Regarding strategy 3 of creating new projects, this requires a high interconnectedness capacity, which implies strategic design to identify the different opportunity niches. In the case study, the creation of two initiatives that integrate the same principles and methodologies as the original project has been promoted, thanks to the inclusion of new actors and knowledge. On the one hand, Veget-Art-ing Schools Project, which integrates art as a vector of knowledge and innovation, and on the other hand, the project for the training of EayD trainers, which aims to provide teachers with tools for them to be able to implement the project.

Strategy 4 (Open Source) entails minimal participation and high relevance on the part of the promoting organizations. The case study has implemented a project web page where the methodological guides, manuals for students, session presentations, as well as project evaluations are stored, so that they can be replicated in other contexts without the need for a direct control by the promoting organizations.

Strategy 5 (networks and alliances) requires high participation, relevance and interconnectedness. The case study has established synergies with other local projects (Ministry of the Future, Children's Assembly) and European projects (Journey, Adaptive Cities Through integrated NBS project and LIFE-PACT project) through interconnected work with the experimentation portfolio of the Madrid Deep Demonstration program. These projects shared the same target audience (schoolchildren) and implementation space (Usera and Villaverde districts), which has made it possible to apply the "scale out" type of scaling. In the same way, this network of projects has also made it possible to amplify the thematic/cultural lines (sensorization, NBS, art), deploying a "scale deep" type of scaling. On the other hand, the lack of strategies aimed at "scale up" (impact on public policies) necessary for the continuity of the program is evident.

Strategy 6 (Advocacy) does not require high participation but does require a high degree of interconnectedness during the design and implementation process. In the case study, this strategy has been implemented through type 2 of the project (hackathons) in Cundinamarca region (Colombia). For this, it was necessary to carry out previous training sessions and support during the implementation.

Finally, strategy 7 (dissemination) is based on relevance, so in the case study the process of identifying audiences (citizens, policy practitioners, researchers, cities network, and other projects) was fundamental, as well as their respective communication channels (social networks, congresses, conferences, workshops, personalized meetings, etc.) and the development of different materials for each of them (videos of the project; proceedings of academic congresses, brochures, guides, manuals, scientific articles, non-scientific articles and training sessions).

6. Conclusions

The methodological design to address RQ1 has allowed the development of a new analytical framework that allows identifying critical points of collective efficacy within the QHIM subsystems throughout the entire social innovation process. The interconnection of these three theoretical frameworks, which are complementary, is a new and interesting contribution which had not been linked until now. Although this analytical framework has been designed for this case study, it can also be applied to other CAEPs, as well as to various social innovation initiatives, regardless of its theme. In fact, this research/study has shown that the three principles proposed by Allen and Crowley can be transversally incorporated into the QHIM subsystem throughout the entire process of social innovation and not only in the implementation of educational programs (exclusively aimed at students).

In that sense, implementing methodologies that reinforce these three principles will increase trust, commitment, and the cohesion of the QHIM ecosystem of collaboration, thus catalyzing the transfer of knowledge and innovation. Implementing these methodologies also makes the learning and impacts of the entire process of social innovation visible. These learnings and impacts transcend tangible results (for example: technological solutions) including other intangible results as well (interdisciplinary collaboration, distributed leadership, etc.) that are very necessary when we face challenges such as climate change.

As discussed, the practical strategies for scaling that have been developed through this research vary from a greater to a lesser control of the QHIM subsystems on the CAEPs. In that regard, it is important to highlight that the selection of one or more strategies requires a high dose of generosity on the part of the stakeholders, given that choosing strategies with a greater control on CAEPs does not imply greater collective efficacy. The reasoning behind this choice of strategies for scaling must respond to both the context in which the program will be implemented and the ecosystem that has been built. Hence, listening to the local context of the city is a vital element to understand the existing challenges of its community and to create valuable connections that can lead to the design of relevant interventions. This active listening must take place throughout the entire social innovation process.

On the other hand, some of the main limitations regarding this research are: 1) Long-term impact of climate action educational programs on students' behavioral change towards climate action is an important pending issue; 2) The interpretation of the semi-structured

interviews and surveys depends on the participants' understanding of the topic, so the content analysis limits the bias of human interpretation; 3) Although interviews have been conducted with project participants (relevant stakeholders and students in the last year of implementation), they do not represent the entire case study, nor the CAEPs portfolio. Therefore, future research should be extended to a larger sample, detailing each typology of the project's intervention (T1, T2 or T3).

Finally, this study presents a proposal for a new analytical framework that interconnects theoretical elements which had not been linked before, thus contributing to future research and projects that aim to promote behavioral changes for climate action towards a sustainable transformation of cities. (Fig 10).

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Data Availability

Data will be made available on request.

Acknowledgment

This research received funding from the European project Ecología a pie de Barrio (Ecology at your doorstep) of the Young Innovators program and VegetART-ing Schools of the Cross-KIC New European Bauhaus, both of the EIT Climate-KIC with the collaboration of the european project Madrid Deep Demonstration of Healthy and Clean Cities of the EIT Climate-KIC, under grants 210083, 210146, and 210328.

Supplementary materials

Supplementary material associated with this article can be found, in the online version, at doi:10.1016/j.scs.2022.104239.

References

Aarsand, L., & Aarsand, P. (2018). Framing and switches at the outset of qualitative research interviews. *Qualitative Research, 19*(6), 635–652. https://doi.org/10.1177/1468794118816623

Akasaka, F., & Nakatani, M. (2021). Citizen involvement in service co-creation in urban living labs. In *, 0. Proceedings of the 54th hawaii international conference on system sciences* (pp. 4374–4383). https://doi.org/10.24251/hicss.2021.532

Angelidou, M., & Psaltoglou, A. (2017). An empirical investigation of social innovation initiatives for sustainable urban development. *Sustainable Cities and Society, 33*, 113–125. https://doi.org/10.1016/J.SCS.2017.05.016

Allen, L. B., & Crowley, K. (2017). Moving beyond scientific knowledge: Leveraging participation, relevance, and interconnectedness for climate education. *International Journal Global Warming, 12*(3/4), 299–312. Retrieved June 20, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/318078120_Moving_beyond_scientific_knowledge_Leveraging_participation_relevance_and_interconnectedness_for_climate_education [accessed Mar 14 2022].

Barcellos-Paula, L., De la Vega, I., & Gil-Lafuente, A. M. (2021). The quintuple helix of innovation model and the sdgs: Latin-American countries' case and its forgotten effects. *Mathematics, 9*(4), 1–24. https://doi.org/10.3390/math9040416

Calderón-Guerrero, C., Martínez Núñez, M., Sastre-Merino, S., & Marchamalo, M. (2021). Pilot experience to increase the environmental awareness of young students (12-18 years) through innovating formation by UPM researchers in the classroom. In *Proceedings of the 15th annual international technology, education and development conference, INTED 2021*, 8-9 March.

Campbell, D. F. J., & Carayannis, E. G. (2013). *Epistemic governance in higher education. Quality enhancement of universities for development.* Springer Briefs in Business. Springer.

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). «Mode 3» and «Quadruple Helix»: Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management, 46*(3-4), 201–234. https://doi.org/10.1504/ijtm.2009.023374

Carayannis, E., & Campbell, D. (2010). Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, 1*(1), 41–69. https://10.4018/jsesd.2010010105.

Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. (2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship, 1*(1), 2. https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2

Carayannis, E. G., & Campbell, D. (2019). *Smart Quintuple Helix innovation systems. How social ecology and environmental protection are driving innovation, sustainable development and economic growth.* Springer.

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2021). Democracy of climate and climate for democracy: The evolution of quadruple and quintuple helix innovation systems. *Journal of the Knowledge Economy*, 1–33.

Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. (2012). The quintuple helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship, 1*(1), 2. https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2

Carayannis, E. G, Draper, J., Iftimie, I. O., & Crumpton, C. D. (2019). *Accelerating the arrival of fusion energy within a quintuple helix innovation ecosystem to address climate change.* https://doi.org/10.31235/osf.io/axb95

Chesbrough, H. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology.* Harvard Business School Press.

Cordero, E. C., Centeno, D., & Todd, A. M. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. *Plos One, 15*(2), Article e0206266. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206266

Deiglmeier, K., & Greco, A. (2018). *Why proven solutions struggle to scale up*. Retrieved July 9, 2022, from https://ssir.org/articles/entry/why_proven_solutions_struggle_to_scale_up#.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review, 14*(4), 532–550. https://doi.org/10.5465/AMR.1989.4308385

EIT Climate-KIC. (2019b). Playbook - ideas that tackle climate challenges together. Retrieved June 20, 2022, from https://climathon.climate-kic.org/media/zyieggj2/playbook.pdf.

EIT Climate-KIC. (2019a). Transformation in time. Technical report. Retrieved June 5, 2021, from https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2018/12/Transformation-in-time.pdf.

EIT Climate-KIC. (2021a). *Young innovators - theory of change*. Retrieved March 17, 2022, from www.younginnovators.climate-kic.org.

EIT Climate-KIC. (2021b). *Booklet with tools and guidelines for young innovators*. Retrieved June 20, 2022, from https://yicy2020.cyprusinteractionlab.com/wp-content/uploads/2020/06/Booklet-with-the-tools.pdf.

Espiau Idoiaga, G. (2017). Nuevas tendencias de la innovación social. *Revista Española del Tercer Sector, 37*, 141–168.

Etzkowitz, H., & Leydesforff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy, 29*(2), 109–123.

European Commission. (2009). *The world in 2025. Rising Asia and socio-ecological transition*. European Commission. Retrieved 31 August 2021 from https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/e85d40a5-4506-46e0-88e3-96d34e733432.

Hamui-Sutton, A. (2016). La pregunta de investigación en los estudios cualitativos. Investigación en Educación Médica, 5(17),49-54. Retrieved 3 August 2021 from: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349743621008.

Hill, D. (2022). Designing missions. Mission-oriented innovation in Sweden - A practice guide by Vinnova. https://www.vinnova.se/contentassets/1c94a5c2f72c41cb9e651827f29edc14/designing-missions.pdf?cb=20220311094952. 2022. (Accessed 20 June 2022).

Iliopoulos, S. (2020). *Investigating the transformative capacity of urban experimentation. The case of urban living labs: Insights from the swedish context*. Retrieved June 20, 2022, from https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1453812/FULLTEXT01.pdf.

Iltus, S. (2012). *Climate change and environmental education. A companion to the child friendly schools manual.* UNICEF.

itdUPM. (n.d.). Los walkshops del itdUPM - Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano. Retrieved March 24, 2022, from https://www.itd.upm.es/walkshop/.

Instituto Mutante de Narrativas Ambientales IMNA | Matadero Madrid. (2022). Retrieved June 20, 2022, from https://www.mataderomadrid.org/programas/instituto-mutante-de-narrativas-ambientales-imna.

Jang, S., & Tommy Gim, T. H. (2022). Considerations for encouraging citizen participation by information-disadvantaged groups in smart cities. *Sustainable Cities and Society, 76*, Article 103437. https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103437

Karvonen, A., & Van Heur, B. (2014). Urban laboratories: Experiments in reworking cities. *International Journal of Urban and Regional Research, 38*(2), 379–392. https://doi.org/10.1111/1468-2427.12075

Khomenko, S., Cirach, M., Pereira-Barboza, E., Mueller, N., Barrera-Gómez, J., Rojas-Rueda, D., Hoogh, K., Hoek, G., & Nieuwenhuijsen, M. (2021). Premature mortality due to air pollution in European cities: A health impact assessment. *The Lancet Planetary Health, 5*, e121–e134. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30272-2

König, J., Suwala, L., & Delargy, C. (2020). Helix models of innovation and sustainable development goals. eds. *Industry, innovation and infrastructure. Encyclopedia of the UN sustainable development goals*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71059-4_91-1.

Læssøe, J., & Mochizuki, Y. (2015). Recent trends in national policy on education for sustainable development and climate change education. *Journal Education Sustainable Development, 9*, 27–43.

Meadows, D. H. (1997). *Leverage points: Places to intervene in a system* (pp. 1–19). The Sustainability Institute.

Menny, M., Voytenko Palgan, Y., & McCormick, K. (2018). Urban living labs and the role of users in co-creation. *Gaia, 27*, 68–77. https://doi.org/10.14512/gaia.27.S1.14. January 2018.

Millard, J. (2018). How social innovation underpins sustainable development. eds. *Atlas of social innovation* (pp. 40–43). TU Dortmund University.

Mokhtarmanesh, S., & Ghomeishi, M. (2019). Participatory design for a sustainable environment: Integrating school design using students' preferences. *Sustainable Cities and Society, 51*, Article 101762. https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101762

Moreno Serna, J. (2021). *Systemic collaborative platforms: Accelerating sustainable development goals transitions through multi-stakeholder convening arrangements*. Universidad Politécnica de Madrid Escuela.

New European Bauhaus: Beautiful, sustainable, together. (n.d.). Retrieved June 20, 2022, from https://europa.eu/new-european-bauhaus/index_en.

Obra Social La Caixa, & itdUPM. (2019). Work4Progess, -Guía III Prototipado y escalado. 1–27.

Pulford, L., Nordstokka, K., Friesen, C., Sigaloff, C., Moerbeek, K., Van Loon, L. & Oosterwijk, M. (2011). Co-Creation Guide - Realising Social Innovation together. Retrieved June 20, 2022, from www.dialoguecafe.org.

Riddell, D., & Moore, M.L. (2014). Scaling out, scaling up, and scaling deep: lessons on scaling social innovation and designing the learning processes to support it. 44.

Roman, M., & Fellnhofer, K. (2022). Facilitating the participation of civil society in regional planning: Implementing quadruple helix model in Finnish regions. *Land Use Policy, 112*, Article 105864. https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2021.105864

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5th ed). Prentice Hall.

Stott, L. (2018). Co-production - enhancing the role of citizens in governance and service delivery. *Technical Dossier, 4*(4), 25. Retrieved from https://ec.europa.eu/esf/transnationality/sites/esf/files/news/attachments/technical-dossier-n4-layout-final.pdf.

Symon, G., & Cassell, C. (2004). *Essential guide to qualitative methods in organizational research*. SAGE Publications.

Tapia, C., Abajo, B., Feliu, E., Fernández, J. G., Padró, A., & Castaño, J. (2015). *Análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático en el municipio de Madrid*. Ayuntamiento de Madrid.

The Day After. (2022). Los entornos escolares, vectores de cambio para la regeneración urbana y la neutralidad climática. https://diadespues.org/evento/los-entornos-escolares-vectores-de-cambio-para-la-regeneracion-urbana-y-la-neutralidad-climatica/.

UNESCO. (2021). *Getting every school climate-ready: How countries are integrating climate change issues in education*. UNESCO.

Wickson, F., Strand, R., & Kjølberg, K. L. (2015). The walkshop approach to science and technology ethics. *Science and Engineering Ethics, 21*(1), 241–264. https://doi.org/10.1007/S11948-014-9526-Z

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage Publications.

Young Foundation. (2016). Making waves: Amplifying the potential of cities and regions through movement-based social innovation.

Artículo A3

(Re)designing the rules: Collaborative planning and actor networks for the transformation of schoolyards in Madrid

Cita:

Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S. (Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid. Land 2025, 14, 1174. https://doi.org/10.3390/land14061174

Journal: MDPI Land

Ranking Scopus based on SJR (Scimago Journal & Country Rank):

+ **SJR Index**: 0.73
+ **H index**: 71
+ **Cuartil**: Q1
    + Ecology: Q1
    + Nature and Landscape Conservation: Q1

land

MDPI

Article

(Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid

Manuel Alméstar [1,2,*] and Sara Romero-Muñoz [3]

[1] Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain
[2] Innovation and Technology for Development Centre, Universidad Politécnica de Madrid-itdUPM, 28040 Madrid, Spain
[3] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; sara.romero@upm.es
* Correspondence: manuel.almestar@upm.es; Tel.: +34-646571955

Abstract: Climate adaptation in urban environments is often constrained by rigid institutional rules and fragmented governance, which limit inclusive and context-specific planning of public spaces such as schoolyards. This study addresses this challenge by examining how collaborative planning can transform schoolyards, from asphalt-dominated, monofunctional spaces into green, climate-resilient community assets. The research employed the Institutional Analysis and Development framework within a qualitative case study design. Two public schools in the San Cristóbal de los Ángeles neighbourhood of Madrid served as case studies, with data collected through document analysis, participant observation, and interviews with municipal officials, urban planners, educators, and community members. Results indicate that the collaborative planning process reshaped rules in use, expanded the network of actors, and transformed decision-making processes. Existing rules were flexibly reinterpreted to allow new uses of space. Children, teachers, and residents became co-producers of the public space, expanding the governance network, where new deliberative practices emerged that improved coordination across people and organisations. These institutional changes occurred without formal regulatory reform, but with the reinterpretation of the game's rules by each organisation. Thus, schoolyards can serve as laboratories for institutional innovation and participatory climate adaptation, demonstrating how urban experiments have the potential to catalyse not only physical transformations but also transformations in urban management.

Keywords: institutional analysis development; school playgrounds; climate adaptation; collaborative planning; urban experimentation; institutional innovation

check for updates

Academic Editors: Oswaldo Ledesma González and Rafael Merinero Rodríguez

Received: 27 April 2025
Revised: 17 May 2025
Accepted: 27 May 2025
Published: 29 May 2025

Citation: Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S. (Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid. *Land* **2025**, *14*, 1174. https://doi.org/10.3390/land14061174

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

Climate change poses increasing challenges for cities, which must adapt to more extreme, recurrent, and unevenly distributed weather conditions. This challenge is particularly urgent in school environments, where vulnerable groups such as children are concentrated and where high temperatures and a lack of shade or green infrastructure affect thermal comfort and students' physical, emotional, and social well-being [1,2]. The transformation of these spaces should not be understood solely as a technical exercise of bioclimatic architecture, but also as an opportunity to rethink the relationships among

public institutions, citizens, and territory in search of socially legitimised and sustainable solutions over time [3,4].

In this context, the role of proximity as a spatial logic and the diffusion of activity hubs within neighbourhoods are receiving growing attention in the scientific literature [4–6]. Transforming school environments into multifunctional infrastructures within daily urban systems contributes to decentralising public services and reinforces territorial equity. As Moreno's '15-min city' model highlights, proximity enhances access and promotes socio-spatial cohesion and ecological resilience [4]. This interpretative framework underpins the relevance of schoolyards as relational nodes capable of concentrating environmental, educational, and civic functions, especially in vulnerable urban areas.

City councils worldwide have implemented urban regeneration strategies and plans. Specifically, since 2020, the Madrid City Council has advanced a new urban agenda focused on the ecological regeneration of school environments. The aim is to transform school playgrounds and entrances into 'climate-social oases' [7–9]. However, the traditional design procedure for this type of intervention has historically been led by municipal technical teams and external consultants, with limited participation of the educational communities, let alone the children, their families, and communities, the users of these public facilities. Although effective from an operational point of view, this techno-institutional approach tends to render invisible situated knowledge, local needs, and community aspirations, reproducing dynamics of fragmentation and inequality in the use and appropriation of public space [10,11].

The European project LIFE PACT (People-Driven: Adapting Cities for Tomorrow) [12] proposes an alternative model for intervening in school environments and schoolyards. Based on urban experimentation, the model consists of active listening, co-creation, participatory prototyping, evolving communication, and evaluation. Implemented in Madrid between 2021 and 2025, the project was carried out in the San Cristóbal de los Ángeles neighbourhood (Villaverde district), one of the areas with the highest levels of social, economic, and climate vulnerability in the city [13]. A local consortium—including schools, municipal technicians, cultural and civil society organisations, and universities—was formed to test a new procedural model that introduces collaborative planning to co-design resilient school infrastructures [14].

Although collaborative planning has proliferated globally, it often remains confined to small-scale 'niches' due to significant barriers to expansion, including the challenges of interdisciplinary collaboration [15,16] and the difficulty of transitioning into established regimes without being co-opted [17]. Similarly, establishing effective multi-actor collaborations [18] or integrating institutional innovation into existing organisational structures [19,20] remains an ongoing challenge.

This paper addresses the following research question: How do collaborative planning processes and actor networks in the transformation of schoolyards reshape institutional arrangements? This question responds to an emerging need to analyse the physical outcomes of nature-based interventions and the institutional mechanisms that enable or hinder their implementation, diffusion, and continuity over time.

To address this question, the article draws on the experience of Madrid and analyses it through the lens of the institutional analysis and development (IAD) framework, developed by Elinor Ostrom [21–24]. The IAD framework enables the observation of how 'rules in use', community attributes, and the biophysical characteristics of the environment collectively shape an 'action situation'—that is, an institutional space where actors interact, make decisions, cooperate, or conflict [22]. By applying this analytical framework to the case study, this research identifies how the configuration of the actor system influences

institutional arrangements, the incentives for collective action, the rules governing access and deliberation, and both the intangible and physical outcomes of the intervention.

This approach is part of the growing interest in applying theoretical frameworks from multistakeholder governance analysis to the study of urban innovation [24,25]. In contrast to linear or technocratic views of institutional change, the IAD framework allows us to capture informal transformations that are not always reflected in formal regulations or structures, but impact the legitimacy, sustainability, or adaptive capacity of public actions [22]. Moreover, the case study connects with an emerging stream of experimental urbanism studies where the shared production of knowledge, the validation of ideas in authentic contexts, and openness to uncertainty are seen as drivers of institutional transformation [14,26].

The article is structured as follows. Section 2 presents the conceptual framework, focusing on reframing schoolyards through institutional innovation and collaborative urban planning. Section 3 describes the materials and methods used in the Madrid case study, including documentary analysis, direct observation, and interviews with key stakeholders. It also details the IAD framework developed by Elinor Ostrom, which was applied to assess the institutional dynamics of the case study. Section 4 presents the results, offering a comparative analysis of the traditional planning procedure and the experimental model introduced. Section 5 discusses the findings, reflecting on the implications of these transformations for urban policy, participatory planning, and the design of institutional arrangements. Finally, Section 6 concludes by summarising the main insights and outlining recommendations.

The study reveals that the introduction of collaborative planning broadens the number and diversity of actors engaged in the intervention while also reshaping the rules that structure their interactions. Rather than following a closed process with predetermined decisions, collaborative planning fosters dynamics of deliberation, mutual learning, and co-production of expert and situated knowledge. These dynamics in turn enhance all participants' sense of ownership, relevance, and legitimacy.

2. Reframing Schoolyards: Collaborative Planning and Institutional Change in Urban Ecosystems

Adapting schoolyards and their surroundings to climate change offers a strategic window for rethinking and innovating urban management practices [4]. Traditionally conceived as functional spaces for children's recreation and sports practice, these spaces have historically been managed under centralised technical logic, with little institutional flexibility and little participation of the educational community [26–28]. However, the climate emergency, the growing concern for children's health, and the need to build more inclusive cities are revaluating these environments' role in urban regeneration and social resilience [26,27,29].

Innovation in the urban design of school playgrounds and environments does not lie exclusively in the technical–material dimension but also in the modes of governance and institutional management that allow these transformations to occur in a more democratic, contextualised, and sustainable manner [14,22,30]. The transition from top-down planning—centralised in the municipal administration, but fragmented in decision-making by its different departments—to increasingly collaborative urban planning, decentralised and co-led, implies a transformation in how decisions are made, how rules are negotiated, and who has the initiative in public interventions [31–34]. Collaborative urban planning requires integrating community voices into the deliberative and regulatory dimensions, thus bridging the gap between grass-roots action and institutional procedures [5,35].

2.1. From Functional Spaces to Climatic and Social Infrastructures

The design of school environments and playgrounds during much of the twentieth century was profoundly shaped by the principles of functionalist urbanism [36–38] emerging from the modernist movements of the early 1900s and particularly codified through the Athens Charter [39] promoted by Le Corbusier and the Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (CIAM). This paradigm advocated for a zoning of urban functions—housing, work, recreation, and circulation—each separated and optimised according to technical rationales [39–41]. Schools, extensions of this logic, were designed following highly standardised models, where playgrounds were treated as empty, asphalted areas dedicated to physical exercise, surveillance, and discipline [26,36]. The physical environment reflected and reinforced a pedagogical model centred on order, repetition, and control, limiting opportunities for exploration, diversity of uses, or ecological interaction [6,40]. In this conception, children and the educational community were not considered active agents in shaping their environment. Instead, they were positioned as passive users within predetermined spatial arrangements, echoing the broader modernist aspiration to regulate urban life through technocratic design [36,41]. The legacy of the functionalist paradigm remains evident in many contemporary school environments: extensive impermeable surfaces, a lack of shade or ecological diversity, the prioritisation of movement over rest, and a limited understanding of children's social, emotional, and environmental needs [26,41].

In response, numerous European cities are making significant efforts to reverse this trend through ambitious urban policies that aim to reimagine school environments as climate-resilient and socially inclusive infrastructures. Examples include Barcelona's Protegim les Escoles programme [42], Pontevedra's Ciudad de la Infancia [43], Paris' initiatives Rues aux Écoles [44] and La Cour Oasis [45], and London's Climate Resilient Schools project [46]. Despite these efforts, a persistent imbalance remains between regulation, design, and social negotiation in urban interventions [21–24]. Institutional inertia and pre-established procedural norms limit meaningful citizen engagement in defining, managing, or transforming these public infrastructures. In many cases, the most significant barriers are not technical or economic, but institutional: fragmented competencies across municipal departments, rigid regulatory frameworks, lack of participatory channels, and insufficient intersectoral collaboration all hinder the systemic integration that school environments could enable [26,27].

As illustrated in Figure 1, these spaces intersect with multiple urban dimensions, from health and education to mobility, biodiversity, and democratic governance. Addressing these challenges requires a systemic approach to the problem to open the door to the multiple potential of these spaces, recognising school environments and playgrounds as more than isolated challenges, but as leverage points within a complex urban ecosystem [27,47]. The transformations of school playgrounds generate benefits that transcend the microclimatic sphere, such as thermal regulation and reduction in pollutants, and impact physical and mental health, community cohesion, and the development of social skills [48]. Conceiving school environments as climatic and social infrastructures demands activating systemic urban transformations that intertwine health, equity, sustainability, and education [27]. School playgrounds, as laboratory spaces, offer fertile ground for testing these dimensions in an integrated way [49]. These transformations improve the quality of public space and reformulate the urban language, orienting it towards a more liveable, inclusive, and resilient city [8,9].

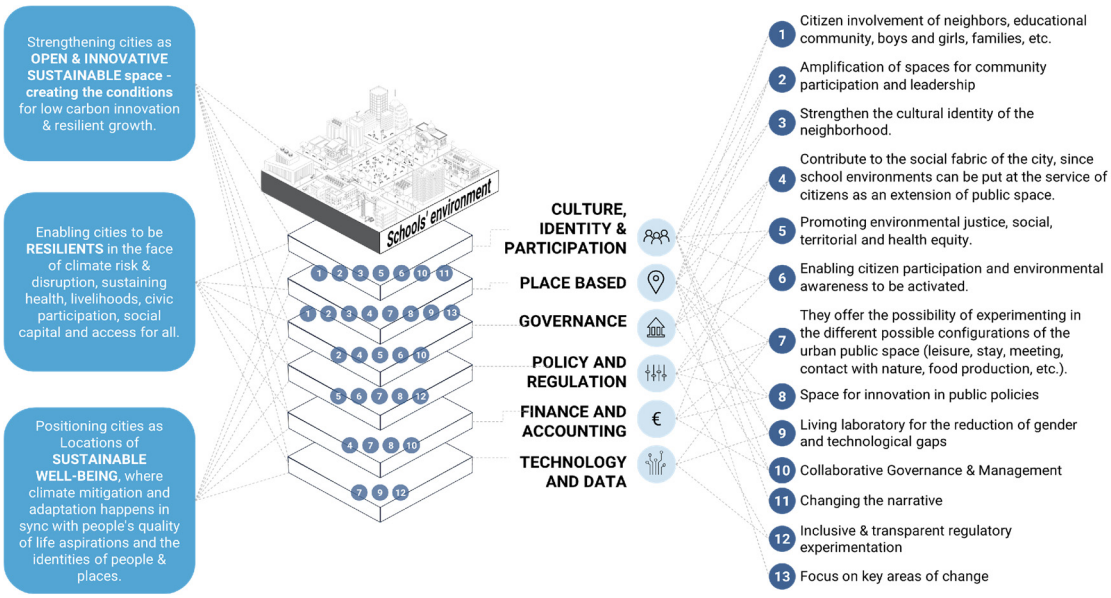


Figure 1. Multilayered analysis of school environments as spaces of urban transformation [26].

2.2. Paradigm Shift: Experimenting with the Adaptation of School Playgrounds Through Collaborative Urban Planning and Adaptive Regulatory Frameworks

The urban experimentation is the deliberate introduction of new rules of the game (procedures or forms of organisation) within an urban system to collectively test, observe, and reflect on socio-spatial innovations in an open way [14,50,51]. According to Ostrom [24], "the rules of the game" structure human action. Altering these rules—for example, by enabling children and community members to co-design their school environments—implies a profound reconfiguration of power dynamics, administrative routines, and urban governance practice [25,50]. This approach resonates with the 'experimental urbanism' literature, where the co-production of knowledge and situated learning are essential public innovation mechanisms [51]. Notable examples include studies on temporary urbanism, living labs, and tactical interventions, which challenge the linearity of formal planning and promote hybrid processes of institutional transformation [17,19,26,50].

The transformation of schoolyards must be understood within the broader planning system and regulatory frameworks that govern public space. Urban planning is structured around the intricate and sometimes conflicting interplay of regulation, design, and negotiation [52,53]. Intervening in school playgrounds, therefore, requires architectural or participatory innovation and engagement with land-use rules, planning instruments, maintenance responsibilities, and an interdepartmental coordination mechanism [17]. Collaborative urban planning offers a strategic opportunity to realign conventional procedures by creating deliberative arenas where institutional actors, such as municipal departments and schools, engage alongside civil society and local communities to co-define priorities and modes of intervention [18,19]. Rather than a mere participatory add-on, it constitutes a pathway to renegotiate institutional roles, redefine public responsibilities, and reform existing regulatory frameworks [54].

While collaborative planning offers multiple benefits, many authors have highlighted inherent ambiguities. For instance, Savini and Bertolini [55] caution that collaborative planning risks becoming a superficial innovation strategy disconnected from substantive institutional transformation without a deeper engagement with structural inequalities. Similarly, Swyngedouw [35] criticises that these practices are often promoted by governmental or technocratic elites, avoiding conflict and depoliticising urban decisions under the discourse of the 'possible' or the 'prototypable'. Swyngedouw adds that many partic-

ipatory initiatives tend to depoliticise urban action, masking conflict under technocratic consensus [9]. Purcell stresses that without clear structures of equity and accountability, these processes can be co-opted by dominant actors [56]. Therefore, collaborative planning must transcend symbolic or non-binding engagement, anchoring participation in legally robust and inclusive mechanisms [57]. A critical and situated perspective is essential to ensure that collaborative planning not only innovates in technical terms but also addresses entrenched power structures, reshapes institutional priorities, and reconfigures modes of urban production.

