CONAMA 2026

Infraestructura verde estratégica:

Co-diseño y gobernanza de SbN en l'Horta Sud (UrbanSWARM)

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación: Sara Ros. Consultora e investigadora ambiental. ICATALIST.

Otros Autores: Tommaso Bassetti. Especialista en cambio climático urbano. ICATALIST.

Andrea Bigorra. Estudiante en prácticas de empresa. ICATALIST.

Índice

1. Introducción **1**
1.1. Contexto y vulnerabilidad en l'Horta Sud 1
1.2. Hibridación e integración de infraestructuras 1
1.3. El proyecto UrbanSWARM 2
2. Marco Metodológico **4**
2.1. Fundamentos del enfoque Swarm Planning y de UrbanSWARM 4
2.2. Zonificación topográfica y morfológica de la cuenca 5
3. Co