3. Materials and Methods

This study adopts the IAD framework, developed by Elinor Ostrom and collaborators [21–24], to understand how collaborative planning processes and actor networks in schoolyard transformation reshape institutional arrangements. The IAD framework provides a robust conceptual tool to examine the institutional arrangements that shape collective decision-making processes, their internal dynamics, and their capacity for adaptation and transformation.

3.1. Conceptual Framework: Institutional Analysis and Development Framework

The IAD framework, developed by Elinor Ostrom in the 1990s, provides a conceptual tool for understanding how people make decisions, interact, and manage common resources in complex contexts. Although it initially emerged from analysing natural resource systems, its scope has been progressively extended to public policy, urban planning, and governance of social–ecological systems [22,25]. In its revised version, Ostrom [24] emphasises the analysis of institutional change and the capacity of governance arrangements to adapt to dynamic, multi-scale contexts. This broadening of the framework allows for looking at current governance structures and their trajectory, openness to learning, and potential for transformation (see Figure 2).

The core of the IAD framework is the 'action situation', conceived as the social space where different actors make decisions, negotiate, cooperate, or enter into conflict. This concept allows us to focus the analysis on the immediate structures that shape collective behaviours and the outcomes of an institutional process [21–25]. The IAD framework proposes we decompose these situations into their key elements to identify patterns, explain dynamics, and guide possible reforms in institutional arrangements.

Three major components condition the action situation: (1) the biophysical environment, which defines the material and ecological conditions that frame collective action; (2) community attributes, which include culture, social capital, shared norms, and history of cooperation; and (3) the rules in use, both formal and informal, that determine who participates, what they can do, with what information, and under what criteria decisions are made. These rules are organised into various analytical categories. Position rules delimit the roles that actors can play; access rules establish the criteria for entry or exit into those roles; and others regulate the actions allowed, the information available, the collective decision-making procedures, the applicable incentives or sanctions, and the outcomes that are considered legitimate. These rules shape the institutional framework within which actors interact [25]. While the IAD is a robust framework for analysing and mapping institutional relationships, it also has limitations. One is its tendency to simplify the multi-scale complexity characterising many decisions in contemporary cities. Urban practices are conditioned by influences that cut across different institutional and territorial levels, which requires complementing the analysis with a situated and relational view of the context [55]. A qualitative analysis based on interviews with project actors was

incorporated to mitigate this bias and provide a systemic view at the institutional level and the broader context influencing management decisions and outcomes [58].

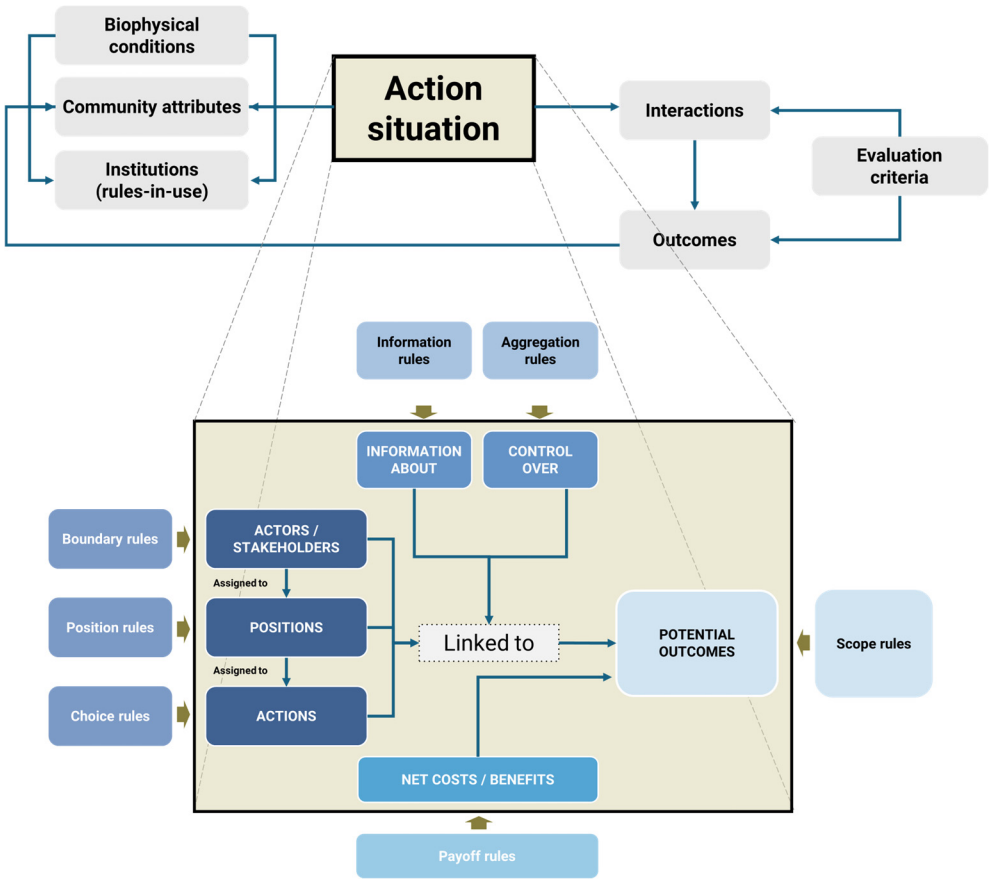


Figure 2. Institutional analysis and development framework and detailed 'action situation' analysis structure elements [22].

This analytical framework could generate contributions such as (i) identifying how the introduction of an urban experiment of collaborative planning transforms the rules in use into rigid institutional processes, allowing the recognition of new actors, knowledge and languages within urban design, and (ii) evidencing the emergence of collaborative governance mechanisms within and outside public administrations that overcome the traditional sectoral fragmentation in management. These contributions, rooted in the case study, allow us to understand institutional innovation not as a disruptive leap, but as a progressive transformation of the formal and informal rules that regulate urban public action.

With regard to the challenges pointed out by Ostrom, this article addresses (i) the need to adapt institutional arrangements to changing contexts, which is reflected in operational and regulatory flexibility; (ii) the importance of polycentric governance, observed in the articulation between diverse actors and different scales (municipal, district, school, neighbourhood); (iii) the potential replicability of the model; and (iv) the internal reflection of public institutions on their capacities to innovate from situated action.

Finally, the IAD framework was particularly suited for this study, as it critically examines how institutional arrangements are informally transformed through practice, without requiring formal regulatory change. In a complex, multi-actor intervention such as the participatory redesign of school playground, the IAD framework makes it possible the analysis of how power, rules, and responsibilities are renegotiated in situ. Its focus

on 'rules in use' provides analytical traction to capture the institutional innovation that emerges through urban experimentation beyond prescriptive planning models.

3.2. Method

This study adopted a qualitative research approach based on a case study methodology, which is particularly suited for investigating complex social phenomena and exploring the relationships among context, agency, and institutional change [58,59]. As Eisenhardt [60] highlights, case study research is especially valuable in theory building, as it enables the researcher to generate in-depth and context-rich insights from real-world interventions. The case analysed corresponded to the collaborative planning for the renaturalisation of two public school environments (See Figure 3). This case was selected not only due to its relevance as a site of climate–social experimentation but also because of the direct involvement of the research team in the process, which enabled the consolidation of relationships of trust with both institutional and community actors.

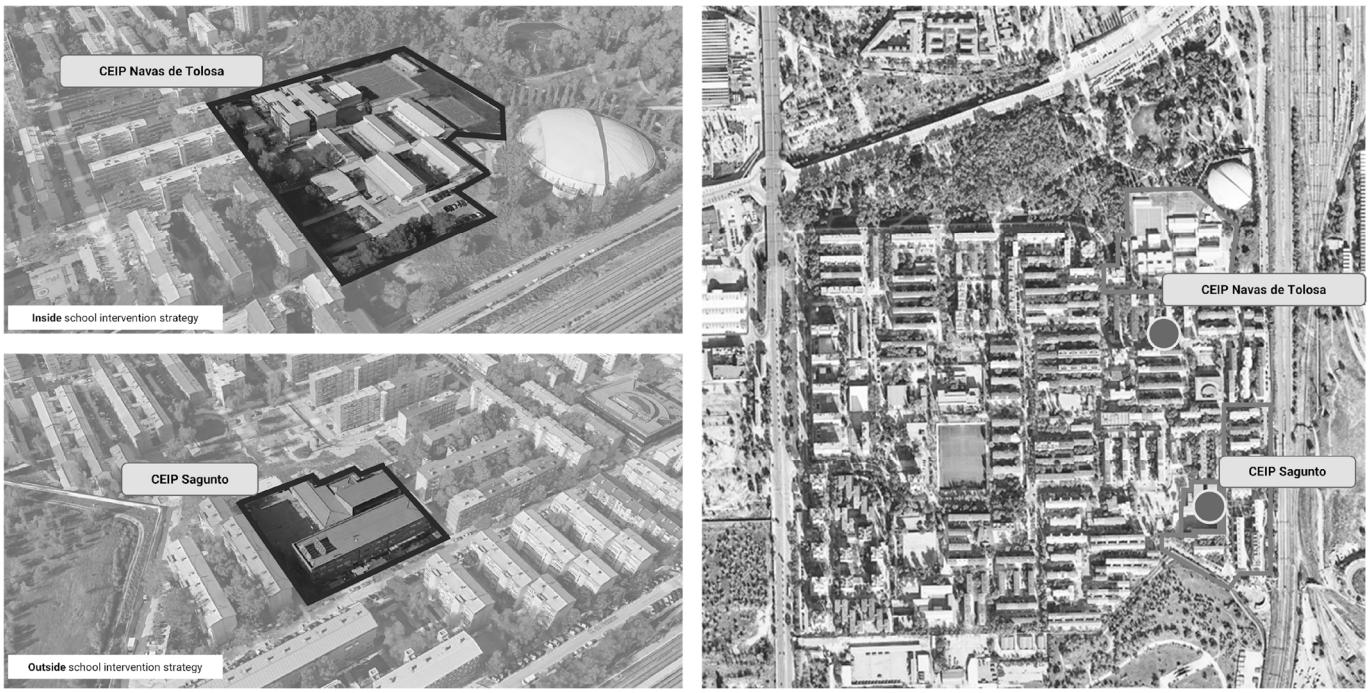


Figure 3. Plan and axonometry of the location of the case study (Navas de Tolosa School, Sagunto School, Villaverde).

Data collection combined primary and secondary sources. Five semi-structured interviews were conducted with key stakeholders, including municipal technicians, teachers, members of the consortium, and design facilitators [Appendix A]. These interviewees were selected through purposive sampling to ensure a diversity of perspectives relevant to the institutional dimension of the experiment, though they did not constitute a statistically representative sample [61,62]. The data were analysed using a deductive–inductive coding strategy informed by the categories of the IAD framework, while remaining open to emergent themes grounded in the fieldwork.

Complementary sources included documentary analysis of strategic, regulatory, and technical materials (such as implementation projects, diagnostic reports, and municipal policy plans), participant observation during design sessions, community events and interdepartmental meetings, as well as the review of audiovisual records, including a video-manifesto, photographs, and graphic documentation of the participatory process [See Supplementary Materials]. This methodological triangulation allowed for the identification

of visible changes in the physical configuration of the school environments and less tangible shifts in institutional rules, power dynamics, and organisational learning patterns.

The methodological approach is framed as collaborative management research [63], in which researchers and system actors co-produce actionable knowledge [64,65]. This mode of inquiry made it possible to generate situated and practice-oriented insights, reduce interpretation biases by engaging with diverse stakeholders, and participate directly in key moments of the experimental process. Although the study was based on a single case (two schools in Madrid), the consistency of patterns observed across actors, levels, and outputs suggests the presence of trends that may be transferable to other urban contexts while acknowledging the inherent limitations of a singular case analysis.

3.3. Materials: Case Study

The case study analysed in this research focused on the renaturalisation of two public school environments located in the neighbourhood of San Cristóbal de los Ángeles, in the district of Villaverde, Madrid. With a population of 16,886 inhabitants [66,67], San Cristóbal is considered one of the areas with the highest levels of climate vulnerability in the city [13]. It also registers the lowest average net household income in the municipality, and it presents a high proportion of residents with only basic education (28.21%), which reflects a significant risk of the consolidation of social exclusion conditions [67]. According to the Municipal Register of 2021, 35.83% of the population is of foreign origin, predominantly from Latin America, sub-Saharan Africa, and Eastern Europe [66,67]. Despite these limitations, it has a rich neighbourhood network, with many self-deployed associations and services [66,67].

Within this context, the two public schools selected—Sagunto School and Navas de Tolosa School—served as test beds for exploring innovative approaches to the design of educational spaces that are not only greener and more climate-resilient, but also socially inclusive and better integrated into the neighbourhood's urban and community dynamics. Their selection was especially pertinent given their strategic role as daily points of encounter for vulnerable children and families, their limited environmental quality, and their potential to catalyse broader processes of ecological regeneration and community empowerment at the neighbourhood scale.

The project to renaturalise school playgrounds was supported by a multi-actor ecosystem composed of several municipal departments, educational institutions, civil society organisations, academic institutions, and design facilitators, whose coordinated involvement was essential throughout the different phases of the process. The Department of Energy and Climate Change of the Madrid City Council provided institutional leadership, aligning the intervention with climate adaptation policies and securing public investment. The participating schools—Sagunto School and Navas de Tolosa School—acted as territorial anchors, mobilising their educational communities and facilitating the integration of pedagogical, social, and spatial perspectives. Local civil society organisations and cultural associations contributed their proximity to the territory and knowledge of community dynamics, helping to mediate participation and support vulnerable groups. The Innovation and Technology for Development Centre team at the Technical University of Madrid (itdUPM) played a dual role as process facilitator and research partner, designing the participatory methodology, coordinating actor engagement, and documenting institutional learning. Finally, external design and engineering teams collaborated throughout the process to translate the co-created visions into technically viable execution projects. This distributed governance structure enabled a dynamic interplay of roles and responsibilities, fostering trust, mutual learning, and shared ownership across organisations.

A multiphase methodological architecture was structured around the project to bridge technical development with civic engagement. It combined three cross stages (CSs)—active listening, evolutionary communication, and evaluation and scaling—with three iterative stages (Ss): co-creation, prototyping, and technical drafting of the implementation project (Figure 4). These stages articulated participatory urban experimentation with formal planning instruments, enabling institutional reflection, collective creativity, and situated learning. This architecture allowed for integrating pedagogical, political, and design perspectives into a cohesive process of urban transformation, positioning the schoolyards not merely as objects of design, but as platforms for testing new governance models and climate–social infrastructures [Appendix B].

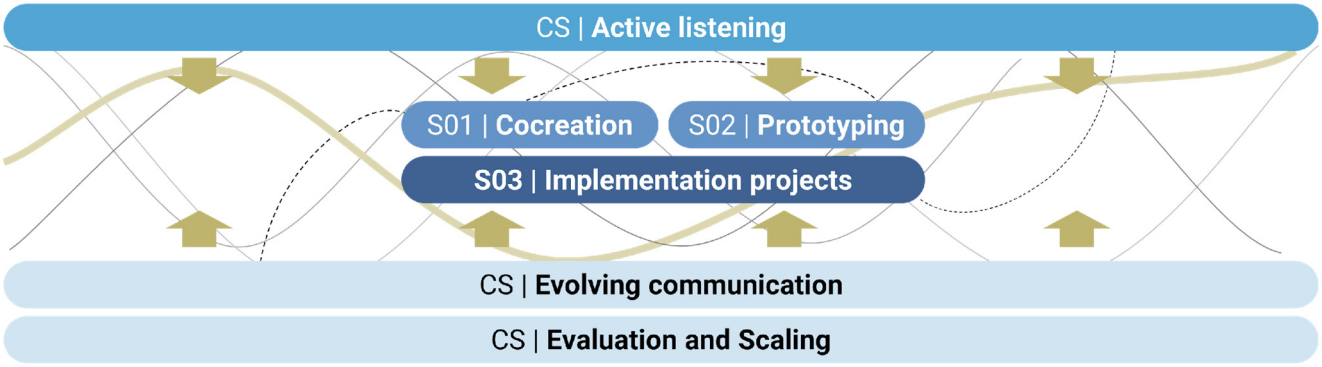


Figure 4. Stages of work implemented in the school playground project.

Each stage of the process is detailed below.

- **CS | Active listening:** From the very beginning of the project, a strategy of active listening [68] was implemented, including not only stakeholder mapping (Figure 5) but also the identification and analysing of existing projects, studies, and initiatives in the territory (Figure 6). This knowledge allowed a deeper understanding of the stakeholders in the area and their needs, tensions, and opportunities. This stage included participatory diagnostics with schools, interviews with local actors, urban tours with technical teams, and the analysis of municipal strategic documents and previous neighbourhood studies. Through this approach, spatial conflicts that were not visible were identified, such as those related to the lack of shade, inequality in the use of the playground according to gender, or the perception of insecurity in school access and environments. Active listening was key to situating the design in a relational framework, where the school space was not understood in isolation, but as part of a broader urban ecosystem. The mobilisation of the ecosystem of actors by the facilitator team also made it possible to connect the experiment with another seven projects from the public sector, academia, and civil society, establishing synergies and complementarities and generating a greater impact on the territory and better allocation of resources to each of them.
- **CS | Evolving communication:** The second cross-cutting stage consisted of designing a communication strategy as a pedagogical, political, and cultural tool that did not limit itself to informing, but accompanied the process, critically documented it, and allowed for shared learning [69]. Audiovisual materials were produced (such as the video manifesto La Asamblea de la Infancia and the documentary In Praise of the Schoolyard), collective publications, graphic records of the workshops, and educational resources adapted to different ages and audiences [Appendix C]. In addition, public events, school presentations, and technical forums were held, where progress was shared, impressions were gathered, and approaches were fine-tuned. This evolv-

ing communication legitimised the process, broadened its scope, and strengthened community ownership.

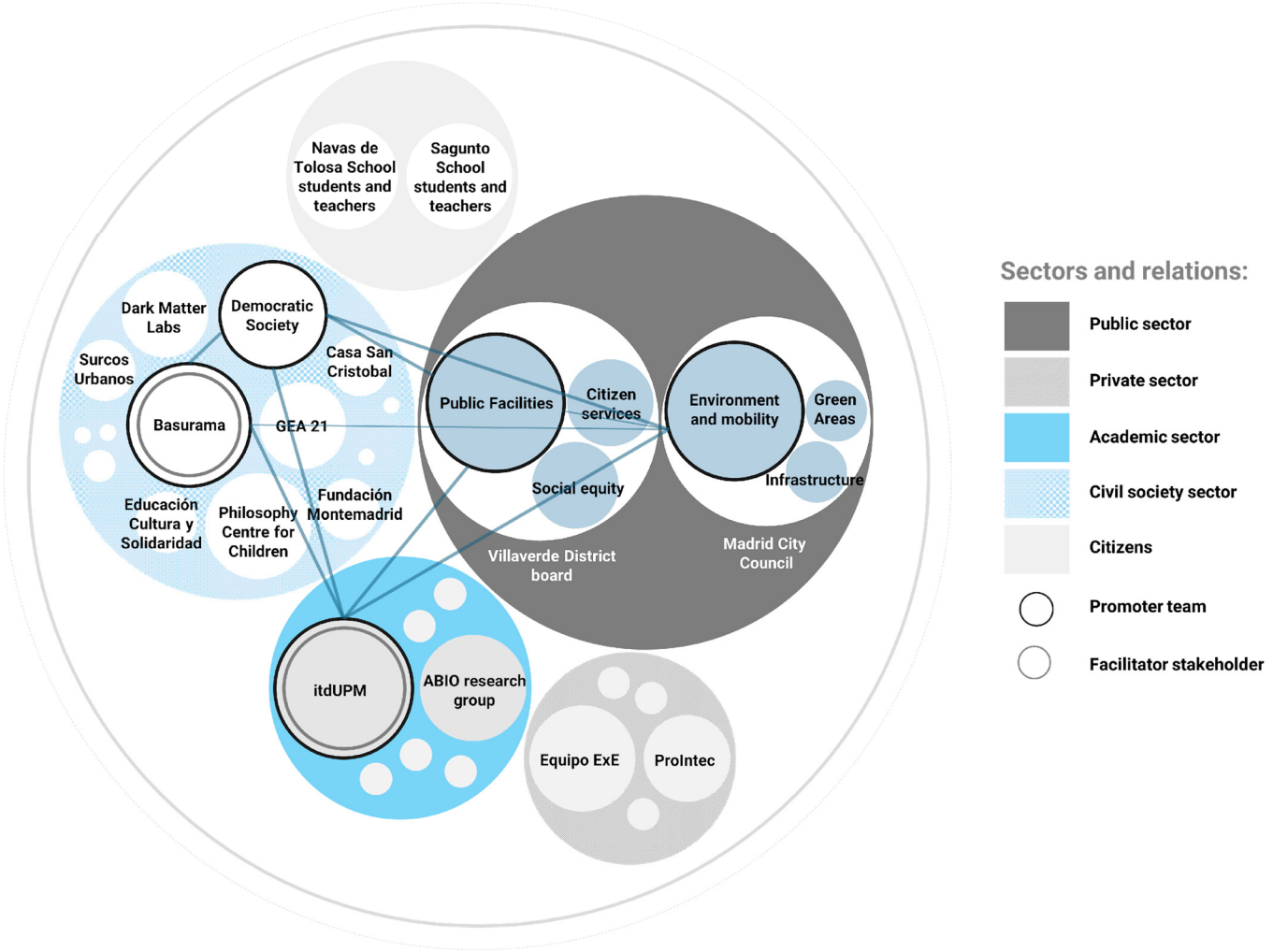


Figure 5. Mapping of the ecosystem of actors involved in the experiment.

- **CS | Evaluation and scaling up:** The third cross-cutting stage consisted of the evolutive evaluation of the learning generated, with the aim of systematising methodologies, identifying institutional barriers, and exploring possibilities for replicability. Unlike traditional evaluations, which are usually carried out only at the final stages, this approach proposed a dynamic and adaptive evaluation throughout the project's life cycle [70]. The evaluation was participatory and multi-scale: it included sessions with students, interviews with municipal technicians, meetings with school management teams, and reflective analysis by the research team. Moreover, the evaluation process extended beyond the project's formal conclusion by establishing a collective monitoring mechanism. The post-execution monitoring aimed to assess the resilience and social appropriation of the interventions over time, incorporating feedback from school communities, neighbourhood organisations, and municipal services. Regular dialogues were initiated with other educational centres interested in replicating the approach, facilitating peer learning and promoting the diffusion of the methodological framework to new contexts. Based on the findings generated throughout this stage, synthesis reports, policy recommendations, and proposals for integrating the approach into municipal strategies were produced. These included intervention guidelines for

school environments and playgrounds with climate change adaptation criteria and new technical specifications for playground maintenance.

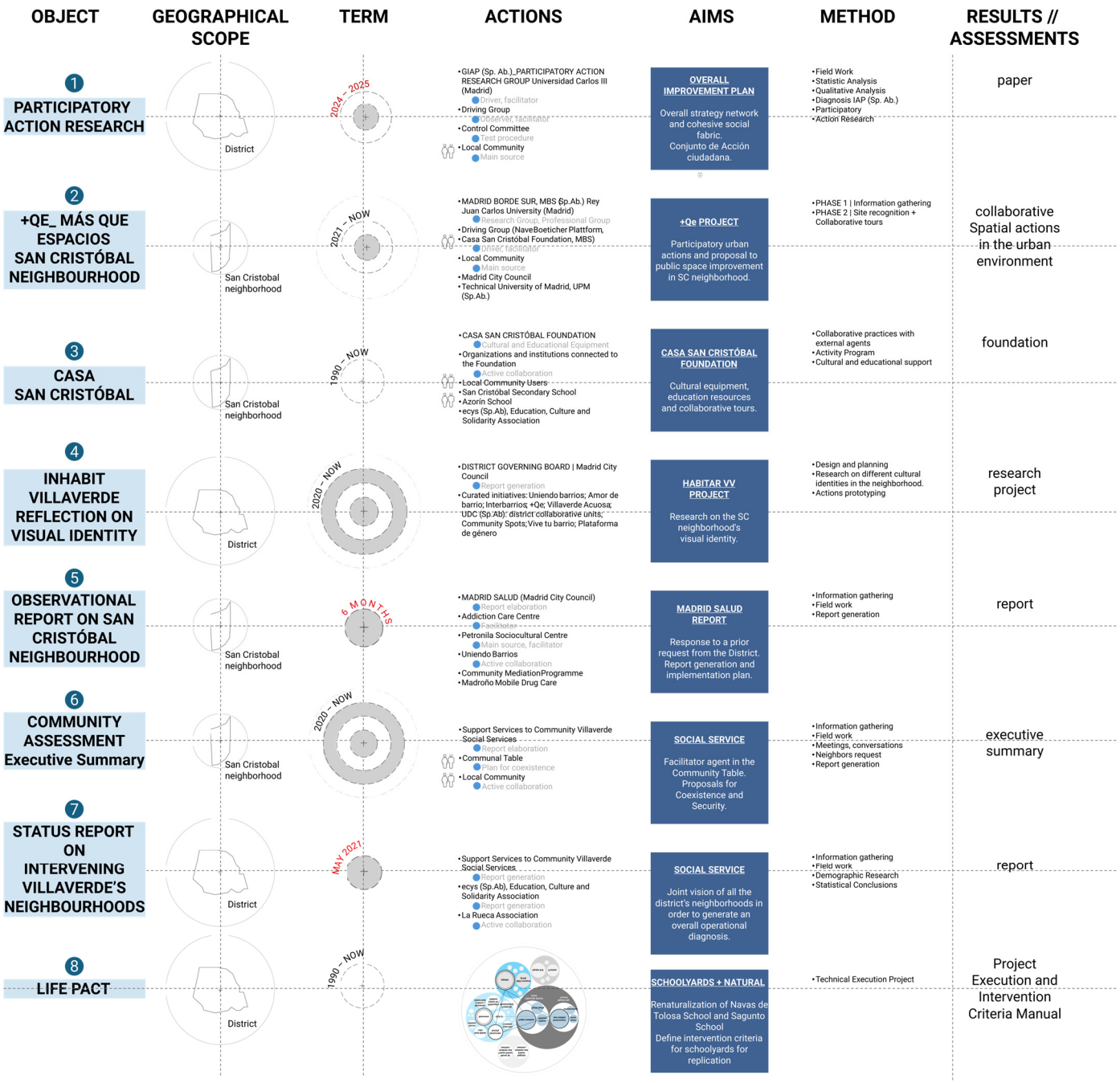


Figure 6. Mapping of existing projects, studies, and initiatives in the territory.

- **S01 | Co-creation:** Co-creation stood at the heart of the process, serving as both a methodological and political device that fostered the participation of diverse actors to jointly generate value through equality, transparency, dialogue, and trust among participants [71,72]. According to Trischler [73], co-creation transforms the traditional supplier–customer relationship, turning the citizen into an end user and a designer. Through more than 24 sessions with students from both schools, creative writing, ecological imagination, and participatory design strategies were deployed. Dynamics included games, emotional mapping, commented tours, and dramatisation of desired futures. Exercises such as the 'Patio Portrait' or 'Utopia is Possible' allowed for

construction of a collective narrative of the school space and its shortcomings and potential (Figure 7). Co-creation was also extended to teachers, families, social organisations in the neighbourhood, and municipal technicians, creating a multistakeholder and multidisciplinary meeting space.

Figure 7. Co-creation and prototyping sessions of the experiment.

- **S02 | Prototyping:** Based on the results of the co-creation stage, a prototyping stage was carried out, in which spatial, material, and functional proposals were specified. Ideas were represented through ephemeral installations and uses were tested in the schoolyard and the immediate environment. This people-centred approach ensures that the prototypes provide contextually relevant and culturally appropriate solutions [74]. This phase allowed for the validation of solutions with criteria of climatic comfort, diversity of uses, accessibility, and identity. In addition, prototyping facilitated the conversation between technical and non-technical languages by translating children's imaginings into formats understandable to architectural teams and public procurement officers (Figure 7).
- **S03 | Drafting of technical projects:** The last stage consisted of the drafting of the technical execution project based on the synthesis of the learning generated. The final design incorporated proposals such as the replacement of impermeable floors with draining paving, the planting of adapted trees, the creation of shaded areas, the installation of fountains and inclusive furniture, and the improvement of accessibility. The school entrances were also redefined and the playgrounds were connected to the adjacent school squares, creating a climate infrastructure on a neighbourhood scale. The municipal teams validated these technical projects and integrated them into the City Council's investment plans, leveraging close to EUR 5 million of public investment for their implementation. [Appendix D; Appendix E]

Finally, based on interviews conducted with local stakeholders during the evaluation process and the systematisation report, the project generated significant impact in both environmental and social respects. The intervention covered more than 30,000 m^2, improving thermal comfort for students and reducing surface temperatures in schoolyards. Over 130 trees were planted, increasing local biodiversity and creating new shaded areas. The participatory process engaged more than 600 individuals on the social front, including students, teachers, families, municipal staff, and neighbourhood organisations. Finally, the lessons learned and the criteria developed for interventions in school environments

were systematised and compiled in the Patios Escolares + Naturales guide published by Madrid City Council, providing technical guidelines to support the potential replication of the model in other urban contexts of the city.

4. Results

The results of applying the IAD framework to the case study are presented below. Figure 8 summarises the analysis of the action situation [23]. For this research, the traditional process is referred to as the 'current situation' and the collaborative planning as 'the experiment'. The current situation refers to the traditional process of designing school environments, characterised by a hierarchical, expert-led approach with limited participation from the educational community and a focus on technical compliance. The experiment denotes collaboratively redesigning and renaturalising two schoolyards through active listening, co-creation, participatory prototyping, and collective monitoring, integrating children's, teachers', and community members' knowledge and perspectives into public decision-making. The comparative analysis reconfigures the conditions that structure collective action and public decisions in the urban realm.

Firstly, there is a substantial broadening of the range of participants in the experiment (actors/stakeholders in Figure 8). While in traditional procedures, the relevant actors are mainly municipal technicians, policymakers, and contractors, the experiment actively involved students, teachers, neighbourhood associations, art collectives, and urban facilitators. More than 600 people and 33 organisations from different sectors participated. The mobilisation of the ecosystem of actors also enabled the experiment to establish connections with seven other projects from the public sector, academia, and civil society, fostering synergies and complementarities that amplified the territorial impact and optimised the allocation of resources across initiatives. This articulation was not merely nominal, but involved a substantive redistribution of agency and decision-making power over the space, reconfiguring the institutional ecology involved in planning and managing the school environment.

The configuration of roles also underwent significant changes. The traditional process is characterised by a hierarchical and rigid distribution of roles between the public sector (municipal technicians) and the private sector (architects, designers, contractors), excluding the space's direct users. In contrast, the experiment allowed the emergence of new positions: children were recognised as valid design agents; teachers adopted a mediation role between the pedagogical and the spatial dimensions; and the experiment's facilitators played key roles in translating technical and community languages. The institutional action situation was redefined by acknowledging students as users and co-authors of the intervention. This redistribution of the field of positions opened up new possibilities for deliberation and co-responsibility. Students' contributions shaped both spatial proposals and normative criteria, evidencing their ability to influence decision-making arenas. From identifying conflicts such as gender-based use inequalities to suggesting alternative uses and aesthetic preferences, their inputs introduced affective, symbolic, and experiential dimensions that broadened the planning rationale beyond technical–functional considerations.

The rules of choice also changed in the experiment. In traditional processes, technical regulations strictly delimit possible actions without room for contextual adaptation. The experiment introduced dynamics of iterative deliberation, where decisions were progressively adjusted according to collective learning, evidence, and the imaginings projected by the children and the community. Children's imaginings functioned as a basis for evaluating design options, modifying the game's rules. Although no formal changes in regulations were established, the municipal technicians could technically and legally justify the proposals in the different co-design spaces by relying on interpretations of existing norms. An

example is the inclusion of water games in the school playground, the first to be installed in a public school playground in Madrid.

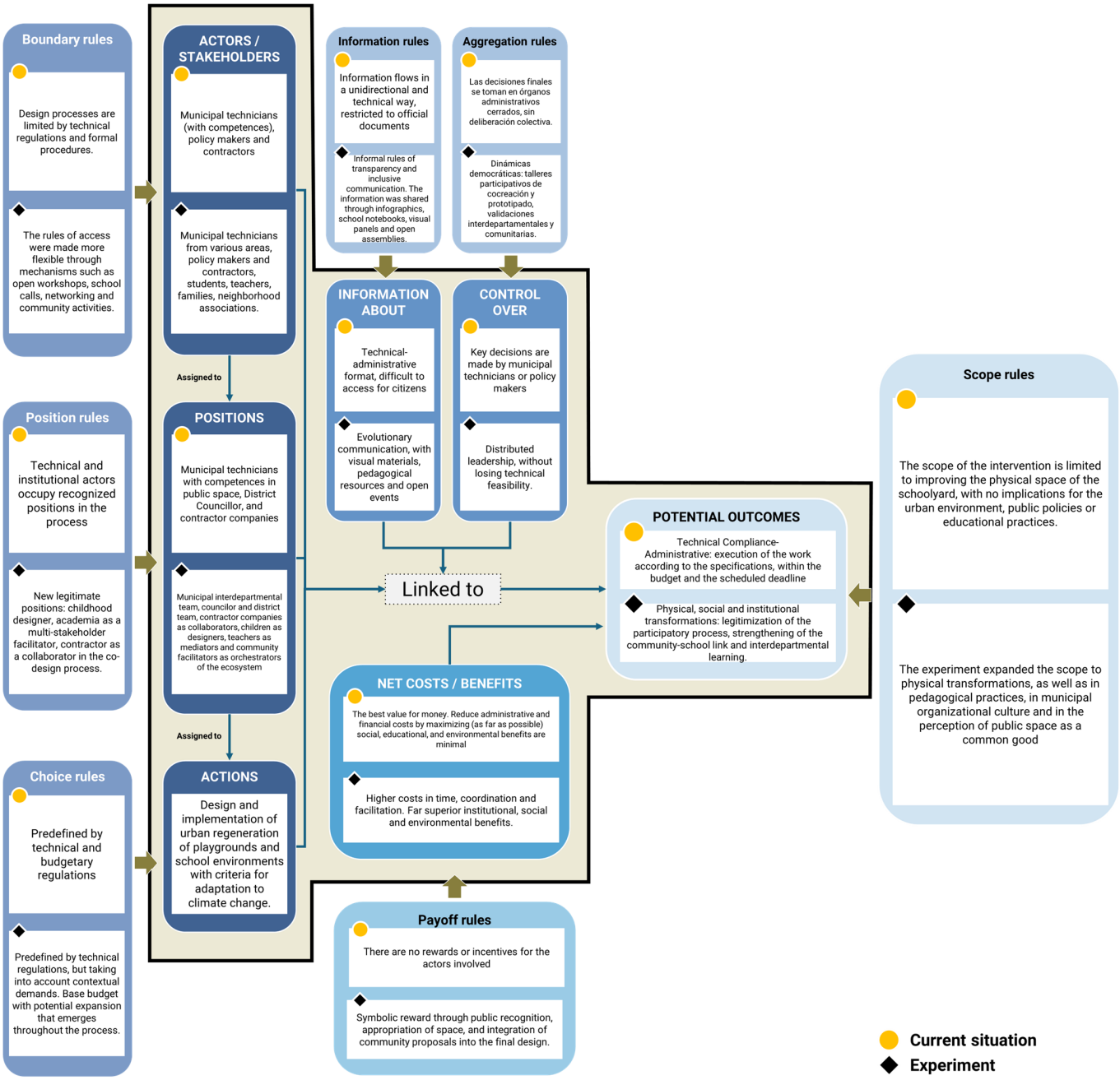


Figure 8. Analysis of the action situation using the IAD framework.

Another central issue was the level of information available during the process. Standard procedures restrict access to information, concentrating it in technical hands and reducing circulation to administrative documents of difficult non-technical interpretation. In the experiment, evolving communication strategies were developed that included visual materials, pedagogical tools, public events, and resources adapted to different ages and audiences. This pluralistic information circulation facilitated understanding and ownership of the process, informed participation, and greater institutional transparency.

Decision-making control was also altered. While this control rests almost exclusively with technical and political bodies in traditional processes, shared decision-making mechanisms were enabled in the experiment. Co-creation workshops, community validations, and participatory prototypes allowed for redistributing decision-making power, transforming urban design into an open, deliberative space. This openness did not eliminate existing institutional frameworks, but made them more flexible to incorporate other rationalities and sensibilities.

Regarding positional rules, the experiment shows how redefining the informal normative frameworks that determine who has the right to intervene in urban design is possible. The institutional recognition of children and the community as legitimate actors breaks a long tradition of technocratic planning. Likewise, the contractor moves from a unilateral transactional relationship (subcontracting) to an active agent in the collaborative design process, translating the ideas and imaginings of the participants into viable technical solutions. The facilitating team reconfigured the boundary rules by orchestrating the progressive entry and exit of stakeholders into the experiment, thus expanding the boundaries of the planning process. Aggregation rules, which in traditional procedures usually delegate decision-making to closed instances, were replaced by more horizontal aggregation mechanisms in the experiment. Consensus building took place through collective validations, interdepartmental agreements, and collaborative design sessions, where the final decision resulted from integrating multiple perspectives. In addition, reporting rules were transformed by adopting more accessible, inclusive, and visual formats, which democratised access to technical knowledge and reduced asymmetries between actors. Reward rules, traditionally non-existent in conventional procedures, were also modified. The participation of the network of actors in the experiment generated symbolic (recognition, appropriation of space) and organisational (institutional legitimacy, internal learning, public visibility) incentives, helping to sustain collective commitment throughout the process. These incentives were validated in the project's dissemination sessions, and video documentaries on the urban transformation were developed [Appendix D].

The traditional model is limited to the physical execution of the work in terms of the intervention's scope. Thanks to the collaborative planning and the direct involvement of municipal technicians and political agents, the experiment expanded the scope of the intervention from 8000 to almost 30,000 square meters, leveraging EUR 5 million of public resources for its implementation. In this sense, the experiment broadened the scope towards physical transformations and pedagogical practices in the municipal organisational culture and the perception of public space as a common good.

Although the IAD framework does not formally include the evaluation of results as one of its core analytical components, this study incorporates it as a complementary lens to capture emergent outcomes related to learning, legitimacy, and social impact. Important differences emerged between the traditional process and the experiment in this regard. In the conventional model, evaluation is primarily based on quantitative technical indicators, focusing on compliance with the project specifications, adherence to deadlines, and budgetary efficiency. In contrast, the experiment incorporated a participatory, qualitative, and multi-criteria evaluation approach. Beyond the physical execution, it assessed dimensions such as climatic comfort, children's ownership of the space, symbolic impact, quality of the collaborative process, and the potential for replicability. This shift broadened the scope of what was considered an outcome. While the traditional approach narrowly measured success in technical terms, the experiment recognised social, pedagogical, and institutional outcomes as equally relevant.

In terms of costs and benefits, although the experiment required greater investments of time, coordination, and institutional flexibility, it generated significant qualitative returns: it strengthened the social fabric, enhanced the legitimacy of participants within institutional frameworks, promoted organisational learning, and improved both the climatic and educational environment of the schoolyards. Particularly in high-vulnerability contexts such as San Cristóbal, this approach's medium- and long-term benefits outweighed the initial investment, demonstrating the value of integrating broader criteria into evaluating public interventions.

5. Discussion

Applying the IAD framework to this case study allowed reflection on how collaborative urban planning processes can be transformed through situated experimentation. This section discusses the study's findings considering four significant challenges: (i) the need to adapt institutional arrangements to changing contexts, (ii) the importance of developing collaborative governance schemes, (iii) the intrinsic tensions and contradictions in the rules in use, and (iv) the generation of institutional capacities to innovate operational practices.

5.1. Institutional Arrangements in Complex Contexts

One of the key findings of the case study is its demonstrated capacity to operationalise the adaptation of institutional arrangements to the specific conditions of complex neighbourhoods characterised by intersecting social, urban, and climatic vulnerabilities. In these contexts, the rigidity of current administrative and regulatory frameworks in responding to the territory's needs is evident. Urban planning operates with standardised solutions, hierarchical procedures, and closed specifications that limit the possibility of integrating situated knowledge, community proposals, or adaptations during the project. In contrast to the traditional model, the experiment introduced a working logic based on multistakeholder collaboration, enabling greater flexibility in operational frameworks without departing from existing institutional structures. An iterative process was designed to combine cyclical stages (co-creation, prototyping, technical drafting) with transversal stages (active listening, evolutionary communication, evaluation, and scaling). This methodological architecture progressively incorporated new rules, actors, and deliberation mechanisms within the institutional framework, fostering more adaptive and context-sensitive forms of public intervention.

The observed flexibility did not come from formal normative reforms, but from a practical reinterpretation of the game's rules, which enabled new forms of action without modifying the current legal framework. This reinterpretation was made possible thanks to interdepartmental collaboration, political will, and the mediation of the facilitating team, which translated the technical language into understandable and adaptable formats. In this sense, the experiment responds to Ostrom's [22] call to build governance frameworks capable of adapting to changing local conditions through organisational learning. A crucial factor in this flexibility was the inclusion of students' perspectives, which grounded design and planning procedures in everyday school life and tangible user experiences. This factor is particularly relevant for designing public policies that address complex problems such as climate change adaptation and social inclusion. This operational flexibility is one of the keys to designing public policies that are technically feasible, socially relevant, and territorially adjustable.

5.2. Collaborative Governance: Articulation Across Scales and Actors

In contrast to the dominant top-down approach in urban planning, the experiment promoted a distributed and multi-actor leadership, articulated across different scales (school, neighbourhood, district, and city) and sectors (technical, educational, community, and academic). This polycentric approach did not imply the elimination of formal frameworks of competence, but rather their reorganisation to allow for more horizontal collaboration among stakeholders. The process mobilised a network of more than 600 individuals and 33 organisations who participated throughout the different stages of the project.

This broad and sustained collaboration was not spontaneous: it was enabled by the explicit agreement on a set of action rules, as analysed in Figure 7 through the IAD framework. The definition of payoff rules, control rules, boundary rules, and aggregation rules created a clear operational framework for communication, coordination, and decision-making, which proved fundamental to sustaining the experiment over time and across organisational boundaries. In particular, the aggregation rules played a crucial role by establishing deliberative mechanisms, such as collective validations, participatory prototyping sessions, and interdepartmental agreements, that replaced closed decision-making processes with open and negotiated ones. This approach increased transparency and ensured that diverse perspectives were effectively integrated into the outcomes. Children's participation in these deliberative arenas was not only symbolic: their viewpoints reshaped spatial priorities and challenged adult-centric planning logics.

By not depending on a single actor or administrative unit, the experiment demonstrated a capacity for resilience, sustaining itself despite changes in political agendas, staff turnover, or shifting contextual conditions. This resilience is consistent with McGinnis [25] and Ostrom [24], who argue that distributed systems enhance organisations' ability to adapt, learn, and respond to complex and dynamic environments. Similarly, the fact that the experiment was embedded within a European project with a four-year horizon provided a crucial structural advantage: it created spaces for reflection, iterative learning, and distributed decision-making beyond the typical financial cycles of public institutions—something that would have been very difficult to achieve under standard administrative conditions.

5.3. Replicability of the Model and Public Capacities to Innovate from Situated Action

Unlike many pilot projects encapsulated in their singularity, the case study was conceived as an open, documented, and transferable model designed for scalability. This was made possible through the continuous systematisation of the process, the development of pedagogical tools, the elaboration of methodological and training guides, and the active involvement of municipal technicians with competencies in urban planning and regeneration. Furthermore, all materials produced during the experiment—including methodological frameworks, educational resources, and communication outputs—were disseminated under Creative Commons licences, reinforcing the project's commitment to openness and knowledge sharing and facilitating its adaptation to other urban contexts.

The replicability of the model resides not only in the physical redesign of schoolyards but also in the institutional architecture that enabled their transformation. The stages of listening, co-creation, prototyping, and evaluation—together with the set of action rules agreed upon by managers and users—constitute a processual framework that can be adapted to diverse urban contexts, provided that its underlying principles of situated participation, iterative experimentation, and intersectoral collaboration are maintained. This orientation coincides with the proposals of Sabel and Zeitlin [75], who underline that practical institutional innovation does not come from fixed recipes, but from adaptive frameworks that learn from action. In this regard, students' feedback loops were essential for refining implementation strategies and aligning interventions with actual needs.

In addition to its replicability potential, the project generated significant organisational learning within the public administration. It enabled the implementation of new forms of interdepartmental collaboration, the revision of public procurement procedures, the incorporation of climate and social criteria into technical specifications, and the redefinition of the role of municipal teams as mediators rather than mere executors. These lessons have already been reflected in broader initiatives, such as the municipal programme for the ecological regeneration of school environments. Furthermore, the strategies, methodologies, and measures developed through the experiment are progressively being scaled across the city. Madrid has established the renaturalisation of schoolyards and their surroundings with climate adaptation criteria as a strategic priority. This commitment has been formally embedded in Madrid's Climate City Contract under the European Union's Mission framework for 100 climate-neutral and smart cities by 2030 [9]. This institutional anchoring illustrates how collaborative planning, when systematically documented, evaluated, and shared, can transcend its initial scope and shape long-term urban policy at a metropolitan scale.

The institutional transformation was not planned ex ante, but emerged due to the process. This learning by doing constitutes one of the most important contributions of the experiment. As Karvonen et al. [76] have pointed out, cities need technological innovation or advanced design and institutional frameworks that allow testing, correcting, scaling, and learning. Although the case study results are encouraging, their consolidation as a model of urban intervention requires overcoming several challenges. Among them is the need to institutionalise the learning generated and adapting the regulatory and budgetary frameworks so that experimentation does not depend solely on calls for international funds, exceptional financing, or individual wills. Developing institutional capacities—particularly within local governments—is crucial to managing these processes' complexity, conflict, and uncertainty [14,26,27]. Advancing towards a model of innovative and adaptive urban management requires articulating three key dimensions: (i) the technical, ensuring the environmental quality of interventions; (ii) the political, enabling open and equitable decision-making spaces; and (iii) the deliberative, fostering critical engagement with the territory and institutional actions.

However, its replicability does not rely solely on the methodological instruments developed, but rather on the presence of key enabling conditions: (i) a strong and active community fabric capable of sustaining trust-based relationships; (ii) institutional legitimacy to engage with the ecosystem of actors, along with the administrative competencies required to implement neighbourhood-scale transformations; and (iii) dedicated financial resources to support the facilitation of the entire collaborative planning process.

5.4. Tensions and Contradictions in the Rules in Use

While the experiment enabled more inclusive and flexible planning processes, it also revealed key tensions between co-produced dynamics and existing formal rules. A prominent example concerns public procurement. Although co-creation workshops generated innovative design proposals rooted in children's and community members' inputs, these ideas had to be reconciled with legal and technical standards of public tendering. The challenge lay in translating collectively imagined solutions into specifications that could pass legal scrutiny while preserving their original intent.

Similarly, maintenance responsibilities became a friction point. The informal agreements and spontaneous uses generated through participatory prototyping often exceeded what existing service contracts or maintenance protocols could accommodate. This friction created a mismatch between the intervention's adaptive nature and the rigidity of municipal maintenance routines. In some cases, municipal departments hesitated to assume responsi-

bility for non-standard elements, such as artistic installations or ephemeral interventions. These tensions did not result in outright conflicts, but required continuous negotiation. Facilitating teams played a key role in mediating between institutional imperatives and the experimental ethos, often serving as translators between formal frameworks and informal practices. From the IAD framework perspective, these dynamics reflect frictions between 'rules in form' and 'rules in use'—with the latter evolving through situated action and collective learning.

Recognising these tensions is crucial for institutionalising similar interventions. Rather than viewing them as barriers, they should be understood as productive contradictions that reveal the limits of current governance structures and the need for reform. In this sense, the experiment acted as a testing ground not only for spatial designs but also for institutional resilience itself.

From the IAD framework, the introduction of collaborative processes transforms action situations by redefining roles, rules, and decision-making criteria while broadening the range of actors involved and the types of knowledge mobilised. Its institutional value lies in challenging established routines and fostering new forms of governance that are more flexible, inclusive, and conducive to organisational learning. This approach acts as a field of collective learning, where both the community and administrations develop capacities to manage uncertainty and respond to complex contexts. Children's involvement exemplifies how non-traditional actors can contribute meaningfully to governance innovation, primarily when mechanisms exist to translate their input into planning criteria. However, as Karvonen et al. [76] warn, its transformative potential depends on its success in influencing institutional structures and not being limited to pilot dynamics without continuity. In this sense, collaborative planning should be understood as a mechanism of progressive institutional innovation [75] whose impact lies in its integration into public logic and its capacity to reformulate the state's role as facilitator, mediator, and learner.

While the experiment illustrates the potential of collaborative planning to generate institutional innovation, it is important to acknowledge the risks and tensions highlighted by the literature critically. Scholars such as Savini [55] and Swyngedouw [11,35] have warned that collaborative approaches may be co-opted by dominant actors, depoliticise planning decisions, or reproduce existing power asymmetries under the guise of consensus. In this case, efforts were made to counter these risks through active facilitation, open-ended deliberation formats, and the deliberate inclusion of non-traditional actors in the co-design process. Nevertheless, the possibility of asymmetries in influence or institutional inertia should not be underestimated. Ensuring collaborative planning processes remain genuinely democratic requires continuous reflexivity, transparency in governance mechanisms, and the capacity to confront conflict rather than neutralise it. Recognising these challenges is essential for evaluating the outcomes of this experiment and guiding the design of future participatory interventions.

6. Conclusions

This case study, analysed through the lens of the IAD framework, demonstrates that incorporating collaborative planning into the design of schoolyards can trigger profound transformations in the rules in use, the distribution of roles, and the structure of decision-making within public institutions. These transformations respond directly to the research question, showing that collaborative planning processes and multistakeholder networks reshape institutional arrangements by introducing more flexible, inclusive, and context-sensitive modes of governance. The study demonstrates how these transformations reconfigure the institutional 'action situation', shifting the centre of gravity of planning from a hierarchical and technical logic towards more adaptive and situated forms of ur-

ban governance. This reconfiguration manifested in the redistribution of decision-making power between technical, educational and community actors; in the relaxation of previously rigid rules defining who could participate and with what kind of knowledge; and in the emergence of deliberative dynamics in which decisions were the product of dialogue rather than imposition. In this new framework for action, traditional urban planning ceased to be a closed technical exercise. It became a shared process of institutional construction in which the objectives, means, and criteria for success were co-defined by a multiplicity of actors with diverse interests, incentives, and knowledge.

By integrating its different stages, the case study articulated a multistakeholder and multilevel ecosystem that improved the physical results of the intervention and contributed to organisational learning, normative innovation from practice, and the institutionalisation of more democratic methodologies. The new emerging rules broadened the base of actors involved, diversified the knowledge considered valid, and redefined the criteria by which the results of a public intervention are evaluated. These institutional changes reveal the transformative potential of collaborative practices for advancing inclusive climate adaptation strategies. This institutional innovation, anchored in situated action and the recognition of the specific conditions of territories, offers relevant clues for designing urban public policies capable of responding to complex challenges, such as adapting to climate change, reducing territorial inequalities, and strengthening social cohesion. Rather than replicating closed models, the case study highlights the capacity of local governments to experiment, adapt, and learn by doing.

From a theoretical perspective, this study substantially contributes to the IAD framework and collaborative urban planning theory. First, it extends the application of the IAD framework to the field of participatory urban design by showing that institutional 'action situations' can be restructured through practice-based collaborative processes. These findings provide nuance to classical institutional theory, demonstrating that institutional innovation can occur progressively without formal regulatory change. Second, the study enriches collaborative planning theory by offering an analytical lens to understand its effects: empirical findings show that active involvement of schools and local actors in planning enhances spatial outcomes and reshapes power structures and rules within public institutions. It challenges the traditional consultative view of participation and repositions collaborative planning as a driver of institutional transformation aligned with polycentric governance principles.

The research also presents certain limitations. First, it focused on a limited number of case studies (two schoolyards), which restricts the generalizability of the findings. However, the consistency of institutional transformations observed in both sites provides valid and solid grounds to extract conclusions applicable to other contexts facing similar challenges. Although transferable elements have been identified, their application in other environments will require adaptation and contextual analysis. The model's scalability will depend on each territory's ability to ensure three key enabling conditions: an active community fabric, institutional capacity to coordinate and execute interventions, and targeted funding to support deliberative and collaborative planning processes. In this regard, further studies should explore mechanisms for institutional scalability of such experimental processes, identifying which factors enable their stable incorporation into public policy, how rules in use evolve over time, and what institutional capacities are needed to sustain inclusive governance models. To this end, we propose a set of concrete and actionable policy recommendations across governance levels: locally, municipalities should embed collaborative planning practices into schoolyard transformation programmes, ensuring the early involvement of schools and communities and allocating specific resources for co-production; nationally, education and urban policies should support these approaches

with dedicated funding, regulatory flexibility, and technical guidance; and at the supranational level, entities like the European Union should promote these practices within urban resilience agendas, encouraging replication through targeted funding and knowledge exchange platforms.

This study also offers an operational insight: cities are not merely objects of planning. Nevertheless, they can act as agents of institutional change, capable of redefining their own rules based on lived experience and collective imagination. In a scenario of climate, social, and urban uncertainty, this approach is essential to building governance frameworks that are more resilient, inclusive, and transformative.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at https://drive.google.com/drive/folders/1DdPrAuH40Apw9hQRzAeKDw_aivvzVTPq?usp=drive_link (Reviewed 26 April 2025).

Author Contributions: Conceptualisation, M.A. and S.R.-M.; methodology, M.A. and S.R.-M.; validation, M.A.; formal analysis, M.A.; investigation, M.A.; resources, M.A.; data curation, M.A.; writing—original draft preparation, M.A.; writing—review and editing, M.A. and S.R.-M.; visualisation, M.A.; supervision, S.R.-M.; project administration, M.A.; funding acquisition, M.A. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research is part of the European project 'People-Driven: Adapting Cities for Tomorrow'—LIFE PACT (LIFE20CCA/BE/001710), which is funded by the European Union's LIFE Programme.

Data Availability Statement: Data will be made available on request.

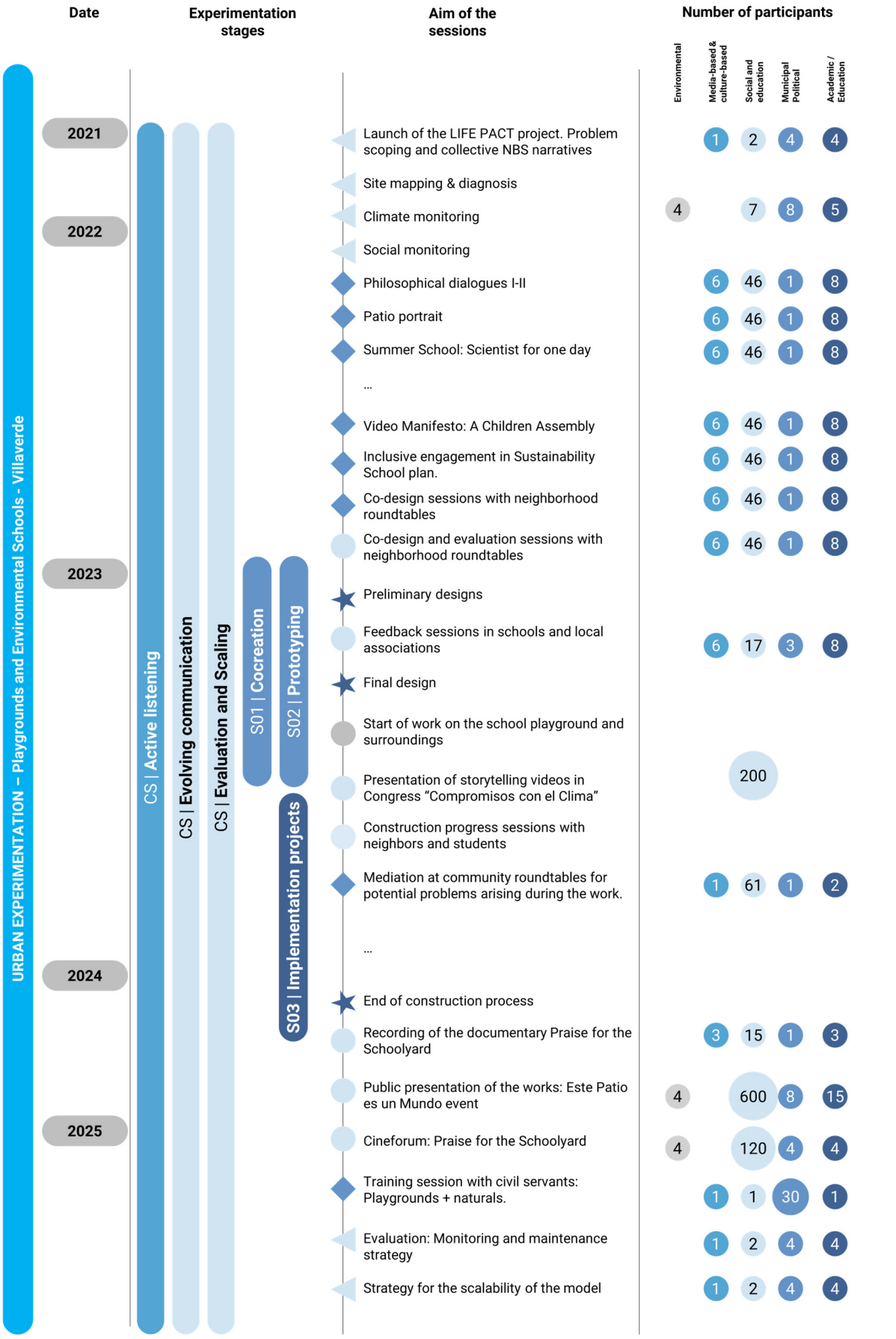
Acknowledgments: The authors would like to acknowledge the daily work of the Madrid City Council staff: Juan Azcárate, Marisol Mena, Luis Tejero, and Irene García, from the Subdirección General de Cambio Climático y Energía, Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad. Thanks to the Universidad Politécnica de Madrid team working on the experiment: Nieves Mestre and Irene Ezquerra. Thanks to the team working on the European project: Juan López-Aranguren (Democratic Society), Baptist Vlaeminck (Leuven City Council), and Alicia Carvajal (Dark Matter Labs).

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no conflicts of interest. The funders were not involved in the study design, data collection, analysis, and interpretation, the manuscript writing, or the decision to publish the results.

Appendix A. List of Interviewees

Sector	Organization	Role
Public Sector	**Madrid City Council**	Project coordinator in the Deputy direction of Energy and Climate Change, Urban Planning Government Area
	Villaverde District board	District coordinator
Academic sector	**Universidad Politécnica de Madrid**	Technical coordinator of the European LIFE PACT project in Madrid
	Navas de Tolosa School	Director of the educational center
Private sector	**Basurama Collective**	Architects responsible for the co-design process and drafting of the construction execution project.

Appendix B. Methodological Architecture of the Urban Experiment



Appendix C. List of Dissemination Activities (Videos)

Tittle	Description	Link
This Playground is a World event	A reflection event and launch of climate micro-missions in schoolyards, based on the ClimaX Guide methodology	https://youtu.be/inGnOtlTIP8 (accessed on 26 May 2025)
Documentary In Praise of the Schoolyard	Interviews with neighbours, students, and school administrators following the intervention in the playground at the Navas de Tolosa Primary School	https://youtu.be/_j5ExJE_Nig?si=TO0dfY0CiL4f0-EQ (accessed on 26 May 2025)
LIFE PACT Stories—Madrid (Video 1)	Collaboration with public, academic, and community stakeholders in the co-creation of school spaces	https://www.youtube.com/watch?v=8KQKQemEUWk (accessed on 26 May 2025)
LIFE PACT Stories—Madrid (Video 2)	Generating collective narratives on climate adaptation through participatory design	https://www.youtube.com/watch?v=yHrsP4MdJQg (accessed on 26 May 2025)
LIFE PACT Stories—Madrid (Video 3)	Sensory portrait of the San Cristóbal neighbourhood, connecting biodiversity and urban ecosystems	https://www.youtube.com/watch?v=rW6JJQznMzw (accessed on 26 May 2025)
Children's Assembly	Participatory space for children to propose school transformations through art and philosophy	https://youtu.be/17KxmiyV1aY (accessed on 26 May 2025)
Compromisos por el Clima 2022	School Environments Micro-Mission: Importance of intervening in school environments to improve air quality and climate adaptation	https://www.youtube.com/live/WqpKKRu8Dfw?t=12692s (accessed on 26 May 2025)
Compromisos por el Clima 2023	School Environments Micro-Mission (Pilots): Presentation of progress and lessons learned from the nine school environment transformation pilots in Madrid	https://www.youtube.com/live/CJ1fMgrVlCs?si=KOxkDiPjq3JkhUSJ&t=2627 (accessed on 26 May 2025)
Compromisos por el Clima 2023	A Living Room for Sancris Impact of Co-Design at Navas de Tolosa Primary School as a Driver of Social and Urban Revitalisation in San Cristóbal	https://www.youtube.com/live/CJ1fMgrVlCs?t=11289s (accessed on 26 May 2025)

Appendix D. List of Design Recommendations Grouped by Typology and School

Recommendation Typology	Sagunto School	Navas de Tolosa School
Improvement of the Physical Space	Introduce topographical variations to alleviate the flatness of the plaza | Replace sections of the sand floor with more compact materials | Remove fences enclosing the playground.	Remove the interior fence dividing the schoolyard | Change the types of paving to create alternative uses for the spaces | Increase the variety of paving to differentiate areas of the playground | Remove the perimeter wall, making it more permeable and connecting it to the neighboring park. Demolish an unused building to create a meeting place serving the adjacent public facilities
Recreation and Leisure Areas	Include a distinctive element in the playground adapted to a wider age range. Maintain seating areas that facilitate social interactions. | Incorporate a centralized area for group activities (music, theater, etc.).	Expand the playground and separate it with natural elements. | Create more recreational areas in the yards for various recreational activities.
Sustainability and Nature	Increase the presence of vegetation and trees to generate shade and reduce temperature.	Increase shade with pergolas and adjustable awnings. | Maintain the school garden area. | Increase vegetation to create more pleasant spaces, promote biodiversity, and connect with nature.
Connection and Accessibility	Reduce the number of barriers and abrupt elevation changes to ensure smooth traffic flow.	Strengthen connections with neighboring facilities. | Create a connection with the neighboring park, improving accessibility from the school

Appendix E. Before and After Images of the Intervention at Navas de Tolosa School

References

1. Almestar, M.; Mestre, N.; Romero, S. *The Wild City: Collaborative Practices in Urban Renaturing*, 1st ed.; UPM Press: Madrid, Spain, 2024.
2. Baró, F.; Camacho, D.A.; Del Pulgar, C.P.; Triguero-Mas, M.; Anguelovski, I. School greening: Right or privilege? Examining urban nature within and around primary schools through an equity lens. *Landsc. Urban Plan.* **2021**, *208*, 104019. [CrossRef]
3. Scott, B.A.; Amel, E.L.; Manning, C.M. *Psychology for Sustainability*; Routledge: London, UK, 2021.
4. Moreno, C. *La Revolución de la Proximidad: De la «Ciudad-Mundo» a la «Ciudad de los Quince Minutos»*; Comercial Grupo Anaya: Madrid, Spain, 2023.
5. Healey, P. *Collaborative Planning: Shaping Places in Fragmented Societies*; Macmillan Press Ltd.: London, UK, 1997. [CrossRef]
6. Jacobs, J. *The Death and Life of Great American Cities*; Random House: New York, NY, USA, 1961; Volume 21, pp. 13–25.
7. Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático. Plan A—Portal de transparencia del Ayuntamiento de Madrid (15 January 2025). Madrid City Council. Recuperado 26 de Abril de 2025. Available online: https://transparencia.madrid.es/portales/transparencia/es/Transparencia-por-sectores/Medio-ambiente/Aire/Plan-de-calidad-del-aire-y-cambio-climatico-Plan-A-2017-2020/?vgnextoid=fab664457127f510VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnextchannel=33d9508929a56510VgnVCM1000008a4a900aRCRD (accessed on 26 May 2025).
8. Madrid City Council. Roadmap to Climate Neutrality by 2050 of the City of Madrid. 2022. Available online: https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgaci%C3%B3n/6cDocumentacion/6cNHRNeutral/Ficheros/RoadmapENG2022.pdf (accessed on 26 May 2025).
9. Madrid City Council. Madrid Climate City Contract. 2024. Available online: https://netzerocities.app/resource-4063 (accessed on 26 May 2025).
10. Miraftab, F. Insurgent planning: Situating radical planning in the Global South. *Plan. Theory* **2009**, *8*, 32–50. [CrossRef]
11. Swyngedouw, E. Governance innovation and the citizen: The Janus face of governance-beyond-the-state. *Urban Stud.* **2005**, *42*, 1991–2006. [CrossRef]
12. European Commission. LIFE 3.0—Life Pact People-Driven: Adaptive Cities for Tomorrow. (LIFE20 CCA/BE/001710). 2024. Available online: https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE20-CCA-BE-001710/people-driven-adapting-cities-for-tomorrow (accessed on 26 May 2025).
13. Tapia, C.; Abajo, B.; Feliu, E.; Fernández, J.G.; Padró, A.; Castaño, J. *Análisis de Vulnerabilidad Ante el Cambio Climático en el Municipio de Madrid*; Ayuntamiento de Madrid: Madrid, Spain, 2015.
14. Evans, J.; Karvonen, A.; Raven, R. (Eds.) *The Experimental City*; Routledge: London, UK, 2016. [CrossRef]
15. Bursztyn, M.; Drummond, J. Sustainability science and the university: Pitfalls and bridges to interdisciplinarity. *Environ. Educ. Res.* **2014**, *20*, 313–332. [CrossRef]
16. Bammer, G.; O'Rourke, M.; O'Connell, D.; Neuhauser, L.; Midgley, G.; Klein, J.T.; Richardson, G.P. Expertise in research integration and implementation for tackling complex problems: When is it needed, where can it be found and how can it be strengthened? *Palgrave Commun.* **2020**, *6*, 5. [CrossRef]
17. Smith, A. Social innovation, democracy and makerspaces. *Rev. Española Terc. Sector* **2017**, *36*, 49–74. [CrossRef]
18. Stott, L. *Partnership and Transformation: The Promise of Multi-Stakeholder Collaboration in Context*; Taylor & Francis: Abingdon, UK, 2022.
19. Muñoz Sanz, V.; Romero Muñoz, S.; Sánchez Chaparro, T.; Bello Gómez, L.; Herdt, T. Making green work: Implementation strategies in a new generation of urban forests. *Urban Plan.* **2022**, *7*, 202–213. [CrossRef]
20. Romero-Muñoz, S.; Alméstar, M.; Sánchez-Chaparro, T.; Muñoz Sanz, V. The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest. *Land* **2023**, *12*, 1179. [CrossRef]
21. Ostrom, E. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1990.
22. Ostrom, E. *Understanding Institutional Diversity*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 2005.
23. Ostrom, E. Background on the institutional analysis and development framework. *Policy Stud. J.* **2011**, *39*, 7–27. [CrossRef]
24. Ostrom, E. Do institutions for collective action evolve? *J. Bioeconomics* **2014**, *16*, 3–30. [CrossRef]
25. McGinnis, M.D.; Ostrom, E. Social-ecological system framework: Initial changes and continuing challenges. *Ecol. Soc.* **2014**, *19*, 30. [CrossRef]
26. Alméstar, M.; Mestres, N.; Ezquerra, I. Cocreación a Través de la Experimentación Urbana: Los Entornos Escolares Como Oasis Climático-Social en Villaverde. [Comunicación Técnica]. Congreso Nacional de Medio Ambiente 2024, Madrid, España. 2024. Available online: https://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/conama/comunicaciones/7877/20240923_CONAMA_JMAU_word.pdf (accessed on 26 May 2025).
27. Alméstar, M.; Sastre-Merino, S.; Velón, P.; Martínez-Núñez, M.; Marchamalo, M.; Calderón-Guerrero, C. Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs. *Sustain. Cities Soc.* **2022**, *87*, 104239. [CrossRef]
28. Al Şensoy, S.; Sarı, R.M. Re-Design of Schoolyard for Effective Development of Child From a Universal Design Perspective//Etkili Çocuk Gelişimi İçin Evrensel Tasarım Perspektifinden Okul Bahçesi Tasarımı. *Megaron* **2019**, *14*, 443.

29. Sastre-Merino, S.; Zanarotti-Prestes-Rosa, C.; Izaguirres-Betancourth, M.-J. Analysis of initiatives to promote education for sustainability and climate action in schools in Madrid and proposals for improvement [Análisis de iniciativas para fomentar la educación escolar para la sostenibilidad y la acción climática en Madrid y propuestas de mejora]. *Rev. Española Pedagog.* **2025**, *83*, 105–123. [CrossRef]
30. Frantzeskaki, N.; Dumitru, A.; Anguelovski, I.; Avelino, F.; Bach, M.; Best, B.; Binder, C.; Barnes, J.; Carrus, G.; Egermann, M.; et al. Elucidating the changing roles of civil society in urban sustainability transitions. *Environ. Innov. Soc. Transit.* **2018**, *22*, 41–50. [CrossRef]
31. Ansell, C.; Gash, A. Collaborative governance in theory and practice. *J. Public Adm. Res. Theory* **2008**, *18*, 543–571. [CrossRef]
32. Sørensen, E.; Torfing, J. Making governance networks effective and democratic through metagovernance. *Public Adm.* **2009**, *87*, 234–258. [CrossRef]
33. Sørensen, E.; Torfing, J. Enhancing collaborative innovation in the public sector. *Adm. Soc.* **2011**, *43*, 842–868. [CrossRef]
34. Innes, J.E.; Booher, D.E. The Impact of Collaborative Planning on Governance Capacity. 2003. Available online: https://escholarship.org/uc/item/98k72547 (accessed on 26 May 2025).
35. Swyngedouw, E. The antinomies of the postpolitical city: In search of a democratic politics of environmental production. *Int. J. Urban Reg. Res.* **2009**, *33*, 601–620. [CrossRef]
36. Dudek, M. *Architecture of Schools: The New Learning Environments*; Routledge: London, UK, 2012.
37. Saint, A. Towards a social architecture: The role of school-building in post-war England. *Hist. Educ. Q.* **1987**, *28*, 650–653.
38. Woolner, P. *School Design Together*; Routledge: London, UK, 2015.
39. Le, C. *The Athens Charter*; Grossman Publishers: New York, NY, USA, 1945.
40. Mumford, L. *The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects*; Harcourt, Brace & World: San Diego, CA, USA, 1961.
41. Dudek, M. *Children's Spaces*; Architectural Press: New York, NY, USA, 2005.
42. Ajuntament de Barcelona. Protegim les Escoles | Urbanisme, Transició Ecològica, Serveis Urbans i Habitatge. (s. f.). 2023. Available online: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/que-fem-i-per-que/urbanisme-per-als-barris/protegim-escoles (accessed on 2 May 2024).
43. Concello de Pontevedra. Ciudad de la infancia: Concello de Pontevedra. Concello de Pontevedra. 2017. Available online: https://ok.pontevedra.gal/es/ciudad-de-la-infancia/ (accessed on 2 May 2024).
44. Ville de Paris. Les "Rues aux écoles " dans le 20e. Mairie Du 20e. 2024. Available online: https://mairie20.paris.fr/pages/les-rues-aux-ecoles-dans-le-20e-18452 (accessed on 2 May 2024).
45. Ville de Paris. Les Cours Oasis. 2024. Available online: https://www.paris.fr/pages/les-cours-oasis-7389 (accessed on 2 May 2024).
46. London City Hall. Climate Resilient Schools. 2024. Available online: https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/environment-and-climate-change/climate-change/climate-adaptation/climate-resilient-schools (accessed on 2 May 2024).
47. Meadows, D.H. *Leverage Points: Places to Intervene in a System*; No. 99-6; The Sustainability Institute: Hartland, VT, USA, 1999.
48. Nesshöver, C.; Assmuth, T.; Irvine, K.N.; Rusch, G.M.; Waylen, K.A.; Delbaere, B.; Haase, D.; Jones-Walters, L.; Keune, H.; Kovacs, E.; et al. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Sci. Total Environ.* **2017**, *579*, 1215–1227. [CrossRef] [PubMed]
49. Latour, B. Dadme un laboratorio y levantaré el mundo. In *La Ciencia Observada*; Knorr-Cetina, K., Mulkay, M., Eds.; Sage: New York, NY, USA, 1983; pp. 141–170.
50. Bulkeley, H.; Marvin, S.; Palgan, Y.V.; McCormick, K.; Breitfuss-Loidl, M. Urban living labs: Governing urban sustainability transitions. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* **2019**, *22*, 13–17. [CrossRef]
51. Polk, M. (Ed.) *Co-Producing Knowledge for Sustainable Cities: Joining Forces for Change*; Routledge: London, UK, 2015.
52. Ultramari, C.; Ludwig, L.; Ciociola, D. Coexistence between design, regulation, and negotiation in urban planning: The case of Buenos Aires, Mexico City, and São Paulo. *Urbani Izziv* **2023**, *34*, 119–128. [CrossRef]
53. Alexander, E.R. Institutional transformation and planning: From institutionalization theory to institutional design. *Plan. Theory* **2005**, *4*, 209–223. [CrossRef]
54. Healey, P.; Healey, P. Systemic Institutional Design for Collaborative Planning. In *Collaborative Planning: Shaping Places in Fragmented Societies*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1997; pp. 284–314.
55. Savini, F.; Bertolini, L. Urban experimentation as a politics of niches. *Environ. Plan. A Econ. Space* **2019**, *51*, 831–848. [CrossRef]
56. Purcell, M. Resisting neoliberalization: Communicative planning or counter-hegemonic movements? *Plan. Theory* **2009**, *8*, 140–165. [CrossRef]
57. Balboa, C.M. Urbanismo colaborativo. *Cuad. Investig. Urbanística* **2017**, *115*, 3–100.
58. Yin, R.K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*, 6th ed.; Sage Publications: New York, NY, USA, 2017.
59. Yin, R.K. The case study method as a tool for doing evaluation. *Curr. Sociol.* **1992**, *40*, 121–137. [CrossRef]
60. Eisenhardt, K.M. Building theories from case study research. *Acad. Manag. Rev.* **1989**, *14*, 532–550. [CrossRef]
61. Velasco, H.; Díaz de Rada, Á. *La Lógica de la Investigación Etnográfica*; Editorial Trotta: Madrid, Spain, 1997.

62. Díaz de Rada, Á. *El Taller del Etnógrafo: Materiales y Herramientas de Investigación Etnográfica = The workspace Of the Ethnographer: Materials and Tools for Ethnographic Research*; UNED: Madrid, Spain, 2011.
63. Lieberman, A. Collaborative research: Working with, not working. *Educ. Leadersh.* **1986**, *43*, 28–32.
64. Coughlan, P.; Coghlan, D. Action research for operations management. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* **2002**, *22*, 220–240. [CrossRef]
65. Shani, A.B.; Mohrman, S.A.; Pasmore, W.A.; Stymne, B.; Adler, N. (Eds.) *Handbook of Collaborative Management Research*, 1st ed.; Sage Publications: New York, NY, USA, 2007.
66. Ayuntamiento de Madrid. *Padrón Municipal de Habitantes 2021—Distrito de Villaverde*; Ayuntamiento de Madrid: Madrid, Spain, 2021.
67. Distrito de Villaverde. *San Cristobal de los Ángeles: Diagnostico Comunitario*; Distrito de Villaverde: Madrid, Spain, 2022.
68. Engle, J.; Slade, S. Escuchar para promover el cambio social: Herramientas transformadoras que impulsan la innovación comunitaria. In *En Plataformas que Activan la Innovación. Un Nuevo Enfoque para la Cooperación Internacional al Desarrollo*; Dansk Design Center: København, Denmark, 2018; pp. 22–40. Available online: https://fundacionlacaixa.org/documents/234043/558289/work-4-progress-plataformas-activan-innovacion.pdf (accessed on 26 May 2025).
69. Moreno, I.; Perfetti, S.; Ramil, X. Communication in Social Innovation Platforms. *Rev. Diecisiete* **2020**, *2*, 105–122. [CrossRef]
70. Fisher, J. Consideraciones sobre el seguimiento, evaluación y aprendizaje en las plataformas de innovación social. In *En Plataformas que Activan la Innovación. Un Nuevo Enfoque para la Cooperación Internacional al Desarrollo*; Columbia University: New York, NY, USA, 2018; pp. 63–75. Available online: https://fundacionlacaixa.org/documents/234043/558289/work-4-progress-plataformas-activan-innovacion.pdf (accessed on 26 May 2025).
71. Stott, L. *Co-Production: Enhancing the Role of Citizens in Governance and Service Delivery*; Technical Dossier No. 4; Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, European Commission: Brussels, Belgium, 2018. [CrossRef]
72. Voorberg, W.H.; Bekkers, V.J.J.M.; Tummers, L.G. A systematic review of co-creation and co-production: Embarking on the social innovation journey. *Public Manag. Rev.* **2015**, *17*, 1333–1357. [CrossRef]
73. Trischler, J.; Pervan, S.J.; Kelly, S.J.; Scott, D.R. The value of co-design: The effect of customer involvement in service design teams. *J. Serv. Res.* **2018**, *21*, 75–100. [CrossRef]
74. Obra Social "la Caixa"; itdUPM. *W4P—Guía III: Prototipado y Escalado*; Fundación la Caixa: Valencia, Spain, 2019; pp. 1–27.
75. Sabel, C.F.; Zeitlin, J. Experimentalist governance. In *The Oxford Handbook of Governance*; Levi-Faur, D., Ed.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2012; pp. 169–183.
76. Karvonen, A.; Evans, J.; van Heur, B. The politics of urban experiments: Radical change or business as usual? In *After Sustainable Cities?* Hodson, M., Marvin, S., Eds.; Routledge: London, UK, 2014; pp. 105–114.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Artículo A4

Breaking silos: A systemic portfolio approach and digital tool for collaborative urban decarbonisation

Cita:

Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S.; Mestre, N. Breaking Silos: A Systemic Portfolio Approach and Digital Tool for Collaborative Urban Decarbonisation. Sustainability 2025, 17, 5145. https://doi.org/10.3390/su17115145

Journal: MDPI Sustainability

Ranking Scopus based on SJR (Scimago Journal & Country Rank):

+ **SJR Index**: 0.688
+ **H index:** 207
+ **Cuartil**: Q1
    + Geography, Planning and Development: Q1

sustainability

MDPI

Article

Breaking Silos: A Systemic Portfolio Approach and Digital Tool for Collaborative Urban Decarbonisation

Manuel Alméstar [1,2,*], Sara Romero-Muñoz [3] and Nieves Mestre [1]

[1] Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; mariadelasnieves.mestre@upm.es
[2] Innovation and Technology for Development Centre—itdUPM, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain
[3] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; sara.romero@upm.es
* Correspondence: manuel.almestar@upm.es; Tel.: +34-646571955

Abstract: Urban decarbonisation requires governance models that overcome the fragmentation and rigidity of traditional urban planning. This article presents a systemic and digital framework for managing urban decarbonisation portfolios aligned with the EU Mission for Climate-Neutral and Smart Cities. Grounded in systems thinking and portfolio theory, this study develops an analytical taxonomy and an interactive digital tool to support strategic coordination, multistakeholder collaboration, and adaptive decision-making. The framework is empirically validated through the case of Madrid's Climate City Contract, demonstrating its functionality and transferability. Using a mixed-method approach—combining co-creation workshops, interviews, document analysis, and iterative prototyping—this research maps interdependencies among projects, actors, and levers of change. The digital tool enables real-time visualisation of collaboration patterns, gaps, and synergies, enhancing strategic foresight and coordination capacity. Findings reveal that 75% of initiatives in Madrid's CCC address climate adaptation, 80.36% are linked to knowledge generation, and key anchor projects serve as integrative hubs within the portfolio. This study concludes that the portfolio approach strengthens systemic innovation and reflexive governance by integrating digital infrastructures with collaborative planning processes. While challenges persist—including data integration, institutional capacity, and political dynamics—this research offers a replicable methodology for embedding mission-oriented strategies into urban governance. The digital portfolio emerges as a complementary governance tool that enhances transparency, organisational learning, and alignment across governance levels.

Keywords: systemic portfolio management; systems thinking; urban decarbonization; digital planning tools; climate-neutral cities; collaborative governance

check for updates

Academic Editors: Felicia Di Liddo, Pierluigi Morano, Francesco Tajani and Paola Amoruso

Received: 4 May 2025
Revised: 29 May 2025
Accepted: 2 June 2025
Published: 3 June 2025

Citation: Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S.; Mestre, N. Breaking Silos: A Systemic Portfolio Approach and Digital Tool for Collaborative Urban Decarbonisation. *Sustainability* **2025**, *17*, 5145. https://doi.org/10.3390/su17115145

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

Operationalising Mission-oriented innovation [1,2] and governing the transition towards urban decarbonisation present an unprecedented and complex challenge overall for local governments [3,4], which are often constrained by rigid administrative structures grounded in sectoral hierarchies and fragmented governance stemming from the fact that responsibility for climate action is distributed across several municipal departments, each operating under different mandates, priorities, and procedures—thereby making coordination and decision-making particularly difficult [2].

While urban climate governance has produced high-level policy recommendations, few contributions have provided tactical frameworks capable of integrating these efforts into operational systemic strategies [5,6]. In addition, recent studies highlight that focusing solely on carbon reduction targets can obscure deeper systemic impacts—such as distributional equity, procedural justice, health, or ecological regeneration—central to building resilient, inclusive, and legitimate urban futures [7–10]. Therefore, overcoming this complexity requires going beyond traditional urban planning instruments by embracing collaborative and learning-based approaches with digital tools that could offer opportunities to accelerate coordination, enhance integration, and support more adaptive decision-making [11,12].

In response to this growing demand for innovative planning models and practical management tools to support resilient, just, and low-carbon cities, the European Union (EU) launched the European Mission for Climate-Neutral and Smart Cities by 2030 in 2021 as a flagship programme to place innovation at the heart of cities' green and digital transition [1,13]. Through the Climate City Contract (CCC)—the central process and document of the Cities Mission—participating cities develop a city agreement aimed at collaboratively advancing transformative action towards climate neutrality [1]. Each city has drafted its CCC following a common structure intended to standardise the principal projects, actions, and efforts undertaken by the cities [1,13]. Despite this effort, internal coordination remains a challenge—both among municipal departments and between city-level organisations—as does inter-city collaboration within the Mission. These gaps hinder the development of a shared learning community with the capacity to accelerate the transition towards just and carbon-neutral cities.

To address this challenge, this research is guided by the following question: How can a systemic portfolio-based digital tool enhance the strategic coordination and collaborative governance of climate actions in complex urban ecosystems? In doing so, this research aims to contribute to the operationalisation of mission-oriented innovation by developing and empirically testing a framework that integrates systems thinking, portfolio management theory, and digital planning tools. Although portfolio approaches have been examined by many organisations at the level of conceptual frameworks or thematic groupings, this study takes a tactical–operational step forward. It generates and translates a taxonomy into an interactive systemic mapping tool and tests it on a real case—the Madrid CCC—allowing us to visualise interdependencies, identify gaps and synergies, and foster cross-sector coordination.

By applying systems thinking to a portfolio-based approach, this research proposes an alternative "second operating system" [14] that could complement and enhance conventional urban planning by enabling local governments to coordinate diverse projects under a shared strategic vision, foster collaborative practices, and activate public capabilities for transformative urban futures.

This research adopts a mixed-method, case study methodology [15,16], and action-oriented approach [17–19], combining a state-of-the-art review on portfolio-based approaches in climate innovation projects with the development of an analytical taxonomy tailored explicitly to the EU Cities Mission. The taxonomy contributes to the establishment of a common framework by identifying and systematising key variables extracted from actions and projects documented in technical materials and strategic plans from both municipal and non-municipal sources, thereby supporting a structured approach to systemic portfolio management. Building on this foundation, a digital tool is created to operationalise and test the proposed operational framework. As an empirical application, the digital tool was implemented in Madrid's CCC [20], serving as a case study to assess its functionality and practical relevance. The digital tool is designed to be transferable to

other cities participating in the EU Cities Mission, providing a replicable framework for integrating the portfolio approach into local climate planning and governance processes.

Compared to existing portfolio-based frameworks, this study contributes three specific advances: (1) it develops a refined systemic taxonomy tailored to the governance structures of EU CCCs, which includes dimensions such as levers of change, experimentation areas, and actor ecosystems; (2) it translates this taxonomy into a digital, interactive, open-source tool, enabling real-time mapping of portfolio interdependencies; and (3) it empirically validates this operationalisation through iterative testing and co-creation with Madrid city officials and organisations involved in the EU Mission. This represents a methodological and practical step forward in supporting municipal governments to implement dynamic, learning-oriented, and mission-driven planning.

This research is structured as follows: after the introduction, Section 2 depicts the theoretical foundations of the portfolio approach and its relevance for managing complexity, collaboration, and systemic innovation in urban decarbonisation. Section 3 presents the materials and methods, including the case study of Madrid's CCC and the methodological process for developing the systemic taxonomy and the digital tool. Section 4 describes the results of operationalising the systemic portfolio through the digital tool, detailing its architecture, variables, application to Madrid's portfolio, and the collaboration patterns identified. Section 5 critically discusses the emerging benefits, limitations, and collaboration dynamics revealed by the tool and reflects on their implications for governance and policy. Finally, Section 6 presents the main conclusions and suggests directions for future research and practice.

2. From Scarcity to Abundance: A Systemic Portfolio Approach to Urban Decarbonisation

2.1. Abundance Management as a Driver of Climate Innovation in Cities

In the current context of innovation and technological development, the way societies and cities address climate challenges is increasingly linked to the abundance of knowledge and resources rather than the scarcity agendas that dominated economic paradigms for much of the twentieth century [21]. Open access to vast information networks has created a promising scenario where cities can develop and scale urban solutions, fostering more resilient and adaptive governance models [2,3]. Technology and connectivity play a pivotal role in facilitating access to these abundant resources, accelerating innovation and maximising its transformative potential [4]. This setting challenges traditional scarcity-centred paradigms and highlights the need to manage abundance as both an efficiency strategy and a key driver of innovation [18,19].

Abundance management refers to the strategic organisation, allocation, and optimisation of existing resources to generate systemic value [22,23]. It entails adopting a new perspective on human, knowledge-based, ecological, and technical resources and managing them more efficiently and collectively [22]. Unlike traditional resource management—focused primarily on scarcity and cost-efficiency—abundance management prioritises connectivity, innovation, and redistribution as mechanisms to foster creativity, entrepreneurship, and collaboration [3,24,25]. Such an approach reinforces calls for more justice-sensitive urban climate governance, in which abundance is not only about efficiency or innovation but about revealing and redistributing socio-ecological resources—often marginalised in carbon-centric metrics—to support health, accessibility, social cohesion, and ecological integrity at the neighbourhood scale [7–10]. Therefore, abundance management opens up a promising opportunity to address global challenges by enabling individuals and organisations to concentrate on shared goals, optimise resource use, and capitalise on collective

knowledge, thereby fostering an environment conducive to inclusive and sustainable innovation [24].

Despite its potential, abundance management faces significant institutional barriers. The prevailing paradigm—centred on scarcity—is reflected in public management models prioritising stability, procedural adherence, and regulatory compliance over innovation [2]. Public administration remains rigid and fragmented, with responsibilities dispersed across sectoral hierarchies and multiple departments operating under distinct mandates, priorities, and procedures [2]. While such structures ensure consistency and accountability, they are also resistant to change, creating an inherent tension between the need for standardisation and the innovation potential [26]. This fragmentation limits the capacity of local governments to explore complementary strategies that could accelerate innovation efforts. As regulations proliferate and governance structures become increasingly compartmentalised and hierarchical, the room for municipal staff to innovate within city management processes and proposals becomes progressively constrained [27,28].

European policy agendas have acknowledged this structural weakness in public management, which advocates for the concept of the "entrepreneurial state" [29]. This perspective has led to a growing implementation of urban experimentation initiatives across Europe, exemplified by strategies and actions such as Copenhagen's Climate Resilient Neighbourhoods, Vienna's 'Wien 2030' strategy, and Helsinki's urban labs, among others. However, such experimental approaches often remain confined to a "niche" and face considerable challenges in achieving mainstream adoption—mainly due to their multidisciplinary nature [30,31], the difficulties of scaling without being co-opted [32,33], and the demands of deep multistakeholder collaboration [34]. In this regard, Charles Handy introduces the concept of the "second curve" [14], representing an alternative operating system to the dominant paradigm. This approach suggests that to avoid stagnation and obsolescence, organisations must adopt complementary strategies that enable them to evolve towards higher levels of complexity, supporting a transition towards more resilient and adaptive models [14]. In this sense, complementary strategies are needed to foster more decentralised and coordinated management approaches capable of integrating diverse actors and initiatives, facilitating cross-sectoral collaboration, and enabling adaptive, systemic responses to complex urban challenges.

2.2. A Systemic Portfolio Framework for Climate Action and Sustainable Urban Transformation

The concept of the portfolio as an organisational and management approach originated in the mid-20th century [35]. It was initially rooted in finance as a theory designed to balance risk and return through asset diversification and later gained prominence in the business sector as a strategy for optimising resource allocation and coordinating multiple projects [35–37]. As the portfolio approach has evolved, it has given rise to increasingly dynamic and adaptive models capable of responding to complex challenges and structural transformations [25].

The portfolio approach in the field of climate systems innovation has been increasingly implemented as a strategic framework to manage interconnected initiatives that simultaneously address climate challenges [38,39]. It serves as an integrative, multistakeholder, and multilevel mechanism to coordinate diverse climate actions and projects under shared objectives [25,40,41]. This approach has been embraced by several international organisations, which have developed various applications of the portfolio approach. For example, EIT Climate-KIC applies it to organise and manage its funded projects [42], itdUPM and Dark Matter Labs have implemented it through the Madrid Deep Demonstration initiative [43], Vinnova and Viable Cities have adopted the approach to support the implementation of European Missions in Sweden [44], the UNDP applies it in sys-

temic transformation projects [45], and ICLEI applies it in a sectoral manner within the EU Mission [46]. These examples highlight its emphasis on climate action experimentations supporting the exploration of novel and uncertain pathways within multistakeholder ecosystems, fostering continuous learning and enhancing adaptive capacity in the face of climate uncertainty [44,47–51]. In contrast to conventional sectoral approaches, the portfolio approach adopts a systemic perspective, enabling the identification of synergies across projects and emerging insights [45,52] and the activation of multiple levers of change [49].

Multistakeholder and multidisciplinary collaboration is central to the portfolio approach, fostering the creation of dynamic ecosystems where continuous learning reinforces collective knowledge and a shared sense of purpose [53–56]. By distributing responsibilities and risks among diverse actors [37,48,49], the collaborative ecosystem also facilitates the establishment of governance mechanisms that promote coherence and consistency in implementing public policies [52].

Nevertheless, the portfolio approach is not without challenges. Diverging interests, power asymmetries, and coordination difficulties may hinder its effectiveness, particularly in multistakeholder contexts where actors operate under different mandates, incentives, and accountability structures [34,37,48,49,53]. Institutional inertia and bureaucratic rigidity can further constrain the adoption of systemic approaches, while power imbalances risk undermining equitable participation and collaborative decision-making [29,56]. Addressing these challenges requires designing governance structures that foster inclusivity, transparency, and trust [34,50]. Facilitation mechanisms are essential to mediate interests, bridge institutional silos, and sustain cross-sector collaboration [57,58]. Conflict-resolution strategies must also be embedded to navigate disagreements and ensure the meaningful integration of diverse perspectives into portfolio management processes [34].

The portfolio approach, therefore, holds strong potential to complement—rather than replace—traditional public management tools. It could act as a "second operating system", offering a systemic view that enhances cities' ability to navigate complexity and harness abundant available resources and knowledge.

3. Materials and Methods

3.1. Materials: Case Study of the Madrid CCC

In September 2021, the European Commission launched the Climate-Neutral and Smart Cities Mission (Cities Mission), one of the EU's key instruments for advancing cities' green and digital transition through innovation [13]. The Cities Mission seeks to transform cities into hubs of experimentation and innovation for decarbonisation by engaging administrations, businesses, researchers, investors, and citizens [59]. In April 2022, 112 cities were selected to begin this process by drafting their CCCs—a city agreement and governance innovation tool designed to drive transformative action towards climate neutrality collaboratively. Each CCC comprises three components: (1) political and multistakeholder commitments, (2) the Climate Action Plan (CAP), and (3) the Climate Investment Plan (CIP) [59]. Together, these components are intended to provide a shared analytical framework that enables all Mission Cities to structure their climate strategies in a coherent, comparable, and coordinated manner, aligning political will, action pathways, and financial planning [1,40].

By May 2025, 102 cities had submitted their CCCs, with 92 receiving the EU Mission Label, recognising their commitment and the quality of their proposed actions [60]. The label aims to attract investment for CAP implementation and foster multistakeholder collaboration, promoting coordinated efforts across sectors and governance levels. Within this framework, the CAPs represent an opportunity to align actors, organisations, projects, and resources under a systemic vision that transcends traditional sectoral approaches.

Madrid reflects this approach in its CCC through the "Citizens of the Future" experimentation area, aimed at fostering a climate culture across its 250 public schools and 6.5 km^2 of public university campuses [20,61,62]. This experimentation area integrates complementary urban strategies and policies, including Madrid + Natural [63], the Roadmap to Climate Neutrality 2050 [62], Madrid 360 [64], the IV Plan for Children and Adolescents [65], the Sustainable Mobility Ordinance [66], and the city's school environment strategy [67]. In the same line, in October 2024 Madrid City Council and three public universities signed bilateral agreements to transform university campuses into platforms for urban experimentation [68–70]. These agreements foster interdisciplinary research on climate adaptation and mitigation, facilitate knowledge transfer, and engage the university community and citizens. Research focuses on climate shelters, energy efficiency in buildings, identifying opportunity areas within campuses, health protection under climate change, urban landscape management, and carbon sequestration. Together, these efforts integrate academia and society, linking research to broader social and environmental challenges in the fight against climate change [68–70].

Madrid's CCC includes 14 municipal projects, such as STARS, which promotes active commuting among students; CLEVER Cities, which creates several green corridors; LIFE PACT, which naturalises playgrounds with community participation; and URBREATH, which develops digital tools to promote participatory urban processes (Appendix A: List of the projects of the Climate City Contract of Madrid). Collectively, these projects address climate and social challenges by integrating innovative, collaborative, and adaptive solutions in school and university environments.

3.2. Methods

The case study was adopted as the main methodological approach of this research, given its value for analysing complex social phenomena where cause-and-effect relationships are not readily observable and are strongly shaped by context [15,16]. The case study is considered particularly suitable for theory-building in emerging fields, as it identifies and articulates relevant variables and mechanisms based on empirical observation [71].

This research combines qualitative data to inform both the development of a systemic taxonomy and the design of a digital portfolio tool. The process followed an iterative cycle of empirical data collection, conceptual modelling, and tool prototyping, ensuring alignment with real-world governance contexts and practitioner insights. Qualitative data were gathered through semi-structured interviews, workshops that served as feedback focus groups, and a review of relevant documents. A total of 11 semi-structured interviews were carried out with public officials from Madrid City Council directly involved in the CCC process, with a member of the Spanish national platform supporting Cities Mission implementation, and with a representative of the European NetZeroCities project (NZC). These interviews explored governance dynamics, technical challenges, and expectations surrounding digital tools for interdepartmental and inter-city coordination. Additionally, a co-design workshop was held with 22 municipal technicians through the Official School for City officials of the Madrid City Council (Escuela de Formación Continua del Ayuntamiento de Madrid), where the initial taxonomy and tool interface were tested, discussed, and refined. Over 20 documentary sources—including CCC drafts, project fiches, funding calls, and internal policy reports—were reviewed to extract structural features, strategic priorities, and emerging patterns across climate portfolios. The documentary review enabled the construction of a relational database, classifying more than 100 projects and associated actors according to the dimensions of the taxonomy. This facilitated a structural mapping of systemic levers, experimentation domains, actor roles, and governance arrangements.

Triangulation was achieved through iterative integration of the different data sources: (i) interview insights helped interpret gaps in the documentary analysis and identify unarticulated connections; (ii) workshop feedback informed modifications to the taxonomy; and (iii) the modelling uncovered structural patterns that shaped the tool's visualisation and filtering logic. This methodological approach ensured that both the taxonomy and the digital interface were not preconfigured abstractions but emerged from grounded institutional knowledge and multilevel practitioner engagement.

The choice to conduct the analysis on a single case study does not undermine its validity, because the framework and digital tool were validated through a multi-level process: first, at the local level, with Madrid municipal officers, and at the European level, through feedback from NZC experts. These interactions helped refine and adapt the taxonomy and tool, ensuring their usability and transferability beyond Madrid.

This study was conducted by three researchers, including one who directly participated in drafting the Madrid CCC and in the design and implementation of the Collaborative Platform for Climate Neutrality in Spanish Cities in the framework of the Cities Mission. The municipal technical team responsible for the Madrid CCC reviewed the results, discussion, and conclusions, enriching the analysis and enhancing its practical relevance [71]. This collaboration contributed to ensuring the applicability of the portfolio approach within municipal planning tools and offered valuable insights into its integration within local governance processes.

Building on these premises, the methodological process of this research was structured into three interconnected phases aimed at exploring, operationalising, and evaluating a systemic, portfolio-based digital tool, as illustrated in Figure 1 and detailed below:

1. **Phase 1 | Analytic taxonomy:** This first phase aimed to develop a robust taxonomy capable of enabling a systemic analysis of CCCs. The materials used included a comprehensive review of the academic literature on portfolio management, systems thinking, and mission-oriented innovation policies, as well as technical documents, strategic plans, institutional reports, and other documentation related to the structure of CCCs. The process involved extracting key concepts and attributes from these sources to identify the relevant components in unpacking urban decarbonisation projects. Importantly, the analytical taxonomy builds-in some variables already embedded within the CCC structure, particularly in the CAP. This analysis was complemented by focus group sessions with 22 municipal technicians from various departments of Madrid City Council (Appendix B: List of officials participating in the workshop on taxonomy and digital tools), allowing the taxonomy to be validated and refined through practitioner insights. As a result, a taxonomy was developed to classify projects into categories according to a defined set of variables.
2. **Phase 2 | Digital tool design:** The objective of the second phase was to translate the analytical taxonomy into an operational, interactive digital tool that could support local governments in coordinating and managing the project portfolios within their CCCs. The process involved coding the taxonomy—developed in Phase 1—into a digital tool using an open-source platform, enabling the visualisation, classification, and mapping of projects based on their systemic attributes (Appendix C: Programming code of the digital tool). Throughout the design process, iterative validation was carried out through interviews and co-creation sessions with municipal staff and other organisations involved in the Cities Mission (Appendix D: List of interviewees for feedback on the digital tool), ensuring that the tool's functionalities, interface, and data structure aligned with the operational needs and governance challenges identified by practitioners. The result was a digital tool that provides a user-

friendly interface for navigating the portfolio, offering real-time visualisations and relational maps.

3. **Phase 3 | Madrid CCC case study:** The objective of the third phase was to apply the digital tool to the portfolio of projects included in Madrid's CCC to test its functionality and evaluate its practical utility in a real governance context. The materials used in this phase consisted of the full dataset of projects and initiatives comprising Madrid's CCC, complemented by feedback and documentation from the municipal staff (Appendix A: List of the projects of the Climate City Contract of Madrid). The process involved loading the CCC portfolio data into the digital tool, configuring it according to the taxonomy, and conducting iterative testing to refine its outputs. Additional feedback was gathered through co-creation and validation sessions with municipal technical staff to assess the tool's capacity to facilitate coordination, improve information integration, and support decision-making. This process was carried out in six steps.
   (1) Identification of CCC Initiatives | CCC initiatives were identified and selected, covering both municipal and collaborative projects at various stages of development.
   (2) Definition of tabular structure | A tabular structure was defined to clearly distinguish between components, subcomponents, and responsible organisations, assigning a unique label and entity type to each entry.
   (3) Manual coding using the taxonomy | Each initiative was manually coded based on the previously developed taxonomy, including experimentation area, associated umbrella project, development stage, involved sectors, activated systemic levers, and strategic orientation.
   (4) Integration of relational data | Relational data was incorporated by linking each project and actor to other elements through connections, enabling the identification of collaboration patterns, overlaps, and synergies.
   (5) Validation through triangulation | The resulting matrix was reviewed and validated through triangulation with official CCC documents, interviews with public officials, and co-creation workshops with municipal staff.
   (6) Upload to digital tool | The matrix is uploaded into the digital tool, which already integrates the necessary code for data processing and visualisation.

The result was a tested systemic portfolio within a collaborative digital tool, validated by practitioners, which enabled the mapping of the Madrid CCC portfolio, the identification of synergies and gaps, and the visualisation of connections between projects, actors, and strategies.

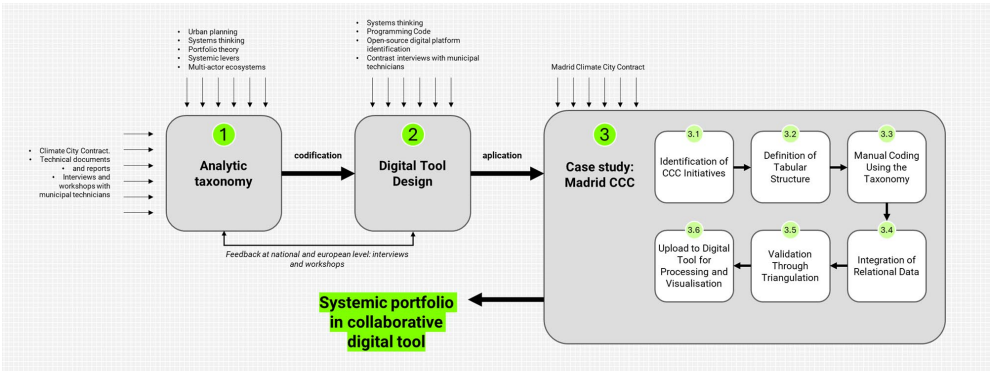


Figure 1. Methodological process implemented in this research.

4. Results

This section presents the results of operationalising the systemic portfolio approach through the digital tool based on the analytical taxonomy and its application to the Madrid

CCC. The taxonomy serves as the conceptual backbone of the tool, providing a structured framework. Once the programming code based on the taxonomy is established, the digital tool enables interactive portfolio exploration, allowing users to visualise relationships, identify synergies, and analyse connections between projects and actors.

4.1. Operationalising the Systemic Portfolio Through a Digital Tool

The digital tool was designed as an interactive, collaborative digital platform to facilitate the participation and inclusion of diverse actors across the urban system (https://embed.kumu.io/8f3d5c4648af530e990531ff0f4fdeb9, accessed on 30 May 2025). It was developed using KUMU (kumu.io), an open-source platform that enables the creation of dynamic, visually engaging connection maps, categorising elements, and embedding descriptive content within network nodes and connections (Appendix C: Programming code of the digital tool).

The visualisation interface of the digital tool is organised into two main sections, as illustrated in Figure 2. On the left, fact sheets provide detailed information about each element and connection, including their attributes (based on the analytical taxonomy), objectives, progress status, and the actors involved. On the right, the interactive portfolio map displays relationships across the five rings, dynamically processing data on components, subcomponents, and actors. In systems thinking, these relationships are understood through multiple theoretical lenses that describe their directionality and relational dynamics, which were subsequently integrated into the design of the digital tool. Complex systems theory [72] and hierarchical systems theory [73] differentiate between unidirectional and bidirectional interactions. Unidirectional connections indicate that one element influences another without feedback, while bidirectional connections represent mutual exchange and reciprocity. Interdependence theory [74] further classifies interactions as sequential (unidirectional), reciprocal (bidirectional), or group interactions (feedback loops). Additionally, frameworks of collaborative value creation [75,76] propose a "collaboration continuum", where relationships evolve from transactional (low-commitment, limited resource-sharing, primarily functional value) to transformational (high-commitment interactions involving deep resource-sharing and co-creation), fostering innovation and systemic change both within and across organisations [75].

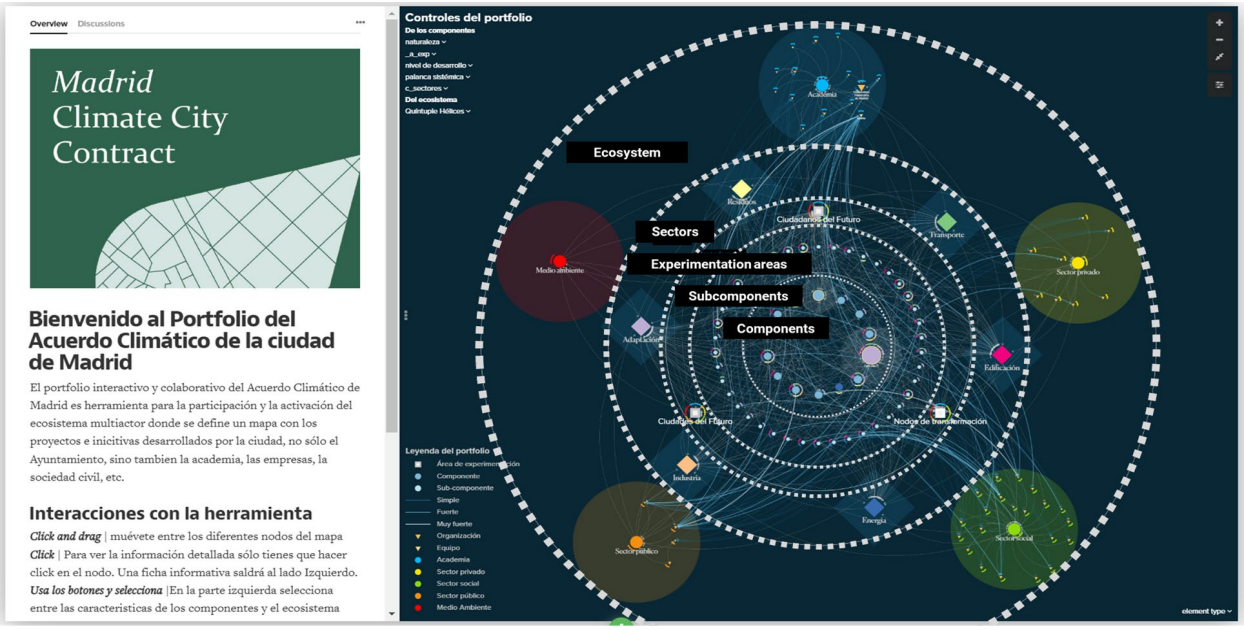


Figure 2. Visualisation of the interactive digital tool for CCC portfolios.

The taxonomy developed in the research underpinning the visual logic of the interface is structured around five concentric rings that represent the systemic organisation of the portfolio (Figure 3). Each ring corresponds to a distinct analytical variable—ranging from the ecosystem of actors to specific climate actions—enabling a multidimensional understanding of the interactions among projects, stakeholders, and strategic levers across different levels. The rings are described as follows:

- **1st ring | Ecosystem:** These are all the portfolio's stakeholders working on climate actions and projects. The Quintuple Helix Innovation model is a feasible theoretical framework for this field [53,56]. This model proposes the exchange of knowledge between actors in the multistakeholder ecosystem divided into five systems: the political system (governments, city councils, ministries, etc.), the economic system (companies, startups, corporations, etc.), the academic system (schools, universities, technology centres, etc.), the media-based and culture-based system (civil society, citizens, media, artists, etc.) and the environmental system [53,56,77]. This framework is a transdisciplinary model where all five helixes feedback into continuous flows of knowledge inputs and outputs [53,56].
- **2nd ring | Levers of change:** This is a framework for designing, monitoring and understanding interventions in complex systems [78,79]. This concept stems from the theory of "leverage points" developed by Donella Meadows, which defines them as places in a complex system where a small change can produce significant changes in the whole [79]. This concept allows for analysis beyond thematic or sectorial lines. In the Cities Mission context, levers of change are the cross-cutting axes of the city needed to trigger profound changes in a multisectoral manner to reduce CO_2 emissions. To this end, the Cities Mission integrates technology and infrastructure, governance and policy, social innovation, participation and democracy, financing, and learning as levers for change [80]. While this grouping interweaves different socio-technical axes, its anthropocentric character (human-centred) still dominates the analysis. It is therefore important to integrate more eco-centric approaches (ecosystem-centred) that refocus attention on the many examples of abundance. In this sense, urban commons serve as an analytical framework, a collective resource governance strategy, and an organisational model based on collaboration [81,82], aligning with levers of change. Their relevance has grown amid the climate crisis, revealing the deep link between ecological issues and dominant social structures [82]. In the portfolio approach, the urban commons can be integrated as systemic levers, opening up a broad spectrum of possibilities from an anthropocentric to a complementary eco-centric approach. Hence, the research proposes a binary analysis system characterised by both visions, defining seven systemic levers: economy (monetary and non-monetary), ecology (human-centred and non-human-centred), infrastructures (material and social; technological and natural), knowledge (formal and experiential), location (based on territorial conditions, and based on social conditions), social status (based on the narrative of the upper/cosmopolitan classes, and based on the narrative of the middle and working classes), and governance (top-down, and bottom-up).
- **3rd ring | Experimentation areas:** These are the specific strategies in which the portfolio is implemented to explore and understand how innovation can facilitate transformation processes. These experimentation areas allow for identifying the most suitable contexts for designing, testing, and implementing projects or experiments, providing key information on their feasibility, impact, and scalability [83]. The problem owner—represented by local authorities responsible for designing strategies and public policies that reflect societal needs [48,50]—should define the scope and boundaries of these experimentation areas [38,83]. Rather than adopting a hierarchical or top-down approach, these areas should be co-designed through collaborative, multistakeholder processes grounded in

observational data collection and ethnographic analysis [44,50]. The experimentation areas integrate a series of urban experiments that allow different actors to creatively and iteratively test sustainable solutions within various domains (from technical solutions, tools, and services to innovations in public policies), allowing them to induce change in a controlled manner, evaluate, communicate, and learn [12,83–85].

- **4th and 5th rings | Components:** The fourth ring comprises the projects, while the fifth ring contains the climate actions embedded within those projects, representing the portfolio's core components. The "climate action" constitutes the minimum unit of analysis within the portfolio. Both projects and actions are explicitly designed to align with the levers of change and experimentation areas, embedding these attributes as intrinsic characteristics that guide their function, connection, and contribution within the systemic portfolio. In addition to these attributes, the components also exhibit the following key variables:
  - Level of development: The portfolio should depict and facilitate the analysis of the evolution over time of the city's climate actions. Therefore, it should not only be composed of projects under-development but also integrate knowledge from previous experiences and projects under-study. In this way, the portfolio can create continuous knowledge flows based on the abundance of the city's knowledge [77]. The portfolio should also integrate projects identified as necessary for the city but not yet being studied or developed by the ecosystem of actors. These projects would allow the ecosystem to identify new themes of interest and redirect the actions of existing projects towards them.
  - Sectors: The sectoral character of the portfolio components—in the context of the Cities Mission—is shaped by their CO_2 abatement potential. NZC designed and implemented an economic model for decarbonisation integrated into the CAP [86]. This economic model stands out for its ability to quantify scope 1 and 2 CO_2 emissions and analyse the emission reduction potential of the five sectors—transport, buildings, energy, waste, and industry—which account for more than 90% of emissions [86]. The division of European Missions between mitigation (Cities Mission) and adaptation (Adaptation Mission) has led this tool to exclude adaptation measures in the accounting of the economic model. However, cities have incorporated adaptation projects and actions in their respective CCCs, so this research integrates actions linked to climate change adaptation as a key sector of the portfolio.
  - Orientation: The portfolio addresses complex urban challenges that require clear direction to drive systemic change [38,83]. This orientation should guide the ecosystem toward achieving the shared mission while simultaneously fostering continuous improvement, anticipation of emerging challenges, and the creation of spaces for reflection and adaptation in uncertain contexts. To support this approach, the OECD offers a balanced categorisation for orienting urban innovation [50,51], recognising the need for initiatives that are not only relevant in the short term but also contribute to long-term resilience and adaptive capacity in the face of future challenges [50]. In this sense, four categories of orientation are identified: (1) improvement-oriented, focused on enhancing current conditions by optimising resources, reducing costs, connecting knowledge, and integrating infrastructures and skills [84]; (2) adaptive, geared toward responding to rapid changes or crises through flexible organisational structures, decentralised governance, and environments that enable experimentation, reflection, and continuous learning [44,46]; (3) Mission-driven, focused on tackling grand societal and environmental challenges beyond the reach of traditional policy and governance

systems [44], such as achieving climate neutrality by 2030 and fostering inclusivity [21]; and (4) anticipatory, aimed at embracing complexity and uncertainty by anticipating and acting on emerging futures, implemented through foresight practices that translate future visions into actionable strategies and evaluation mechanisms [84,87,88].

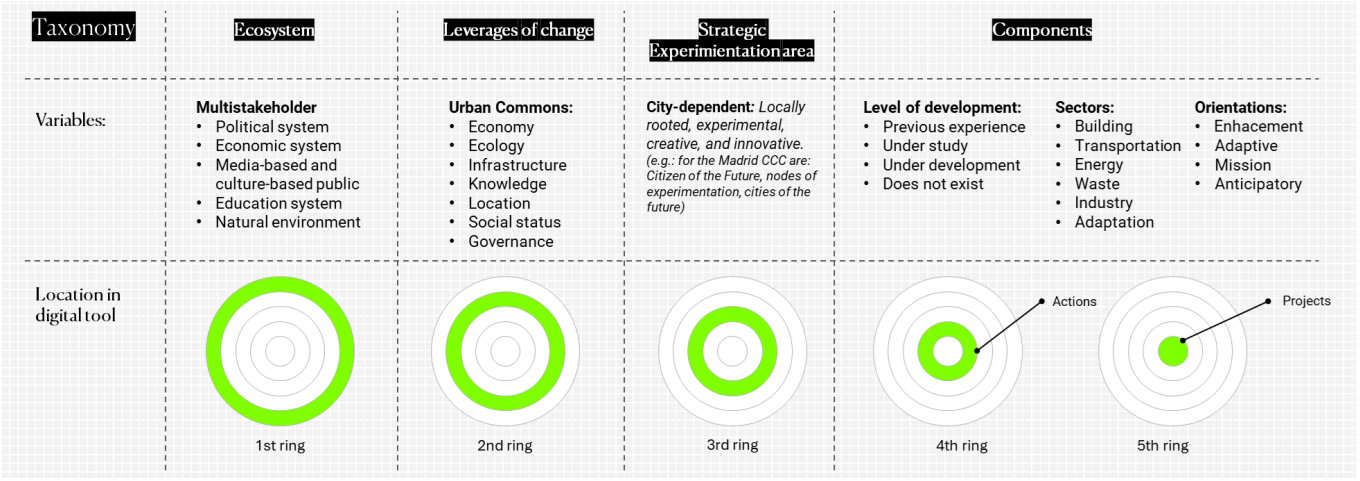


Figure 3. Taxonomy of the portfolio approach: Portfolio variables and their location in the digital tool (Authors).

Based on the taxonomy, the digital tool incorporates a series of interactive controls located at the top-left of the interface, enabling users to explore and filter connections between the portfolio's variables (Figure 4a–g). It also includes a keyword search function to facilitate targeted navigation of the portfolio (Figure 4h). Additionally, the tool allows users to trace first-level (direct), second-level (via an intermediate node), and third-level (via two intermediate nodes) connections, making it possible to identify indirect links and hidden relational pathways within the portfolio (Figure 5a–c). This layered connectivity model offers a powerful analytical advantage by revealing not only the explicit structure of interactions, but also the underlying patterns of influence and mediation that shape the functioning of the portfolio. Figure 5a displays the first-level connections of a selected component—typically a tractor project or core initiative—highlighting its immediate ties to relevant actors (positioned in the first ring), the levers of change it activates (second ring), and the experimentation areas it contributes to (third ring). This view outlines the direct ecosystem of design and implementation, facilitating the identification of lead organisations, operative alliances, and the strategic intent of each project. Figure 5b expands this perspective by tracing second-level connections, uncovering how an initiative is indirectly linked to other variables of the portfolio through shared intermediaries. For example, a project may be indirectly connected to a sector or actor it does not interact with directly but that is reached through a common lever of change or experimentation area. This intermediate layer reveals the functional redundancies and interdependencies between initiatives, helping detect clusters of influence and opportunities for cross-learning. Figure 5c further deepens the analysis by including third-level connections, which visualise extended pathways of association across the portfolio through two or more intermediaries. This enables users to detect latent linkages that may otherwise remain invisible, and to anticipate the systemic ripple effects of changes introduced in a particular initiative.

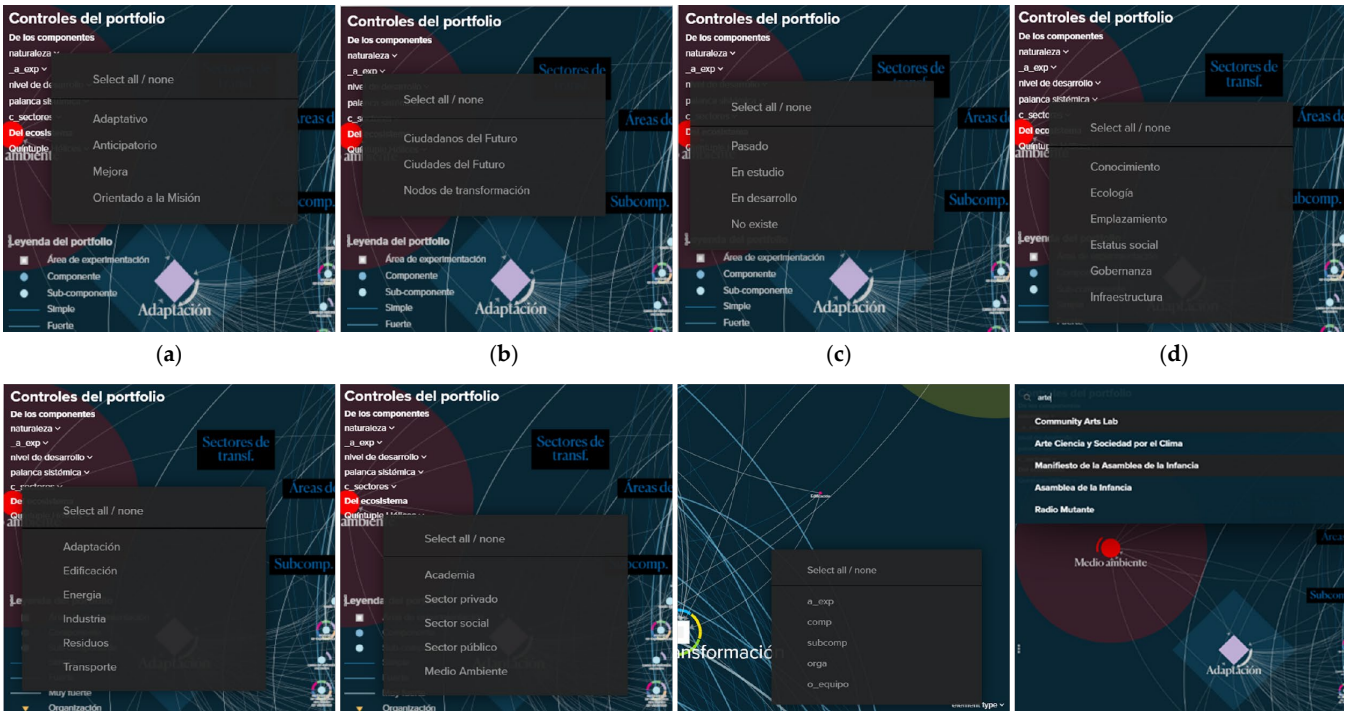


Figure 4. Interactive controls of the digital tool based on the portfolio taxonomy. (**a**) Orientation, (**b**) experimentation area, (**c**) level of development, (**d**) levers of change, (**e**) sectors, (**f**) ecosystem, (**g**) portfolio rings, (**h**) keyword search (Authors).

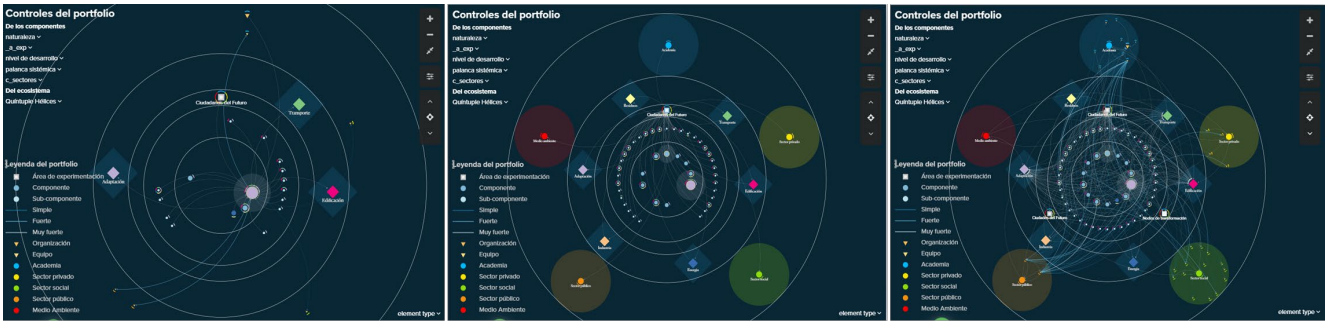


Figure 5. First (**a**), second (**b**), and third (**c**) level connections between components and portfolio rings (Authors).

4.2. Mapping and Analysing the Madrid CCC Portfolio: Insights from the Digital Tool

The analysis of Madrid's CCC portfolio, conducted through the digital tool, identified 14 core components (projects) and 42 sub-components (actions) implemented by a network of 47 actors (32 organisations and 15 teams belonging to 5 organisations). The ecosystem is distributed as follows: 8.51% from the political system, 17.02% from the economic system, 44.68% from the media and culture-based system, and 29.79% from the academic system. Although the political system exhibits the lowest percentage of actor representation, it plays a pivotal role in connectivity: the Madrid City Council (political system) emerges as the central node, establishing 37 direct connections with components and sub-components, followed by itdUPM (academic system), with 35 connections. Together, these two institutions are linked to over 76% of the total initiatives in the portfolio, underscoring their strategic importance in interlinking governance, knowledge, and implementation. These findings highlight which organisations act as key knowledge brokers and intermediaries,

facilitating the flow of information, collaboration, and alignment across initiatives and stakeholders [89–91].

In terms of level of development, the portfolio reveals that 30.36% of components and sub-components are under development, and 19.64% are under study. Focusing only on active projects, 39.29% are under study, while 60.71% are actively under development. Additionally, the portfolio includes 27 initiatives already implemented (48.21%), while only 1.79% are classified as necessary but not yet initiated. This indicates a relatively low implementation gap and a high rate of activation within the proposed actions. A sectoral analysis shows that 75% of initiatives address climate change adaptation, followed by 58.93% linked to buildings, 42.86% to energy, 37.5% to transport, 30.36% to waste management, and 26.79% to industry. On average, each initiative engages with at least 3.7 sectors. This distribution reflects a portfolio strongly oriented towards climate adaptation, while maintaining cross-sectoral coverage in mitigation-related sectors. When mapped against levers of change, 80.36% of initiatives focus on knowledge generation, 41.07% on governance, 39.29% on infrastructure, 35.71% on economy and ecology, and 33.93% on social status. Knowledge thus emerges as the dominant lever, being present in over four-fifths of the initiatives, which suggests a deliberate emphasis on capacity-building, institutional learning, and evidence-based planning.

Regarding orientation, 57.14% of initiatives aim to improve current conditions (improvement-oriented), 59.93% align with the mission-driven objective of climate neutrality, 26.79% are anticipatory-oriented, and 21.43% are adaptive-oriented. Notably, more than half of the initiatives combine improvement and mission-orientation, demonstrating a hybrid approach that blends incremental change with transformative ambition. Finally, two initiatives stand out for their high connectivity within the experimentation area dimension: LIFE PACT (23 connections) and University–City Binomial (16 connections). Their strong relational embeddedness highlights their potential as anchor projects for experimentation. These projects not only act as hubs within the network, but also embody integrative logics by combining spatial interventions, social co-creation, and policy alignment. Understanding their organisational structures, funding models, and governance mechanisms offers valuable insights for scaling or replicating their integrative capacity across other initiatives.

5. Discussion

5.1. From Static to Dynamic: Emerging Benefits and Challenges

The digital tool is not a static representation of the urban system, but a dynamic platform that captures multiple perspectives and variables of urban transformation. Sustaining this dynamism requires collaborative spaces that foster decentralised participation and continuous interaction. This section reflects on the practical implications, emerging benefits, and potential challenges of operationalising the systemic portfolio approach through a digital tool. Below, we outline the potential benefits identified through the application of the digital tool:

1. It enhances strategic and anticipatory decision-making in complex, multistakeholder governance contexts by equipping city managers with improved foresight and scenario-planning capabilities. This anticipatory capacity helps stakeholders proactively address uncertainties, ensuring that short-term actions remain aligned with long-term climate neutrality goals, such as the 2030 target envisioned by the Cities Mission.
2. The digital tool integrates the knowledge of diverse stakeholders by bridging municipal silos and connecting across wider societal systems that have historically hindered collaborative climate action. By serving as a shared platform, it facilitates cross-sectoral collaboration and joint planning.

3. The digital tool is inherently learning-oriented as it encourages organisational reflection and knowledge transfer by capturing project insights and lessons learned and facilitating peer learning across departments. This emphasis on continual learning fosters adaptive planning, allowing strategies to be iteratively refined based on feedback and evolving conditions.
4. The digital tool aids in identifying synergies and gaps across the entire portfolio. Mapping and analysing interdependencies, it reveals where initiatives can reinforce one another and where critical interventions are missing, thereby enabling more coherent, targeted, and systemic interventions.
5. The digital tool identifies connections and overlaps, i.e., when two components complement each other or when they operate in isolation despite sharing similar characteristics and actions. The connections enable the transfer of knowledge, skills, and resources unidirectionally or bidirectionally. In the case of overlapping components, it allows for greater resources (financial and human) to be made available for project implementation, amplifying the scope and scale of the intervention. Another possible scenario is the redirection of resources towards dedicated portfolio management. This scenario requires providing public administrations with more flexible and complementary management instruments.
6. The visualisation and systemic structuring enabled by the taxonomy and digital tool support strategic understanding at multiple scales. Thanks to its fractal capacity, the portfolio approach is applicable at local, national, and supranational levels (Figure 6), allowing actors to analyse, compare, and coordinate actions across governance tiers. This scalability fosters shared learning, capacity-building, and access to funding for cities pursuing aligned climate objectives, thereby contributing to the emergence of a multilevel ecosystem of urban transformation. For example, in Madrid, the strategic orientation of its CCC—centred on climate adaptation infrastructure—is reflected in the portfolio's structure: 75% of initiatives address adaptation, while 80.36% relate to knowledge generation. This local portfolio aligns with other city-level strategies within the EU Cities Mission. For instance, Barcelona's Escoles Refugi programme uses nature-based solutions to convert heat-exposed schools into climate shelters, echoing Madrid's educational renaturalisation agenda [92]. Heidelberg's CCC prioritises energy efficiency and thermal comfort in school buildings to advance climate neutrality goals [93], while Malmö's CCC integrates neighbourhood-scale participatory processes to enhance resilience and equity [94]. These synergies demonstrate the practical utility of the portfolio approach and highlight its transferability, contingent on governance capacities, regulatory frameworks, and civic engagement. Therefore, the integration of city portfolios could strengthen collective knowledge and reinforce strategic approaches developed across diverse urban contexts, particularly in relation to shared priority areas.

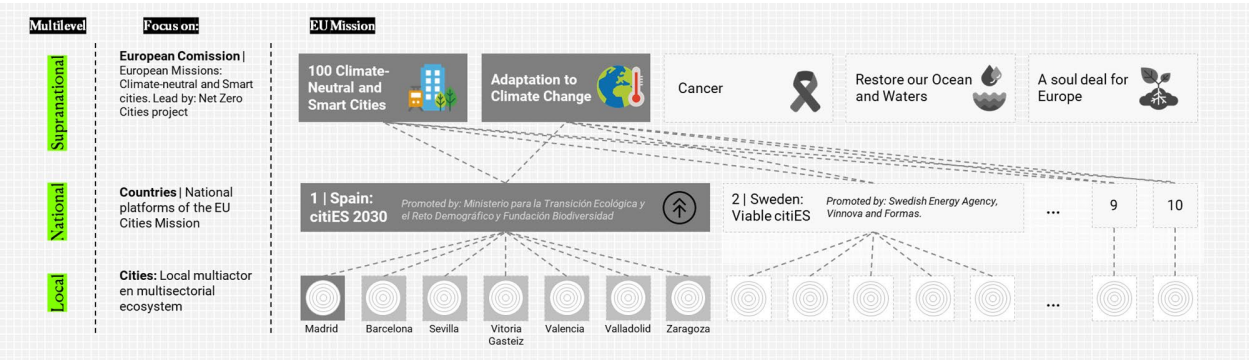


Figure 6. Potential for multi-level application of the portfolio approach (Authors).

These benefits collectively contribute to operationalising a mission-oriented, integrated, and adaptive strategy. However, their implementation also entails multiple emerging challenges, which may serve as potential lines for future research:

1. Constructing this tool requires extensive data collection, analysis, and systematisation. For effective implementation, each organisation within the urban ecosystem has to actively interpret and contextualise the taxonomy according to its own language and operational framework. While the taxonomy is designed for direct application to the CCCs, failing to fully understand its attributes may lead to distortions in how the portfolio is configured and analysed. Therefore, portfolio managers have a critical role in ensuring that all actors share a common understanding of the taxonomy, promoting coherent interpretation, analysis, and evaluation across the system. Capacity-building initiatives, tailored training, and collaborative workshops with public administrations and organisations involved can address these challenges, fostering co-ownership and enhancing adoption.
2. Concerns regarding data ownership, consent, and accountability are relevant in multi-actor ecosystems. However, it is important to reinforce that the digital tool primarily draws from information that is already publicly available, including documentation from Open Data Portal of the City (in the case study Madrid's Open Data Portal) and CCC itself. The objective of the tool is not to generate new sensitive datasets, but to translate and organise existing information to enhance strategic coordination.
3. Adopting a dedicated portfolio management framework may increase administrative overhead and necessitate reallocating funds from other programmes, which could generate stakeholder tensions. Where institutional capacity is limited, such trade-offs become more pronounced.
4. Data integration from multiple stakeholders can be particularly complex, calling for standardised formats or bridging applications to ensure interoperability. User interface design must be tested iteratively to minimise complexity and facilitate widespread adoption among diverse actors. The implementation of digital tools in public governance also raises ethical and data-governance concerns that require critical reflection. The relational mapping of actors and initiatives may reproduce or amplify existing power asymmetries, particularly if less-institutionalised stakeholders (e.g., grassroots or neighbourhood groups) are underrepresented in the source data. To mitigate this, it is essential to adopt inclusive data protocols and encourage participatory mapping practices that update and validate ecosystem representations over time.
5. Cybersecurity risks should also be addressed, especially concerning sensitive public investment and stakeholder data. While the tool has been developed as an open-source platform to promote transparency and replicability, the application of cybersecurity standards—and the definition of appropriate levels of openness—must be determined by the institutional and technological context of each local government. Risks such as unauthorised access, data manipulation, or service disruption should be addressed as part of the broader governance framework of the tool through risk assessments, tiered access controls, and adherence to municipal or national IT security regulations. In some cases, deploying the tool in closed-code formats may be necessary, depending on the risk profile, capacity of the implementing institution, and the context of each city.
6. In evaluating the long-term impacts of portfolio-based governance on decarbonisation outcomes, equity considerations, and urban resilience, developing integrated evaluation frameworks and metrics to assess systemic change, including unintended consequences, will be critical for advancement in this field. Additionally, exploring integrating artificial intelligence, predictive analytics, or participatory sensing into

portfolio tools could further enhance their capacity to support anticipatory governance and real-time decision-making.

Despite these challenges, the transformative potential of the tool is not diminished; rather, it highlights the importance of embedding it within ethical frameworks, participatory governance structures, and ongoing deliberative practices. Digital infrastructures must complement—not replace—public decision-making, ensuring that technology strengthens transparency, inclusion, and collective agency in urban climate governance [95,96].

5.2. Beyond Carbon: Social Co-Benefits, Ecocentric Levers, and Climate Justice

While the portfolio approach is designed to support climate neutrality pathways, its structure and digital representation allow it to go beyond carbon metrics by addressing deeper systemic variables that influence equity, well-being, and ecological integrity.

The portfolio is not only organised around technocratic categories. It is made up of seven systemic levers—including economy, ecology, infrastructure, knowledge, governance, location, and social status [82]—that adopt both anthropocentric and ecocentric perspectives. This dual framing enables decision-makers to visualise dimensions often excluded from traditional planning, such as non-monetary economies (e.g., time banks), urban biodiversity (e.g., seed libraries), and localised forms of ecological care (e.g., community-managed green spaces). By activating these levers, the tool amplifies visibility over underutilised or emergent sources of value and resources [81,82].

The experimentation areas embedded in the portfolio act as place-based entry points for addressing multiple co-benefits simultaneously. These include public health improvements (e.g., thermal comfort in schools), enhanced educational equity, psychological well-being through greening, and community cohesion [81]. The systemic taxonomy links each experimental context to its potential for social and ecological regeneration, encouraging a relational and territorialised understanding of impact.

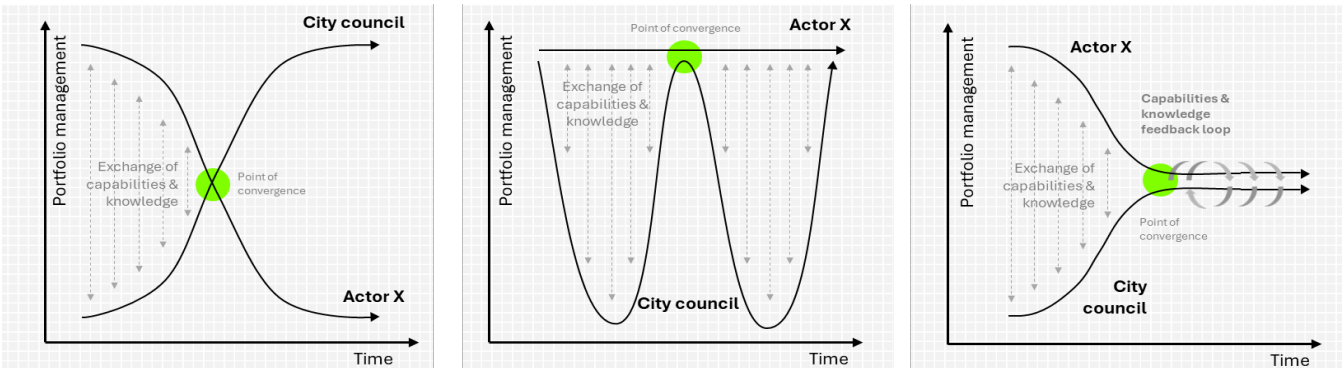
The digital tool enables the identification of distributional disparities within the collaborative ecosystem. By analysing network density and actor centrality, users can explore who participates, who is underrepresented, and how decision-making power circulates across public, private, academic, and civil society domains [21,53,54,56]. For instance, while the Madrid City Council act as hub, other sectors—such as neighbourhood associations or youth groups—may be weakly connected. This insight opens a pathway for reflexive governance, reinforcing inclusion and just transition [81,96,97].

Finally, by linking co-benefits, actor representation, and eco-centric resource mapping, the portfolio approach contributes to ongoing debates on urban climate justice [1,98]. It makes visible not only emissions and investments, but also disparities in exposure, participation, and access to benefits, thus allowing cities to integrate procedural and distributive justice into their transformation strategies.

5.3. Collaboration Patterns Identified Using the Digital Tool

Application of the digital tool to the Madrid CCC revealed several patterns of collaboration between the municipal administration and other actors within the urban ecosystem. Identifying these patterns provides valuable lessons for other cities seeking to adopt this systemic, portfolio-based approach. By understanding how collaborations materialise, where connections are concentrated or lacking, and which actors serve as intermediaries, local governments can better design governance mechanisms with strategic stakeholders that enhance coordination, facilitate the inclusion of new agents and projects, and foster systemic impact across the city. Therefore, this research proposes 3 models for collaborative portfolio management between the city council and facilitators/portfolio managers (called Actor X) (Figure 7):

- Model (A): Actor X leads portfolio management, which exchanges knowledge and capabilities with the City Council. Throughout the process, Actor X delegates competencies over portfolio management to the City Council, which gradually assumes leadership until the point of convergence is reached, where Actor X hands over full control of portfolio management to the City Council.
- Model (B): Actor X leads portfolio management, which exchanges knowledge and capabilities with the City Council. Throughout the process, Actor X does not delegate competence over portfolio management to the City Council. The City Council assumes eventual leadership at the convergence points without taking full control of the portfolio.
- Model (C): Actor X leads portfolio management, which exchanges knowledge and capabilities with the City Council. Throughout the process, Actor X delegates competencies over portfolio management to the City Council, which gradually assumes leadership until reaching the point of convergence, where Actor X and the City Council co-manage the portfolio in continuous knowledge exchange and learning feedback loops.



(**a**) (**b**) (**c**)

Figure 7. Collaborative models for portfolio management based on stakeholders, level of leadership, requirements, and time. (**a**) Model (A), (**b**) Model (B), and (**c**) Model (C).

These models allow the identification of Actor X based on a multilevel approach. Models (A) and (C) could be enabled through local portfolios, with Actor X represented by the academic system, particularly the University, as a neutral organisation interacting with the different social systems [57,58]. These models can be channelled through national or European projects with defined timing. The difference between both scenarios is the type of relationships established between the two actors where in the first case (A), there is a gradual exit of Actor X and, in the other (C), a continuous accompaniment throughout the management process. Collaborative management between these two actors will work if they have trusted relationships and constantly exchange knowledge and capabilities [57,98]. On the other hand, models (A) and (B) could be enabled in national or supranational portfolios. Actor X is represented by the structures that articulate the collaboration in the framework of the Cities Mission. The difference between scenarios (A) and (B) lies in the degree of local political support for the Mission and the legitimacy of its interlocutors or facilitators to promote it within the multistakeholder ecosystem.

6. Conclusions

This research has explored the question: How can a systemic, portfolio-based digital tool enhance the strategic coordination and collaborative governance of climate actions in complex urban ecosystems? Through the development and application of an analytical taxonomy and an interactive digital platform, this study offers empirical and conceptual

insights into operationalising the portfolio approach within the governance structures of a major European city participating in the EU Mission.

A critical contribution of this study lies in demonstrating the capacity of the portfolio tool to bridge the gap between fragmented institutional arrangements and the systemic ambition of climate-neutrality missions. By consolidating diverse projects and actors within a coherent relational map, the tool provides municipal decision-makers with an integrated overview of ongoing initiatives, revealing otherwise invisible connections and overlaps across organisational silos.

Technically, the digital tool functions as a shared repository and interactive space that enables cross-sectoral dialogue, knowledge exchange, and joint planning. Strategically, it opens up possibilities for more transparent and inclusive governance by making visible the roles, contributions, and relationships among stakeholders. The empirical findings show that while the digital tool can map existing collaborations, its capacity to foster new alliances or redistribute decision-making authority remains contingent on political will and organisational culture. However, digital tools alone cannot resolve governance fragmentation, instead, they must be embedded within broader institutional reforms and capacity-building strategies that foster trust, legitimacy, and shared ownership among actors' ecosystems.

By enabling continuous monitoring and visualisation of the portfolio's evolution, the tool facilitates reflective practices that allow local governments to adjust strategies in response to feedback, emerging challenges, or shifting priorities. This learning-oriented function aligns with the principles of mission-oriented innovation, emphasising experimentation, iteration, and adaptive capacity as essential to achieving transformative outcomes. Nevertheless, without mechanisms to translate portfolio insights into actionable changes, there is a risk that the tool becomes a symbolic exercise rather than a catalyst for transformation.

The mapping function of the digital tool enables municipal planners to identify redundancies, misalignments, and underexplored areas across projects, facilitating a more strategic allocation of resources and interventions. This insight supports the pursuit of co-benefits between mitigation, adaptation, and social objectives, enhancing the potential for integrated urban regeneration. However, the focus on interdependencies also reveals that not all synergies are administratively actionable. Some of these require negotiation of competing values, trade-offs, or political conflicts that exceed the remit of technical tools. Consequently, the digital portfolio tool should be seen as a support mechanism that informs and aids the decision-making, rather than replacing the analogue and real-world networks built through listening, dialogue, and collaboration across the multifactor and multilevel ecosystem.

While the taxonomy and platform were designed for replication in other cities participating in the EU Cities Mission, their effective adoption depends on each context's institutional capacity, data availability, and governance cultures. Cities with less developed data infrastructures, lower technical capacity, or weaker multistakeholder ecosystems may struggle to operationalise the tool without significant adaptation and investment. In addition, the scalability and replicability of these findings depend on the sociopolitical environment into which they are introduced, especially when dealing with non-stable or non-democratic contexts. Although the digital tool has shown promise at local, national, and supranational levels, they are predicated mainly on stable democratic circumstances. In settings marked by political volatility or limited institutional capacity, further adaptations may be required to establish legitimacy, foster trust, and maintain continuous feedback loops.

From a scientific standpoint, this study advances the theoretical debate on portfolio-based governance by empirically operationalising concepts drawn from systems thinking and mission-oriented innovation in a local–global context. Specifically, the article contributes to the literature in four keyways:

1. Operationalising systemic portfolio theory in urban governance: While prior studies have conceptualised portfolio approaches in climate action, this research translates those concepts into a practical digital tool based on an analytical taxonomy tailored to European CCCs. This advances portfolio theory by demonstrating its applicability to multilevel approaches through an interactive, data-driven framework.
2. Integrating systems thinking into local decision-making: Building on the foundational principles of systems theory, the digital tool enables urban actors to visualise interdependencies, feedback loops, and leverage points across projects, thus embedding systemic analysis within urban planning processes. This marks a shift from fragmented governance to a holistic view of urban decarbonisation planning.
3. Strengthening mission-oriented innovation through dynamic coordination mechanisms: Mission-oriented frameworks call for adaptive governance structures capable of managing complexity. This study demonstrates how digital tools can serve as catalysts for a 'second operating system' grounded in experimental, learning-oriented, and collaborative approaches to urban planning.
4. Bridging collaborative governance and digital planning: This study expands the collaborative planning literature by showing how digital infrastructures can institutionalise multistakeholder engagement, knowledge sharing, and reflexive learning—moving beyond ad hoc and unilateral collaborations to sustained ecosystem coordination.

Finally, urban planning for climate neutrality in the twenty-first century requires not only better tools but also new governance paradigms capable of navigating complexity and abundance, fostering collaboration, and embracing uncertainty as an inherent condition of systemic transformation. The digital portfolio tool presented in this research offers a promising response to the challenges of governing urban decarbonisation in complex, multi-actor contexts. Therefore, it should be understood as part of an ongoing process and iterative refinement. Its strength lies in its ability to reveal systemic interdependencies, gaps, and synergies across urban initiatives, thereby offering a platform for coordination, learning, and strategic alignment. However, realising this potential requires broader institutional commitments, participatory governance structures, and continuous reflexive practices, all oriented towards progressive institutional innovation—where impact emerges from the redefinition of the State's role as facilitator, mediator, and learner.

Author Contributions: Conceptualisation, M.A.; methodology, M.A.; software, M.A.; validation, S.R.-M. and N.M.; formal analysis, M.A.; investigation, M.A.; resources, M.A.; data curation, M.A.; writing—original draft preparation, M.A.; writing—review and editing, M.A., S.R.-M. and N.M.; visualisation, M.A.; supervision, N.M.; project administration, M.A.; funding acquisition, M.A. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was developed within the framework of the URBREATH project, co-funded by the European Union under grant agreement ID 101139711. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. This research is part of the results of the call for grants for pre-doctoral research trainees to carry out an international research stay of three months or more (Programa Propio de I+D+i 2024 de la Universidad Politécnica de Madrid).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Additional information will be shared upon request.

Acknowledgments: Special thanks to the team at Madrid City Council: Marisol Mena, Irene García, Juan Azcárate, and Mónica Cid; as well as Alicia Carvajal from the Dark Matter Labs team, and Victor Muñoz from TU Delft.

Conflicts of Interest: The author declares no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

CCC	Climate City Contract
CAP	Climate Action Plan
CIP	Climate Investment Plan
EU	European Union

Appendix A List of the Projects of the Climate City Contract of Madrid

https://drive.google.com/file/d/1EnL0tZPT9m719mBNA9WtQRQp0qfmH2lh/view?usp=drive_link, accessed on 30 May 2025.

Appendix B List of Municipal Departments and City Officials Participating in the Workshop on Taxonomy and Digital Tool—21 January–2 December 2022

Organisation	Area
Madrid City Council	District Councils (3 people)
	General Directorate of Water Management and Green Areas (1 person)
	Environmental Risk Control Section (1 person)
	General Directorate of Housing, Rehabilitation, and Regeneration (1 person)
	Geographic Information Department (2 people)
	Environmental Health Department (1 person)
	Environment and Urban Scene Service (2 people)
	Strategic Projects Department (1 person)
	Clean Energy Department (2 people)
	Municipal Housing Company (2 people)
	Maintenance and Sustainability Department (1 person)
	Mayor's Project Office (1 person)
	Energy and Climate Change Department (3 people)
	Fauna and Biodiversity Department (1 person)

Appendix C Programming Code of the Digital Tool

https://drive.google.com/file/d/1YrhkeSnR8re5ULrH1uQ30KK24ejC9Ajk/view?usp=sharing, accessed on 30 May 2025.

Appendix D List of Interviewees for Feedback on the Digital Tool

Sector	organisation	Area
Public Sector	Madrid City Council	Deputy Direction of Energy and Climate Change (3 people)
		Urban Planning Government Area (2 people)
		Urban Regeneration Department (2 people)
Academic sector	Universidad Politécnica de Madrid	Researcher involved in Mission of Cities (2 people)
		Researcher (1 person)
Private Sector	Dark Matter Labs	Strategic designer (1 person)

References

1. NetZeroCities. Climate City Contract. 2024. Available online: https://netzerocities.app/QR-CCC (accessed on 30 May 2025).
2. Anderson, C. *Free: The Future of a Radical Price*; Brockman Inc.: New York, NY, USA, 2009.
3. Kelly, K. *What Technology Wants*; Penguin: London, UK, 2010.
4. Rifkin, J. *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*; Macmillan: New York, NY, USA, 2014.
5. Bulkeley, H.A.; Betsill, M.M. Revisiting the urban politics of climate change. *Environ. Politics* **2013**, *22*, 136–154. [CrossRef]
6. Hölscher, K.; Wittmayer, J.M.; Loorbach, D. Transition versus transformation: What's the difference? *Environ. Innov. Soc. Transit.* **2018**, *27*, 1–3. [CrossRef]
7. Anguelovski, I.; Shi, L.; Chu, E.; Gallagher, D.; Goh, K.; Lamb, Z.; Reeve, K.; Teicher, H. Equity impacts of urban land use planning for climate adaptation: Critical perspectives from the global north and south. *J. Plan. Educ. Res.* **2016**, *36*, 333–348. [CrossRef]
8. Carmin, J.; Dodman, D.; Chu, E. *Urban Climate Adaptation and Leadership: From Conceptual Understanding to Practical Action*; OECD Publishing: Paris, France, 2013.
9. Mendez, M.A. Assessing local climate action plans for public health co-benefits in environmental justice communities. *Local Environ.* **2015**, *20*, 637–663. [CrossRef]
10. Lee, S.Y. Creating social co-benefits for sustainable and just society. In *Aligning Climate Change and Sustainable Development Policies in Asia*; Springer Nature: Berlin/Heidelberg, Germany, 2021; pp. 149–161.
11. Frantzeskaki, N. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environ. Sci. Policy* **2019**, *93*, 101–111. [CrossRef]
12. Evans, J.; Karvonen, A.; Raven, R. (Eds.) *The Experimental City*; Routledge: Abingdon, UK, 2016; Volume 1.
13. European Commission. *Commission Launches EU Missions to Tackle Major Challenges*; European Commission: Brussels, Belgium, 2021. Available online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_21_4747/IP_21_4747_EN.pdf (accessed on 30 May 2025).
14. Handy, C. *The Second Curve: Thoughts on Reinventing Society*; Random House: New York, NY, USA, 2016.
15. Yin, R.K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*, 6th ed.; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 2017.
16. Yin, R.K. The case study method as a tool for doing evaluation. *Curr. Sociol.* **1992**, *40*, 121–137. [CrossRef]
17. Dresch, A.; Lacerda, D.P.; Miguel, P.A.C. A distinctive analysis of case study, action research and design science research. *Rev. Bras. Gestão Negócios* **2015**, *17*, 1116. [CrossRef]
18. Hughes, T.; Bence, D.; Grisoni, L.; O'Regan, N.; Wornham, D. Scholarship That Matters: Academic–Practitioner Engagement in Business and Management. *Acad. Manag. Learn. Educ.* **2011**, *10*, 40–57.
19. Stott, L. *Partnership Case Studies in Context. The Partnering Initiative*; IBLF: London, UK, 2005.
20. Madrid City Council. Madrid Climate City Contract. 2024. Available online: https://netzerocities.app/resource-4063 (accessed on 30 May 2025).
21. Ostrom, E. *Understanding Institutional Diversity*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 2005.
22. Drucker, P.F. *Management: Revised Edition*; HarperCollins: New York, NY, USA, 2008.
23. Elkington, J. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*; Capstone Publishing: Mankato, MN, USA, 1997.
24. Diamandis, P.H.; Kotler, S. *Abundance: The Future Is Better than You Think*; Simon and Schuster: New York, NY, USA, 2014.
25. Kattel, R.; Mazzucato, M. Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. *Ind. Corp. Change* **2018**, *27*, 787–801. [CrossRef]
26. Weber, M. *El Político y el Científico*; No. 320.1 W4 1979; Alianza Editorial: Madrid, Spain, 1918. (In Spanish)
27. Romero-Muñoz, S.; Alméstar, M.; Sánchez-Chaparro, T.; Muñoz Sanz, V. The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest. *Land* **2023**, *12*, 1179. [CrossRef]

28. Alméstar, M.; Mestre, N.; Ezquerra, I. Co-Creation Through Urban Experimentation: School Environments as a Climate-Social Oasis in Villaverde—CONAMA 2024. 2024. Available online: https://www.conama.org/2024/comunicaciones/cocreacion-a-traves-de-la-experimentacion-urbana-los-entornos-escolares-como-oasis-climatico-social-en-villaverde/ (accessed on 30 May 2025).
29. Mazzucatto, M. *Building the Entrepreneurial State: A New Framework for Envisioning and Evaluating a Mission-Oriented Public Sector*; Working Paper No. 824; Levy Economics Institute of Bard College: New York, NY, USA, 2015.
30. Bursztyn, M.; Drummond, J. Sustainability science and the university: Pitfalls and bridges to interdisciplinarity. *Environ. Educ. Res.* **2014**, *20*, 313–332. [CrossRef]
31. Bammer, G.; O'Rourke, M.; O'Connell, D.; Neuhauser, L.; Midgley, G.; Klein, J.T.; Grigg, N.J.; Gadlin, H.; Elsum, I.R.; Bursztyn, M.; et al. Expertise in research integration and implementation for tackling complex problems: When is it needed, where can it be found, and how can it be strengthened? *Palgrave Commun.* **2020**, *6*, 5. [CrossRef]
32. Geels, F.W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Res. Policy* **2004**, *33*, 897–920. [CrossRef]
33. Smith, A. Social innovation, democracy and makerspaces. *Rev. Española Terc. Sector* **2017**, *36*, 49–74. [CrossRef]
34. Stott, L. *Partnership and Transformation: The Promise of Multi-Stakeholder Collaboration in Context*; Taylor & Francis: Abingdon, UK, 2022.
35. Markowitz, H. Portfolio selection. *J. Financ.* **1952**, *7*, 77–91. [CrossRef]
36. Elton, E.J.; Gruber, M.J. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, 5th ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 1995.
37. Cooper, R.G.; Edgett, S.J.; Kleinschmidt, E.J. *Portfolio Management for New Products*; Product Development Institute Inc.: Hamilton, ON, Canada, 2001.
38. EIT Climate-KIC. EIT Climate-KIC Strategy 2019–2022 Transformation, In Time. 2019. Available online: https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2022/05/Transformation-in-Time_EIT-Climate-KIC_Extension-2023.pdf (accessed on 30 May 2025).
39. Wise, E. *Understanding Mission Portfolios: Second Thematic Report for Mutual Learning Exercise on EU Missions Implementation at National Level*; European Commission: Brussels, Belgium, 2024.
40. European Commission. *Proposed Mission: 100 Climate-Neutral Cities by 2030-by and for the Citizens. Report of the Mission Board for Climate-Neutral and Smart Cities*; European Union: Brussels, Belgium, 2020. Available online: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/bc7e46c2-fed6-11ea-b44f-01aa75ed71a1/language-en (accessed on 28 October 2024).
41. Kaufmann, P.; Wieser, H.; Kofler, J. KMU Forschung Austria (Austrian Institute for SME Research); *Harding, R. Study Supporting the Assessment of EU Missions and the Review of Mission Areas: Mission Climate-Neutral and Smart Cities Assessment Report*, 1st ed.; European Commission: Brussels, Belgium, 2023. [CrossRef]
42. Matti, C.; Martín Corvillo, J.M.; Vivas Lalinde, I.; Juan Agulló, B.; Stamate, E.; Avella, G.; Bauer, A. *Challenge-Led System Mapping: A Knowledge Management Approach*; Transitions Hub series; EIT Climate-KIC: Brussels, Belgium, 2020.
43. Madrid Subterra. Presentation of Madrid Deep Demonstration at the IV Congreso Madrid Subterra—Spain. 2021. Available online: https://spain.climate-kic.org/news/presentacion-de-madrid-deep-demonstration-en-el-iv-congreso-madrid-subterra/ (accessed on 25 November 2021).
44. Hill, D. *Designing Missions: Mission-Oriented Innovation in Sweden-A Practice Guide by Vinnova*; Vinnova: Stockholm, Sweden, 2022.
45. Wellsch, B. *System Change: A Guidebook for Adopting Portfolio Approaches*; UNDP: Bangkok, Thailand, 2022.
46. ICLEI. EU climate Projects Navigator, 2024. Kumu. Available online: https://nzc.kumu.io/eu-climate-projects-navigator (accessed on 20 September 2024).
47. Seppälä, M. *Radical Uncertainty Requires Radical Collaboration: Stepping Stones Towards Systems Transformation with Innovation Portfolios*; Sitra Memorandum: Helsinki, Finland, 2021.
48. OECD. *Public Sector Innovation Facets—Innovation Portfolios*; OECD Public: Paris, France, 2021. Available online: https://oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2021/10/OECD-Innovation-Facets-Brief-Innovation-Portfolios-2021.pdf (accessed on 30 May 2025).
49. OECD. *Observatory of Public Sector Innovation (OPSI): Advancing Systemic Innovation in Government*; OECD Publishing: Paris, France, 2022.
50. OECD. *Tackling Policy Challenges Through Public Sector Innovation: A Strategic Portfolio Approach*; OECD Public Governance Reviews; OECD Publishing: Paris, France, 2022. [CrossRef]
51. OECD. Innovation Portfolios: Building Clarity of Purpose for Innovation. 2022. Available online: https://oecd-opsi.org/work-areas/innovation-portfolios/ (accessed on 30 May 2025).
52. Miedzinski, M.; Mazzucato, M.; Ekins, P. *A Framework for Mission-Oriented Innovation Policy Roadmapping for the Sdgs: The Case of Plastic-Free Oceans*; Working Paper Series (IIPP WP 2019-03); UCL Institute for Innovation and Public Purpose: London, UK, 2019.
53. Carayannis, E.G.; Barth, T.D.; Campbell, D.F. The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *J. Innov. Entrep.* **2012**, *1*, 2. [CrossRef]
54. Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S.; Mestre, N.; Fogué, U.; Gil, E.; Masha, A. (Un) likely connections between (Un) likely actors in the Art/NBS co-creation process: Application of KREBS cycle of creativity to the Cyborg Garden project. *Land* **2023**, *12*, 1145. [CrossRef]

55. Weick, K.E.; Sutcliffe, K.M.; Obstfeld, D. Organising and the process of sensemaking. *Organ. Sci.* **2005**, *16*, 409–421. [CrossRef]
56. Carayannis, E.G.; Campbell, D.F. Democracy of climate and climate for democracy: The evolution of Quadruple and Quintuple Helix innovation systems. *J. Knowl. Econ.* **2021**, *12*, 2050–2082. [CrossRef]
57. Serna, J.M. Systemic Collaborative Platforms: Accelerating Sustainable Development Goals transitions through multi-stakeholder convening arrangements. Ph.D. Thesis, E.T.S.I. Industriales (UPM), Madrid, Spain, 4 February 2022. [CrossRef]
58. Mas, S.; Ángel, M. Enabling Collaboration for Sustainability Transitions Governance: The Role of Transition Intermediaries in Supporting the Public Sector. Ph.D. Thesis, E.T.S.I. Industriales (UPM), Madrid, Spain, 2024. [CrossRef]
59. European Commission. Research and Innovation. Climate-Neutral and Smart Cities. 2024. Available online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/climate-neutral-and-smart-cities_en (accessed on 30 May 2025).
60. NetZeroCities. Twenty More Mission Labels Awarded to Cities for Ambitious Climate Plans. 2024. Available online: https://netzerocities.eu/2024/10/22/twenty-more-mission-labels-awarded-to-cities-for-ambitious-climate-plans (accessed on 30 May 2025).
61. Madrid City Council—Open Data Portal of the Madrid City Council. Educational Centres in Madrid. 2024. Available online: https://datos.madrid.es/sites/v/index.jsp?vgnextoid=f14878a6d4556810VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD (accessed on 11 December 2024).
62. Madrid City Council. Roadmap to Climate Neutrality by 2050 of the City of Madrid. 2022. Available online: https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgaci%C3%B3n/6cDocumentacion/6cNHRNeutral/Ficheros/RoadmapENG2022.pdf (accessed on 2 May 2024).
63. Madrid City Council. Madrid + Natural: Natural Solutions to Adapt to Climate Change. 2017. Available online: https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/04CambioClimatico/4c3Mad+Natural/Ficheros/M+N_dossier.pdf (accessed on 2 May 2024).
64. Madrid City Council. Madrid 360—Estrategia de Sostenibilidad Ambiental. 2019. Available online: https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMedios/noticias/2019/09%20septiembre/30Lunes/Notasprensa/Presentaci%C3%B3n%20Madrid%20360/ficheros/Avance-Estrategia-Sostenibilidad-Ambiental-Madrid-360.pdf (accessed on 2 May 2024).
65. Madrid City Council. IV Local Plan for Childhood and Adolescence of Madrid 2020–2023. 2020. Available online: https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/InfanciayFamilia/Destacamos/PLIAM20202023/IVPLANINFANCIAYADOLESCENCIA.pdf (accessed on 2 May 2024).
66. Madrid City Council. Sustainable Mobility Ordinance. 2021. Available online: https://sede.madrid.es/eli/es-md-01860896/odnz/2021/09/21/10/dof/spa/pdf (accessed on 2 May 2024).
67. Madrid City Council. *School + Natural Environments: Manual of Actions with Climate Criteria, 1st ed.* 2023. Available online: https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EntornosEscolares/ficheros/ManualEntornosEscolaresMadrid_VF-Definitivo.pdf (accessed on 30 May 2025).
68. Madrid City Council. Agreement between the Madrid City Council and the Universidad Autónoma de Madrid for Urban Climate Innovation Actions and the Madrid Mission in the Framework of the European Mission for Climate Neutral and Smart Cities. 2024. Available online: https://www.madrid.es/ficheros/Convenios/C202400304_01.pdf (accessed on 30 May 2025).
69. Madrid City Council. Agreement between the Madrid City Council and the Universidad Politécnica de Madrid for Urban Climate Innovation Actions and the Madrid Mission in the Framework of the European Mission for Climate Neutral and Smart Cities. 2024. Available online: https://www.madrid.es/ficheros/Convenios/C202400294_01.pdf (accessed on 30 May 2025).
70. Madrid City Council. Agreement between the Madrid City Council and the Universidad Complutense de Madrid for Urban Climate Innovation Actions and the Madrid Mission in the Framework of the European Mission for Climate Neutral and Smart Cities. 2024. Available online: https://www.madrid.es/ficheros/Convenios/C202400337_01.pdf (accessed on 30 May 2025).
71. Eisenhardt, K.M. Building theories from case study research. *Acad. Manag. Rev.* **1989**, *14*, 532–550. [CrossRef]
72. Van Bertalanffy, L. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*; George Braziller: New York, NY, USA, 1968.
73. Simon, H.A. The Architecture of Complexity. *Proc. Am. Philos. Soc.* **1962**, *106*, 467–482.
74. Thompson, J.D. *Organisations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory*; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 1967.
75. Austin, J.E.; Seitanidi, M.M. Collaborative value creation: A review of partnering between nonprofits and businesses: Part I. Value creation spectrum and collaboration stages. *Nonprofit Volunt. Sect. Q.* **2012**, *41*, 726–758. [CrossRef]
76. Nieuwe Instituut. Becoming a Zöop. 2004. Available online: https://nieuweinstituut.nl/en/projects/zoop/word-zoop (accessed on 30 May 2025).
77. Alméstar, M.; Sastre-Merino, S.; Velón, P.; Martínez-Núñez, M.; Marchamalo, M.; Calderón-Guerrero, C. Schools as levers of change in urban transformation: Practical strategies to promote the sustainability of climate action educational programs. *Sustain. Cities Soc.* **2022**, *87*, 104239. [CrossRef]
78. Fischer, J.; Riechers, M. A leverage points perspective on sustainability. *People Nat.* **2019**, *1*, 115–120. [CrossRef]
79. Meadows, D. *Leverage Points-Places to Intervene in a System*; The Sustainability Institute: Stellenbosch, South Africa, 1999.

80. NetZeroCities. 2030 Climate Neutrality Action Plan. *Guidance and Explanations.* 2023. Available online: https://netzerocities.app/resource-2910 (accessed on 30 May 2025).
81. Chinchilla, I. *The City of Care*; Los libros de la Catarata: Madrid, Spain, 2020.
82. Urban Commons Research Collective. *Urban Commons Handbook*; DPR-Barcelona: Barcelona, Spain, 2022.
83. Belle, G.; Dunlop, K. *Deep Demonstrations Design Process*; EIT Climate-KIC: Brussels, Belgium, 2019.
84. Karvonen, A.; Van Heur, B. Urban Laboratories: Experiments in Reworking Cities. *Int. J. Urban Reg. Res.* **2014**, *38*, 379–392. [CrossRef]
85. Von Wirth, T.; Fuenfschilling, L.; Frantzeskaki, N.; Coenen, L. Impacts of urban living labs on sustainability transitions: Mechanisms and strategies for systemic change through experimentation. *Eur. Plan. Stud.* **2019**, *27*, 229–257. [CrossRef]
86. NetZeroCities. Economic Case for Decarbonization—Process and Model Scope/Methodology Presentation. 2024. Available online: https://netzerocities.app/resource-4312 (accessed on 30 May 2025).
87. Pollitt, C.; Bouckaert, G. *Public Management Reform: A Comparative Analysis-into the Age of Austerity*; Oxford University Press: Oxford, UK, 2017.
88. Fernández Güell, J.M. Complexity and uncertainty in today's city: Towards a new conceptual model. *QVADRATA Stud. Educ. Arts Humanit.* **2023**, *5*, 227–230.
89. Meadows, D.H. *Thinking in Systems: A Primer*; Chelsea Green Publishing: White River Junction, VT, USA, 2008.
90. Senge, P.M. *The Fifth Discipline*; K Doubleday: New York, NY, USA, 1990.
91. Schön, D.A. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*; Basic Books: New York, NY, USA, 1983.
92. Barcelona City Council. Barcelona Climate City Contract. 2024. Available online: https://netzerocities.app/resource-4178 (accessed on 30 May 2025).
93. Heidelberg City Council. Heidelberg Climate City Contract. 2024. Available online: https://netzerocities.app/resource-4182 (accessed on 30 May 2025).
94. Malmo City Council. Malmo Climate City Contract. 2024. Available online: https://netzerocities.app/resource-4189 (accessed on 30 May 2025).
95. Romero-Muñoz, S.; Sánchez-Chaparro, T.; Muñoz Sanz, V.; Tillie, N. Urban Greening Management Arrangements between Municipalities and Citizens for Effective Climate Adaptation Pathways: Four Case Studies from The Netherlands. *Land* **2024**, *13*, 1414. [CrossRef]
96. Alméstar, M.; Romero-Muñoz, S. (Re)designing the Rules: Collaborative Planning and Institutional Innovation in Schoolyard Transformations in Madrid. *Land* **2025**, *14*, 1174. [CrossRef]
97. Taylor, L. What is data justice? The case for connecting digital rights and freedoms globally. *Big Data Soc.* **2017**, *4*. [CrossRef]
98. Bates, J.; Lin, Y.-W.; Goodale, P. Data journeys: Capturing the socio-material constitution of data objects and flows. *Big Data Soc.* **2016**, *3*. [CrossRef]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

2. Artículos complementarios de la tesis

+ **B1** | Beyond Nature-Based rhetorics. A prospect of morphological redundancy in ecology-oriented design.
+ **B2** | Application of Nature-based solutions and use of monitoring air and water pollution sensors through low-cost mini-portable measurement stations to promote environmental awareness in secondary education.
+ **B3** | Bio-Based and Circular Buildings for Healthy, Clean Cities: A Handbook to help cities reduce embodied carbon in construction
+ **B4** | Ecología a pie de Barrio: Multi-stakeholder collaboration for climate action in school environments
+ **B5** | The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest.
+ **B6** | Estrategia de involucración ciudadana: Manual para la implementación
+ **B7** | Estrategia de involucración ciudadana: User Journey
+ **B8** | CONAMA: Oasis climático/social: Experimentación urbana y cocreación de los entornos escolares en Villaverde.
+ **B9** | The Wild City: collaborative practices in urban renaturing.
+ **B10** | El jardín bajo el asfalto.
+ **B11** | Patios Escolares + Naturales: Manual de intervención de patios escolares con criterios de adaptación al cambio climático

sustainability

MDPI

Article

Beyond Nature-Based Rhetorics: A Prospect on the Potentials of Redundancy in Ecology-Oriented Design

Nieves Mestre 1,*, Eduardo Roig 2 and Manuel Almestar 3

1 Department of Architectural Projects, School of Architecture, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain
2 Department of Drawing, Analysis and Ideation, School of Architecture, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; e.roig@upm.es
3 Iid Innovation and Technology for Development Centre, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; manuel.almestar@upm.es
* Correspondence: mariadelamieves.mestre@upm.es

Abstract: Nature-Based Solutions are defined as infrastructures or systems which are inspired by, supported by, or copied from nature. This biophilic leitmotif has rapidly permeated and been prescribed in many fields, particularly in urban and architectural design, stimulating an invasion of green rhetorics not necessarily founded on genuine ecological performing. In this context, this article explores current gaps in the epistemology and rhetorics of NBS, expanding the field with alternative narratives such as cycle-based design and micro-scalar or process-oriented approaches. The concept of redundancy is here presented as a non-observable, still nature-based principle, already applied in disparate scientific fields such as information theory, cybernetics, or evolutionary biology, and introduced in design fields from a theoretical perspective. Novel applicability of the term will be articulated from design perspectives through various case studies, using a multi-scalar scope and concluding in a tentative taxonomy. Redundancy entails a shift from grammar-based to syntax-based design logics. Morphological redundancy is presented as an upgrade of NBS rhetorics, delivering a more advanced understanding of the hidden choreographies of nature.

Keywords: Ecological design; form-finding; ecological syntax; closed-cycle design; efficiency; redundancy

1. Introduction: Exploring the Rhetorics of NBS

From a historic perspective, the coupling of ecology and design entangles a historical paradox since every act of building necessarily implies a shift of ecological relationships [1] (p. 576). In fact, the terms ecology and design appeared together right before the beginning of the ecological movement [1]. *Survival Through Design* was published by Richard Neutra in 1954, advocating for a sort of 'biological realism' but giving little indication of its practical applicability. The book remained quite neglected by designers until the 1960s, when publications as *Silent Spring* by Rachel Carson (1962) and *Design with Nature* by Ian McHarg (1969) provoked the spreading of numerous and fertile environmental design debates. In the early 1970s, interdisciplinary discussions among urban ecology and environmental design were able to operationalize how nature could empirically and accurately inform design agendas.

Currently, the sociopolitical acceptance of the Earth's climate crisis has particularly mobilized ecological design as one of the main political concerns in the European Union. That dissident countercultures of the 1960s transcends today to official policies and regulations. In line with the terminology of 1960s environmental activism, current European research programs such as Horizon 2020 have recovered former terms such as renaturation, resilience, or rewilding, with special emphasis on the so-called Nature-Based Solutions. In apparent opposition to earlier, technology-based approaches, Nature-Based Solutions

Sustainability 2021, 13, 13293. https://doi.org/10.3390/su132313293 https://www.mdpi.com/journal/sustainability

2021

B1 | Beyond Nature-Based rhetorics. A prospect of morphological redundancy in ecology-oriented design.

Resumen: Las Soluciones Basadas en la Naturaleza se definen como infraestructuras o sistemas inspirados, sustentados o copiados de la naturaleza. Este leitmotiv biofílico ha permeado rápidamente múltiples campos, en especial en el diseño urbano y arquitectónico, impulsando una proliferación de retóricas "verdes" que no siempre se fundamentan en un desempeño ecológico genuino. En este contexto, el artículo explora las lagunas actuales en la epistemología y las retóricas de las NBS, ampliando el campo con narrativas alternativas como el diseño basado en ciclos y enfoques de pequeña escala o centrados en procesos. Se introduce el concepto de redundancia como un principio basado en la naturaleza, aunque no observable directamente, ya aplicado en campos científicos diversos como la teoría de la información, la cibernética o la biología evolutiva, pero aún escasamente incorporado al diseño más allá del plano teórico. La aplicabilidad novedosa del concepto se articula desde la perspectiva del diseño a través de varios estudios de caso, utilizando un enfoque multiescalar y concluyendo con una taxonomía tentativa. La redundancia implica una transición de una lógica de diseño basada en la gramática a una basada en la sintaxis. La redundancia morfológica se plantea como una evolución en las retóricas de las NBS, ofreciendo una comprensión más avanzada de las coreografías ocultas de la naturaleza.

Keywords: Ecological design; form-finding; ecological syntax; closed-cycle design; efficiency; redundancy

Fecha de publicación: 1 de diciembre de 2021

Cita: Mestre, N., Roig, E., & **Almestar, M.** (2021). Beyond nature-based rhetorics: A prospect on the potentials of redundancy in ecology-oriented design. Sustainability, 13(23), 13293. https://doi.org/10.3390/su132313293

Enlace: https://short.upm.es/lwfve

APPLICATION OF NATURE-BASED SOLUTIONS AND USE OF MONITORING AIR&WATER POLLUTION SENSORS THROUGH LOW-COST MINI-PORTABLE MEASUREMENT STATIONS TO PROMOTE ENVIRONMENTAL AWARENESS IN SECONDARY EDUCATION

C. Calderón-Guerrero, M. Almestar, M. Marchamalo, S. Sastre, M. Martinez

Universidad Politécnica de Madrid (SPAIN)

Abstract

The Dive & Breath Data project (D&B Data) is part of the Madrid Deep Demonstration (MDD) portfolio. It promotes the participatory innovation of young people, with great potential links with the neighbourhood and the day-to-day local ecosystem. D&B Data project incorporates experiential learning to guide young people in the collective design and implementation of a network of the environmental quality sensors of their neighbourhood (air and river water), as well as nature-based solutions (NbS) for the greening of playgrounds, classrooms, and the neighbourhood surroundings.

D&B Data was born in 2020 within the framework of the Young Innovators program of the EIT Climate-KIC, with a high impact on the lowest Spanish economic income area (San Cristobal neighbourhood), located in the south of Madrid, and provides a high potential for scalability to other depressed areas. A major objective of this project is to promote citizen science, the understanding of the reality behind each tool, promote critical thinking in young innovators, and encourage them to actively propose solutions.

The process of the project begins with training sessions for teachers and is applied with some pilot groups of students, students who later, based on their experience and learning, teach other students, promoting the construction and monitoring of sensors for air quality and water. In addition to the construction of these sensors, the critical analysis of the data is promoted from a quantitative and qualitative approach, which ends with the call to action, turning them into agents of transformation, through the collection of samples and data in the surroundings of the schools.

This same mission of environmental awareness has been carried out in the second module (during the second year of the project in 2021), using solutions based on nature, which have combined the use of recycled materials, such as broken and abandoned school furniture, bags and reused plastics and plants from municipal nurseries in Madrid. As a link between the first module of air and water quality sensors, and the second module of nature-based solutions, the students assembled the sensors in mini-portable measurement stations and verified the environmental benefit provided by the nature-based solutions, that they themselves had proposed and designed. This way, an attempt has been made to maintain the focus on the training of young people, as climate leaders, using technological tools that allow the development of creative and innovative solutions to the most immediate environmental challenges. The program has managed to adapt new formats in relation to the contents of module 1 and develop new modules focused on the use of vegetation to fight against climate change, testing nature-based solutions in the educational centres themselves. The activity carried out during the year 2021 has reached 122 students and 19 teachers. This is a reach three times higher than in 2020 and it will be increased, at least, 10% in 2022 with five new schools.

In addition, the project has been able to nurture and contribute to the educational portfolio of the MDD in the city of Madrid and build new alliances with initiatives such as VegetArt-ing, and Climate Innovation Leadership Program (CIL), collecting new contributions to improve the proposal.

The results of the surveys to teachers and students enrolled in the program were satisfactory and their suggestions have been included in the third edition of D&B Data in 2022

Keywords: Water pollution, air pollution, service-learning, climate change, biomonitoring, urban trees, air pollutants, environmental pollution

1 INTRODUCTION

Dive & Breath Data project (D&B Data), or the Spanish name: *Ecología a Pie de Barrio* (EaPrBb), is an educational program aimed at students between 11-16 years old in educational centres in the south of the city of Madrid, specifically, in the districts of Usera and Villaverde. These districts are among the

2022

B2 | Application of Nature-based solutions and use of monitoring air and water pollution sensors through low-cost mini-portable measurement stations to promote environmental awareness in secondary education.

Resumen: El proyecto Ecología a pie de Barrio, parte del porfolio del Madrid Deep Demonstration (MDD), promueve la innovación participativa liderada por jóvenes con fuerte arraigo en el contexto local y la vida comunitaria. Bajo el programa Young Innovators de EIT Climate-KIC, combina aprendizaje experiencial, educación ambiental y ciencia ciudadana para empoderar a jóvenes—especialmente en barrios vulnerables como San Cristóbal, en el sur de Madrid—como agentes de cambio climático.

Mediante el codiseño y despliegue de redes de sensores ambientales (aire y agua de río), así como la implementación de experimentos de soluciones basadas en la naturaleza en equipamientos públicos escolares, el proyecto impulsa el liderazgo juvenil frente a los desafíos climáticos.

El modelo de aprendizaje en cascada comienza con la formación docente, seguida por grupos piloto de estudiantes que luego capacitan a sus compañeros. Las actividades incluyen la fabricación de sensores de bajo coste, la recopilación y análisis de datos ambientales, la transformación de estos en acciones colectivas, intervenciones NBS usando materiales reciclados, permitiendo a los estudiantes experimentar con sus propios diseños y medir el impacto mediante estaciones portátiles.

Keywords: Water pollution, air pollution, service-learning, climate change, biomonitoring, urban trees, air pollutants, environmental pollution

Fecha de publicación: 4 de Julio de 2022

Cita: Calderón-Guerrero, C., Alméstar, M., Marchamalo, M., Sastre, S., & Martínez, M. (2022). Application Of Nature-Based Solutions And Use Of Monitoring Air&Water Pollution Sensors Through Low-Cost Mini-Portable Measurement Stations to promote Environmental Awareness in Secondary Education. In EDULEARN22 Proceedings (pp. 9063-9073). IATED.

Enlace: https://short.upm.es/fg7fu

B3 | Bio-Based and Circular Buildings for Healthy, Clean Cities: A Handbook to help cities reduce embodied carbon in construction

Resumen: Este manual recoge los aprendizajes clave del proyecto Healthy, Clean Cities: European Cities for Climate-Neutral Construction (EU CINCO), liderado por EIT Climate-KIC (2021–2022) y financiado por la Fundación Laudes.

Con participación de trece socios europeos, el proyecto impulsó prácticas de construcción biobasadas, circulares y neutras en carbono en Madrid y Milán, a través de un enfoque multiactor e interdisciplinario. Las intervenciones se centraron en los proyectos Madrid Nuevo Norte y L'Innesto, demostrando el rol activo que pueden asumir las ciudades como configuradoras de nuevos desarrollos en la ciudad.

El manual proporciona orientaciones prácticas para reducir el carbono incorporado en la edificación, destacando el potencial de los materiales bio-basados y la economía circular. Aunque aún incipiente, esta transformación requiere cambios sistémicos en la cadena de valor de la construcción. Este manual ofrece marcos estratégicos y casos ejemplares para acompañar a las ciudades en su transición hacia una construcción climáticamente neutra.

Keywords: Construction, Bio-based, embodied carbon, climate change

Fecha de publicación: Julio 2022

Cita: Conci, M., Carvajal, A. Burgess, O. Waud, A., Lopez-Aranguren, J., Oker-Blom, J., Puertas, C., May, C., Alméstar, M., Grantham, R. (2022) Handbook: Bio-Based and Circular Buildings for Healthy, Clean Cities: A Handbook to help cities reduce embodied carbon in construction. EIT Climate-KIC

Enlace: https://short.upm.es/c7k93

B4 | Ecología a pie de Barrio: Multi-stakeholder collaboration for climate action in school environments

Resumen: La ciudad de Madrid enfrenta impactos significativos del cambio climático que afectan la salud, la economía, el bienestar y la equidad social de sus habitantes, especialmente en los distritos más vulnerables. Ante este escenario, se están diseñando e implementando estrategias con un enfoque sistémico, multiactor, adaptativo y orientado a la cohesión social. Una de estas estrategias sitúa a las escuelas y sus entornos como epicentro de la transformación urbana, en conexión con sus barrios y fortaleciendo su capacidad adaptativa.

Este artículo presenta el caso del programa educativo "Ecología a pie de barrio", impulsado por EIT Climate-KIC en los distritos de Usera y Villaverde. A través de este estudio de caso se analiza el potencial de los experimentos urbanos como vehículo de reflexión y acción para la transformación urbana sostenible; el rol de la educación en la activación de la colaboración multiactor, utilizando el Modelo de Innovación de la Quíntuple Hélice, y su capacidad para revertir desigualdades sociales.

Keywords: Education, Collaboration, Climate change, Vulnerability, QHIM, Madrid

Fecha de publicación: Octubre 2022

Cita: Ecología a pie de barrio: Colaboración multiactor para la acción climática en entornos escolares. Manuel Alméstar, Susana Sastre-Merino. Call for Cases. 2022. Madrid. ISSN 2695-4427 Versión digital (pp. 63-70) DOI: 10.36852/2695-4427_2022_cfc.06

Enlace: https://short.upm.es/klnrr

land

Article

The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest

Sara Romero-Muñoz [1], Manuel Alméstar [2,3,4,*], Teresa Sánchez-Chaparro [5] and Víctor Muñoz Sanz [6]

1 Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; sara.romero@upm.es
2 Climate KIC Holding B.V., 46980 Valencia, Spain
3 Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain
4 Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; teresa.sanchez@upm.es
5 Faculty of Architecture and the Built Environment, Delft University of Technology, 2628 CD Delft, The Netherlands; v.munozsanz@tudelft.nl
* Correspondence: manuel.almestar@upm.es; Tel.: +34-646-571-403

Abstract: The introduction of forests in cities has been an observable trend in recent years, with planned forest management projects proliferating around the world. The fact that many urban forests in the public space are traditionally managed by top-down bureaucratic procedures and guided by expert knowledge raises questions about whether green areas should follow the same management approach as other urban infrastructures, such as mobility infrastructures, or whether they should explore a collaborative approach designed to engage diverse stakeholders. This article examines the challenges of innovating in urban forests, changing the management rules that may limit participatory and deliberative processes to support decision-making. In particular, we analyzed how introducing a co-creation stage impacted the traditional competitive public tender procedure in the Madrid Metropolitan Forest project, using the Institutional Analysis and Development (IAD) framework. Results showed that the costs and benefits of innovation differ among involved actors, generating unintended deterrent effects for experimentation. To mitigate these decoupling effects, we suggest a strategic design of working rules and updating the shared incentive to move from a competitive and transactional logic to a more collaborative and co-creative form of connection.

Keywords: urban forest management; institutional analysis; IAD framework; case study method; ethnographic fieldwork analysis; innovation; cities

Citation: Romero-Muñoz, S., Alméstar, M., Sánchez-Chaparro, T., Muñoz Sanz, V. The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest. Land 2023, 12, 1179. https://doi.org/10.3390/land12061179

Academic Editors: Thomas Panagopoulos and Vera Ferreira

Received: 28 April 2023
Revised: 24 May 2023
Accepted: 26 May 2023
Published: 2 June 2023

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

The introduction of forests in cities has been an observable trend in recent years, with planned forest management projects proliferating around the world. Municipalities and regions of very different latitudes and geophysical and climatic characteristics are announcing the planting of millions of trees. Prague, for example, has pledged to plant 1 million trees by 2030 [1], and so has the metropolitan area of Medellín, in Colombia [2]. The city of Milan has promised 3 million new trees [3], and the city of Sydney intends to add 5 million trees to the city's existing urban forest by 2030 [4]. In the case of Madrid, the municipal government is planning Europe's largest urban forest project to date, consisting of more than 35,000 hectares of green areas, which will occupy 75 kilometers around the city center [5].

As around 56% of the world's population lives in cities [6,7] and produce 70% of the planet's Greenhouse Gases [7,8], there is growing political interest in the implementation of tree-planting projects as "climate change adaptation strategies" [9–11]. Indeed, the current European policy framework underlines the importance of greening cities in the framework of the New Green Deal [12–14]. In Europe, several of the projects that seek to introduce

Land 2023, 12, 1179. https://doi.org/10.3390/land12061179 https://www.mdpi.com/journal/land

2023

B5 | The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest

Resumen: La introducción de bosques en las ciudades ha sido una tendencia observable en los últimos años, con la proliferación de proyectos de gestión forestal planificados en todo el mundo. El hecho de que muchos bosques urbanos en el espacio público se gestionen tradicionalmente mediante procedimientos burocráticos verticales y guiados por el conocimiento experto plantea interrogantes sobre si las áreas verdes deberían seguir el mismo enfoque de gestión que otras infraestructuras urbanas, como las de movilidad, o si debieran explorar un enfoque colaborativo diseñado para involucrar a diversos actores.

Este artículo examina los desafíos de la innovación en los bosques urbanos, modificando las normas de gestión que pueden limitar los procesos participativos y deliberativos que apoyan la toma de decisiones. En particular, analizamos cómo la introducción de una etapa de cocreación impactó en el procedimiento tradicional de licitación pública competitiva en el proyecto del Bosque Metropolitano de Madrid, utilizando el marco de Análisis y Desarrollo Institucional.

Los resultados mostraron que los costos y beneficios de la innovación difieren entre los actores involucrados, generando efectos disuasorios no deseados para la experimentación. Para mitigar estos efectos de desacoplamiento, sugerimos un diseño estratégico de las normas de trabajo y la actualización del incentivo compartido para pasar de una lógica competitiva y transaccional a una forma de conexión más colaborativa y cocreativa.

Keywords: Urban forest management; institutional analysis; IAD framework; case study method; ethnographic fieldwork analysis; innovation; cities

Fecha de publicación: 2 June 2023

Cita:

Romero-Muñoz, S., **Alméstar, M.,** Sánchez-Chaparro, T., & Muñoz Sanz, V. (2023). The Impact of Institutional Innovation on a Public Tender: The Case of Madrid Metropolitan Forest. Land, 12(6), 1179. https://doi.org/10.3390/land12061179

Enlace: https://short.upm.es/z2i8r

B6 | Estrategia de involucración ciudadana: Manual para la implementación

Resumen: Este documento presenta la estrategia de involucración ciudadana de la plataforma citiES 2030, una iniciativa española alineada con la Misión de Ciudades Inteligentes y Climáticamente Neutrales de la Unión Europea. La estrategia propone un enfoque multinivel y multiactor para acelerar la acción climática desde una perspectiva sistémica, territorial y democrática. A partir del reconocimiento de que las transiciones urbanas requieren nuevas formas de gobernanza y participación, se delinean seis claves metodológicas que orientan la implicación activa de la ciudadanía y los actores locales: el marco de la Misión, el mandato institucional, el enfoque territorial, los experimentos urbanos, la conexión multinivel y la colaboración ciudadana. El documento subraya la necesidad de transformar las estructuras de participación existentes y fortalecer ecosistemas de innovación local, con el objetivo de lograr ciudades climáticamente neutrales para 2030 a través de procesos colaborativos y experimentales.

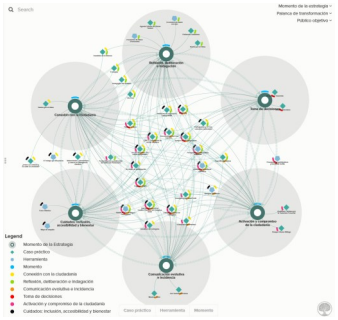
Keywords: Transición ecológica urbana; participación ciudadana; misión climática; innovación sistémica; gobernanza multinivel; laboratorios urbanos; neutralidad climática.

Fecha de publicación: Enero 2023

Cita:

Alméstar, M., Piñeiro, C., López, M., Lucio, C., Fernandez, K., Ruiz, Garcia, S., Vives M., Martinez, F., Póved M. (2023). Estrategia de involucración ciudadana. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Fundación citiES 2030. Disponible en: https://cities2030.es/recursos/#participacion-ciudadana

Enlace: https://short.upm.es/i6lkq



B7 | Estrategia de involucración ciudadana: User Journey

Resumen: La herramienta interactiva y colaborativa para la participación y la activación ciudadana se basa en la metodología de User Journey, de forma que define un mapa de la experiencia del usuario en el proceso de participación ciudadana. Esta metodología permite identificar los distintos momentos del proceso de participación, atender a diferentes palancas de cambio y públicos objetivos.

Keywords: Enfoque sistémico; Transición ecológica urbana; participación ciudadana; misión climática; innovación sistémica; gobernanza multinivel; laboratorios urbanos; neutralidad climática.

Fecha de publicación: Enero 2023

Cita:

Alméstar, Manuel (2023). citiES 2030: Herramienta interactiva de involucración ciudadana. Plataforma citiES 2030. https://embed.kumu.io/35964f733414116ef19f3d0a9c9aba04#herramienta

Enlace: https://short.upm.es/gq6ni

2024

CONAMA 2024
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Cocreación a través de la experimentación urbana
Los entornos escolares como oasis climático-social en Villaverde

B8 | CONAMA: Oasis climático/social: Experimentación urbana y cocreación de los entornos escolares en Villaverde

Resumen: Al igual que los sistemas de oasis, dispersos pero conectados por una red subterránea de acuíferos, los entornos escolares funcionan como nodos interconectados dentro del tejido urbano, capaces de fomentar la resiliencia climática y la cohesión social. Este artículo explora el papel de la experimentación urbana en la transformación de entornos escolares en el barrio de San Cristóbal de los Ángeles (Madrid), en el marco del proyecto europeo LIFE PACT. A través de metodologías colaborativas como la cocreación y la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza, el proyecto busca mejorar la adaptación climática y la calidad de vida mediante la transformación de los patios y entornos escolares en “oasis clima-sociales” que integran naturaleza, juego y espacios multifuncionales. El enfoque multidimensional aborda tanto las infraestructuras como la justicia social y los derechos de la infancia, implicando a los niños en el diseño de sus propios entornos. Talleres con alumnado, docentes y comunidad local promovieron la imaginación colectiva y la reflexión crítica sobre el uso del espacio público. El enfoque participativo permitió un aprendizaje compartido y la adaptación de los diseños a las necesidades reales del entorno, generando un modelo replicable. La colaboración multiactor demuestra cómo los proyectos financiados por la UE pueden actuar como catalizadores de transformación cuando se alinean con agendas y problemáticas locales. El artículo concluye destacando que la experimentación urbana no solo impulsa la innovación en el diseño, sino que crea espacios de reflexión colectiva sobre el futuro de nuestras ciudades.

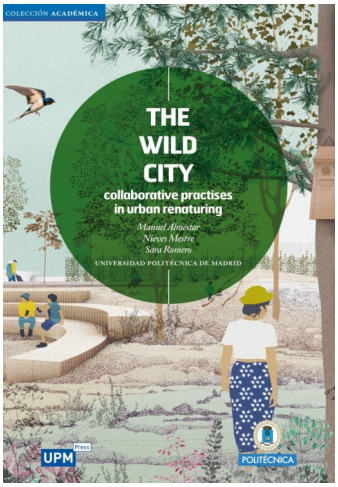
Keywords: Co-creation; Urban experimentation; School environments; Nature-based solutions

Fecha de publicación: Noviembre 2024

Cita: Alméstar, M. et al (2024). Cocreación a través de la experimentación urbana: Los entornos escolares como oasis climático-social en Villaverde. En https://www.fundacionconama.org [Comunicación técnica]. Congreso Nacional de Medio Ambiente 2024, Madrid, Madrid, España. https://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/conama/comunicaciones/7877/20240923_CONAMA_JMAU_word.pdf

Enlace al documento: https://short.upm.es/eoge6

Enlace al panel: https://short.upm.es/9vsov



B9 | The Wild City: collaborative practices in urban renaturing

Resumen: The Wild City: prácticas colaborativas en la renaturalización urbana explora el potencial de la regeneración de la naturaleza en las ciudades a través de procesos cocreativos y multiactor. La obra presenta proyectos recientes que demuestran cómo la naturaleza urbana puede fortalecer el compromiso ciudadano con el cuidado ambiental y favorecer cambios de comportamiento sostenibles.

Mediante la participación de artistas, científicos, diseñadores urbanos y ciudadanía, estas intervenciones no solo mejoran el desempeño socioecológico, sino que también amplifican su impacto a largo plazo. Basado en experiencias de proyectos europeos recientes, el libro aborda intervenciones a distintas escalas, desde el ámbito metropolitano hasta el nivel de edificio, y propone la cocreación como catalizador para el intercambio interdisciplinar, la adaptación climática y la multiplicación del impacto.

The Wild City invita a imaginar un futuro donde la cocreación y la infraestructura verde urbana convergen, ofreciendo una hoja de ruta hacia paisajes urbanos resilientes, estéticamente atractivos y en armonía con la naturaleza.

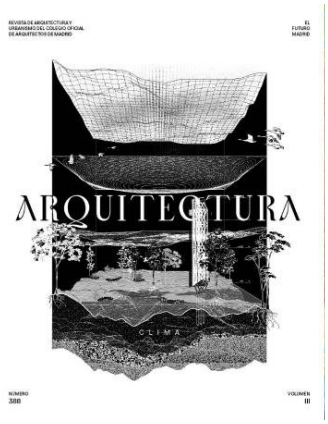
Keywords: Ecological design; form-finding; ecological syntax; closed -cycle design; efficiency; redundancy

Fecha de publicación: 2024

Cita:

Alméstar, M., Mestre, N., & Romero, S. (2024). The Wild City: Collaborative practises in urban renaturing. UPM press.

Enlace: https://short.upm.es/j72jc



2025

B10 | El jardín bajo el asfalto

Resumen: El proyecto LIFE-PACT, "People-driven: Adapting Cities for Tomorrow", explora estrategias de adaptación climática a través de la regeneración del barrio San Cristóbal de los Ángeles, una zona socioeconómicamente vulnerable de Madrid. Enmarcada en el programa europeo LIFE, la iniciativa aborda los impactos del cambio climático en los espacios urbanos mediante tres paisajes interrelacionados: el monitoreo ambiental como enfoque científico y cuantitativo; las intervenciones físicas que impulsan la renaturalización y fortalecen los ecosistemas sociales; y un paisaje ficcional cocreado con la comunidad para reimaginar futuros urbanos compartidos. El proyecto destaca el papel clave de las escuelas como núcleos intergeneracionales de resiliencia climática, combinando innovaciones en diseño urbano con gobernanza colectiva. Las acciones incluyen la transformación de patios escolares y espacios públicos colindantes en refugios climáticos mediante vegetación, materiales permeables y sistemas de agua que mitigan el calor y fomentan la biodiversidad. Estos espacios no solo reducen las islas de calor urbanas, sino que también fortalecen la cohesión social y la conciencia ambiental. Los resultados se alinean con los principios del Nuevo Bauhaus Europeo—sostenibilidad, inclusión y belleza—y muestran nuevas concepciones del paisaje urbano como herramienta para la cocreación y la imaginación colectiva. Al combinar datos empíricos, diseño participativo y narrativas comunitarias, LIFE-PACT genera estrategias de adaptación climática escalables y con arraigo local. El proyecto subraya así el potencial de integrar innovación técnica, implicación social y restauración ecológica para enfrentar los desafíos del cambio climático en entornos urbanos.

Keywords: Climate adaptation; Urban resilience; Participatory design; Renaturalization; Social ecosystems; New Bauhaus Europe

Fecha de publicación: 2do semestre 2024/ Año 66

Cita:

Mestre, Nieves; **Alméstar, Manuel.** Arquitectura: Revista del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), ISSN 0004-2706, Nº. 388, 2024 (Ejemplar dedicado a: Clima), págs. 128-135

Enlace: https://short.upm.es/3ehmb

B11 | Patios Escolares + Naturales: Manual de intervención de patios escolares con criterios de adaptación al cambio climático

Resumen: La guía técnica Patios Escolares + Naturales ofrece recomendaciones prácticas para el diseño y la transformación de patios escolares bajo criterios climáticos, integrando objetivos de adaptación al cambio climático, biodiversidad urbana, confort térmico, aprendizaje al aire libre e inclusión social. Elaborada en el marco de políticas municipales del Ayuntamiento de Madrid, combina evidencia científica, experiencias de experimentos urbanos y aportaciones de equipos técnicos, docentes y comunidades escolares.

La guía aborda aspectos de diagnóstico, diseño y ejecución de proyectos, incluyendo herramientas de autoevaluación, listas de chequeo y casos inspiradores. Su objetivo es servir como recurso práctico para los equipos municipales, escuelas y profesionales implicados en la mejora de los patios y entornos escolares, contribuyendo a la creación de espacios educativos más resilientes, saludables y pedagógicamente activos.

Keywords: Climate adaptation, schoolyards, urban design, participatory planning, green infrastructure, nature-based solutions, environmental education, inclusive spaces

Fecha de publicación: 02 de Junio de 2025

Cita:

Alméstar, Manuel; Garcia, Irene (2025). Guía para el diseño de patios escolares con criterios climáticos. Ayuntamiento de Madrid. Área de Gobierno de Urbanismo, Medio Ambiente y Movilidad. Ayuntamiento de Madrid.

Enlace: https://short.upm.es/wncdn

Anexo II

Transferencia y producción de conocimiento

1. Diseminación de la investigación

Esta sección contiene una lista de conferencias donde el investigador ha realizado la diseminación de la investigación doctoral:

1. Título: Madrid Deep Demonstration Platform: as an example of organizational model for a platform

- **Nombre de la Conferencia:** UNDP Workshops to stimulate innovative thinking, and critical reflection
- **Organizaciones promotoras:** United Nations Development program (UNDP), Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano de la Universidad Politécnica de Madrid (itdUPM)
- **Fecha**: 8 de abril de 2021
- **Enlace**: https://short.upm.es/ubd0o

2. Título: Innovation Platforms for Sustainable Cities – Madrid Deep Demonstration

- **Nombre de la Conferencia:** Transformative Partnerships for the SDG
- **Organizaciones promotoras:** University of Cumbria
- **Fecha**: 25 de marzo de 2021
- **Enlace**: https://short.upm.es/xmgho

3. Título: El modelo integral de sostenibilidad urbana en Madrid Nuevo Norte. (Organizada por Distrito Castellana Norte)

- **Nombre de la Conferencia:** Congreso Nacional del medio ambiente - CONAMA 2020
- **Organización promotora:** CONAMA—Congreso Nacional de Medio Ambiente (España)
- **Fecha**: 31 de mayo - 3 de junio de 2021
- **Enlace:** https://short.upm.es/b1xfm

4. Título: Urban experimentation in Madrid: Madrid Deep Demonstration of Healthy and Clean Cities

+ **Nombre de la Conferencia:** Climathon 2021
+ **Organizaciones promotoras:** CEIGRAM - UPM, Discovery EELISA project, itdUPM
+ **Fecha**: 26 y 27 de noviembre de 2021
+ **Enlace:** https://short.upm.es/o5nq8

5. Título: Collective Intelligence and co-creation guidelines for NBS: The of ACTonNBS project

+ **Nombre de la Conferencia:** Citizen Engagement towards Sustainable Cities
+ **Organización promotora**: Instituto INGENIO (CSIC-UPV)
+ **Fecha**: 25 de noviembre 2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/72dw4

6. Título: Food Wave project

+ **Nombre de la Conferencia:** ¿Qué comemos? Alimentación Sostenible y cambio Climático
+ **Organización promotora:** Ayuntamiento de Madrid. Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental
+ **Fecha:** 15 de abril de 2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/fxs3f

7. Título: Food Wave project

+ **Nombre de la Conferencia:** El poder de tu plato: desmontando mitos sobre la alimentación
+ **Organización promotora:** Ayuntamiento de Madrid. Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental
+ **Fecha:** 10 de marzo de 2022
+ **Enlace**: https://short.upm.es/0l8d4

8. Título: (Un)likely connection between (un)likely actor throughout NBS-art approach: Cyborg Garden cocreation process

+ **Nombre de la Conferencia:** BoSS Inspiration Session #1. TBA 21
+ **Organización promotora:** Thyssen-Bornemisza Art Contemporary
+ **Fecha:** 16 de mayo de 2023
+ **Enlace:** https://short.upm.es/plg5e

9. Título: (Un) likely connection between (un) likely actors/actions: Cyborg Garden project

+ **Nombre de la Conferencia:** Residencias Artísticas de la Fundación Arserkal de Dubai en colaboración con Fundación Thyssen (TBA 21) y Atelier itd
+ **Organización promotora:** Thyssen-Bornemisza Art Contemporary
+ **Fecha:** 22 de octubre de 2024
+ **Enlace:** https://short.upm.es/xgkfb

2. Experiencia docente

Este apartado contiene un listado de la Experiencia docente, y de tutoría profesional o académica para el desarrollo de trabajos de fin de grado y trabajos de fin de máster en los que el autor ha tenido un papel dedicado a lo largo de su investigación doctoral.

1. Práctica Profesional (Código nº 203000111, 13 ECTS) y Presentación De Las Prácticas Profesionales (Código nº 203000112, 2 ECTS)

+ **Rol**: Professional tutor
+ **Año académico:** 2021-2022
+ **Programa/Universidad:** Máster Universitario en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo - Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Complutense de Madrid
+ **Enlace:** https://short.upm.es/q9d2b

2. Otros enfoques de certificación y los Objetivos de Desarrollo Sostenible// Other certification approaches and the Sustainable Development Goals

+ **Rol**: Docente
+ **Fecha:** 6 de mayo de 2022
+ **Programa/Universidad:** Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Master en Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática - Universidad Politécnica de Madrid
+ **Enlace:** https://short.upm.es/qa6jf

3. Análisis de procesos de participación ciudadana para el diseño de equipamientos públicos: Coworking - Fondazione di Innovazione Urbana // Analysis of citizen participation processes for the design of public facilities: Coworking - Fondazione di Innovazione Urbana

+ **Rol:** Professional tutor
+ **Autor:** Alberto Lora
+ **Fecha:** 30 de junio de 2021
+ **Puntuación:** 7.50/10.00
+ **Programa/Universidad:** Máster Universitario en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo - Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Complutense de Madrid

4. Taller de Formación sobre diseño de portfolios de experimentación

+ **Rol**: Docente
+ **Fecha**: 15 de diciembre de 2021
+ **Programa/Universidad:** Máster Universitario en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo - Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Complutense de Madrid

5. Taller de Formación sobre diseño de portfolios de experimentación

+ **Rol**: Docente
+ **Fecha**: 5 de octubre de 2022
+ **Organización:** Escuela de Formación continua del Ayuntamiento de Madrid

6. Taller de Formación para profesorado en Madrid: Ecología a pie de barrio // Workshop of Training for teachers in Madrid: Ecology at the doorstep

+ **Rol**: Docente
+ **Fecha:** 28 de mayo de 2022
+ **Programa/Universidad:** Instituto de Ciencias de la Educación - Universidad Politécnica de Madrid
+ **Enlace**: https://short.upm.es/u2luc

7. Proyectos de naturalización y reforestación en el ámbito de la Acción Climática

+ **Rol**: Docente
+ **Fecha**: 5 de octubre de 2022
+ **Organización**: Escuela de Formación continua del Ayuntamiento de Madrid
+ **Enlace**: https://short.upm.es/1nykn

8. Madrid, ciudad demostradora. Hacia una ciudad neutra en carbono en 2030/2050

+ **Rol**: Coordinación y Docencia
+ **Fecha**: 21 de noviembre - 2 de diciembre de 2022
+ **Organización:** Escuela de Formación continua del Ayuntamiento de Madrid
+ **Enlace**: https://short.upm.es/mukmp

9. Otros enfoques de certificación y los Objetivos de Desarrollo Sostenible// Other certification approaches and the Sustainable Development Goals

+ **Rol**: Docente
+ **Fecha**: 11 de mayo de 2023
+ **Programa/Universidad:** Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Master en Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática - Universidad Politécnica de Madrid
+ **Enlace**: https://short.upm.es/3rl4g

10. (Re)designing the rules: Collaborative planning and actor networks for the transformation of schoolyards in Madrid

+ **Rol**: Docencia
+ **Fecha**: 11 de mayo de 2023
+ **Programa/Universidad:** Master´s Degree in Strategic Design in Complexity
+ **Enlace:** https://short.upm.es/pnfsm

3. Participación en proyectos nacionales y europeos para el desarrollo de esta investigación

Esta sección contiene una lista de proyectos nacionales y europeos en los que el autor ha tenido un papel dedicado a lo largo de su investigación doctoral.

1. Nombre del proyecto: Building a Methodology and Community of Practice for Catalyzing Transformative Change through System Innovation (MOTION)

+ **Financiador:** European Institute of Innovation and Technology
+ **Consorcio:** Transformative Innovation Policy consortium, Ingenio CSIC-UPV, Austrian Institute of Technology, Utrecht University, Centre for Global Challenges, EIT Climate-KIC
+ **Duración:** 02/2020 - 12/2021
+ **Enlace:** https://short.upm.es/oblht

2. Nombre del proyecto: Madrid Platform-A: a local perspective for Deep Demonstration

+ **Financiador**: European Institute of Innovation and Technology
+ **Consorcio**: Universidad Politécnica de Madrid, Ferrovial Corporación SA, Fundación Centro de Innovación en Infraestructuras Inteligentes, Bankers without Boundaries, Material Economics Sverige AB, Dark Matter Laboratories B.V., Architecture 00 Limited, The Democratic Society AISBL, Madrid City Council
+ **Presupuesto**: 954.749 €
+ **Duración**: 01/01/2021 - 31/12/2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/tebqg

3. Nombre del proyecto: Adaptive Cities Through integrated Nature Based Solutions - Adaptive Cities – ACT on NBS

+ **Financiador:** European Institute of Innovation and Technology
+ **Consorcio:** City of VEjle, Cyprus Energy Agency, Global Infrastructure Base, Greater London Authority, Infrastrutture Recupero Energia Agenzia Regionale Ligure, Jearni, Mava Foundation, Politecnico di Milano, Resilience Brokers, Stichting Delatres, Universidad Politécnica de Madrid, TU Delft, University of Bologna, Wageningen Environmental Research.
+ **Presupuesto**: 162.000 €
+ **Duración**: 01/04/2019 - 31/12/2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/ir1fw

4. Nombre del proyecto: Climate Innovation Leadership Madrid 2021

+ **Financiador**: European Institute of Innovation and Technology
+ **Consorcio**: Universidad Politécnica de Madrid
+ **Presupuesto**: 28.952 €
+ **Duración**: 01/01/2021 - 31/12/2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/b9ezr

5. Nombre del proyecto: VegetART-ing Schools

+ **Financiador**: European Institute of Innovation and Technology
+ **Consorcio**: Universidad Politécnica de Madrid, Democratic Society
+ **Presupuesto**: 30.000 €
+ **Duración**: 01/09/2021 - 31/12/2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/dow9i

6. Nombre del proyecto: Dive & Breath Data project - D&B Data (Ecología a pie de Barrio)

+ **Financiador**: European Institute of Innovation and Technology
+ **Consorcio**: Universidad Politécnica de Madrid, Democratic Society
+ **Presupuesto**: 30.800 €
+ **Duración**: 01/01/2021 - 31/12/2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/w7vrq

7. Nombre del proyecto: Food Wave

+ **Financiador**: Ayuntamiento de Madrid
+ **Consorcio**: Ayuntamiento de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid
+ **Presupuesto**: 18.000 €
+ **Duración**: 01/01/2021 - 31/12/2021
+ **Enlace**: https://short.upm.es/cyks9

8. Nombre del proyecto: The Bach project by Yo-Yo MA

+ **Financiador**: Sound postings office of Yo-Yo Ma
+ **Consorcio**: Universidad Politécnica de Madrid
+ **Presupuesto**: 2.000€
+ **Duración**: 24 de febrero de 2022
+ **Enlace**: https://short.upm.es/nqvrn

9. Nombre del proyecto: People-Driven: Adapting Cities for Tomorrow

+ **Financiador**: LIFE20 CCA/BE/001710
+ **Consorcio**: Stad Leuven, The Democratic Society AISBL, Katholieke Universiteit Leuven, Zorg Leuven, Leuven Klimaatneutraal 2030 vzw, Dark Matter Laboratories B.V., Gmina Miejska Kraków, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid City Council
+ **Presupuesto**: 3,944,564 €
+ **Duración**: 01/09/2021 - 31/08/2025
+ **Enlace**: https://short.upm.es/n40oj

10. Nombre del proyecto: Accelerating cities transition to net zero emissions by 2030 - NetZeroCities

+ **Financiador**: Comisión Europea H2020-LC-GD-2020-2
+ **Consorcio**: EIT Climate-KIC Holding BV + 33 organizaciones
+ **Presupuesto UPM** : 306,718.75 €
+ **Duración**: 01/10/2021 - 30/09/2025
+ **Enlace**: https://short.upm.es/n40oj

11. Nombre del proyecto: Plataforma de Colaboración para la Neutralidad Climática de las Ciudades Españolas (citiES 2030) – Misión Europea de Ciudades Climáticamente Neutrales al 2030

+ **Financiador**: Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), en el marco de los fondos PIMA Adapta.
+ **Consorcio**: EIT Climate-KIC Holding BV, Universidad Politécnica de Madrid, Basque Research Centre (BC3)
+ **Presupuesto**: € 966.591,21
+ **Duración**: 01/09/2022 - 30/03/2024
+ **Enlace**: https://short.upm.es/lxytt

12. Nombre del proyecto: Healthy, Clean Cities – EUropean CIties for climate-Neutral COnstruction Bio-based and circular buildings in Madrid and Milan - HCC EU CINCO

+ **Financiador**: Laudes Foundation
+ **Consorcio**: Universidad Politécnica de Madrid, Bankers without Boundaries, Material Economics Sverige AB, Dark Matter Laboratories B.V., Architecture 00 Limited, The Democratic Society AISBL, Madrid City Council, Global Covenant of Mayors, ARUP, Distrito Castellana Norte, Agenzia Mobilita' Ambiente Territorio (AMAT), Comune of Milan, Politecnico di Milano, REDO.
+ **Presupuesto**: € 2,166,170
+ **Duración**: 01/02/2021 - 24/02/2023

13. Nombre del proyecto: Systemic Integration of Transformative Technical and Nature-based Solutions to Improve Climate Neutrality of European Cities and Regions and tackle Climate Change: the URBreath Approach - URBREATH

+ **Financiador**: European Union
+ **Consorcio**: Universidad Politécnica de Madrid y 35 organizaciones
+ **Presupuesto**: 14,963,862.50 €
+ **Duración**: 01/01/2024 - 31/12/2027

4. Participación como evaluador y asesor en proyectos experimentales sobre cambio climático en las ciudades.

Esta sección contiene una lista de proyectos en los que el investigador ha ejercido el rol de evaluador y asesor en procesos vinculados a la tesis doctoral.

1. XVIII Actúaupm: Competición de Creación de Empresas UPM

+ **Promotor**: Universidad Politécnica de Madrid
+ **Rol**: Evaluador
+ **Fecha**: 01/01/2022 - 31/07/2023
+ **Enlace**: https://short.upm.es/04hdm

2. Instituto Mutante de Narrativas Ambientales

+ **Promotor**: Matadero Madrid, Ayuntamiento de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid
+ **Rol**: Asesor del Instituto Mutante de Narrativas Ambientales, Asesor en la Exposición Internacional “Ecovisionarios: Arte ante un planeta en Emergencia”
+ **Fecha**: 2018 - 2022
+ **Enlace**: https://short.upm.es/9ynsb

3. Comité Especial para el Diseño Curricular de la FAUA 2024-2025

+ **Promotor**: Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes. Universidad Nacional de Ingeniería - Perú
+ **Rol**: Miembro del Comité Asesor
+ **Fecha**: 2024 - 2025
+ **Enlace**: https://short.upm.es/cvm5e

5. Informe sobre las actividades durante la estancia de doctorado en la TUDelft

La estancia doctoral en el Departamento de Urbanismo de la TUDelft representó una oportunidad para consolidar los avances de la investigación, establecer colaboraciones estratégicas y explorar aplicaciones prácticas de enfoques innovadores en entornos urbanos. Este informe resume las principales actividades desarrolladas durante la estancia, organizadas en tres áreas clave: producción académica, exploración de líneas de colaboración y aplicación práctica de la investigación.

1. Producción académica:

+ Revisión y retroalimentación del artículo científico de la tesis: El doctorando centró su estancia en la investigación, el diseño y el desarrollo del tercer artículo de su tesis: «Rompiendo silos: Un enfoque sistémico de porfolios y una herramienta digital para la descarbonización urbana colaborativa». Este artículo busca conectar la conceptualización y el modelado de porfolios con su aplicación práctica en entornos urbanos.

+ Redacción y presentación del artículo y panel «Cocreación a través de la experimentación urbana: Entornos escolares como oasis climático-social en Villaverde» en el Congreso Nacional de Medio Ambiente - CONAMA 2024: Este artículo presenta de forma práctica la capacidad de los entornos escolares como laboratorios de innovación y transformación urbana y social, utilizando el proyecto europeo LIFE-PACT como caso de estudio.

2. Exploración de líneas de colaboración: Se han establecido reuniones *peer to peer* entre el equipo de investigación de TUDelft con el doctorando, con el objetivo de conocer casos prácticos en la implementación de estrategias de regeneración urbana vinculadas a la experimentación urbana. A lo largo de la estancia en TUDelft, el

doctorando ha tenido acceso a los proyectos que se desarrollan en el departamento de Urbanismo. Esto ha permitido identificar áreas de conocimiento y líneas de trabajo complementarias y sinérgicas con el trabajo desarrollado en la UPM que derivarán en futuras investigaciones y colaboraciones. Se ha desarrollado un primer borrador con las principales líneas de colaboración que servirá de guía para la identificación de proyectos de colaboración entre los equipos de TUDelft y UPM.

3. Aplicación práctica de la investigación: Estudio de caso en el Departamento de Urbanismo de TU Delft: Vinculado al punto 3.1, el 2 de diciembre del 202, el doctorando realizó una presentación sobre los resultados de la investigación dirigido al equipo de TU Delft. Producto de esta sesión, se identificó la oportunidad de aplicar el enfoque de proyectos -planteado en el artículo- al Departamento de Urbanismo de TUDelf. A lo largo de la estancia, el doctorando y el tutor de TUDelft, han realizado una propuesta de taxonomía y herramienta digital que tienen como objetivo fortalecer las colaboraciones entre los diferentes proyectos del departamento, así como con las organizaciones que trabajan en los proyectos vinculados al departamento. La herramienta digital se ha implantado en la plataforma de código abierto KUMU.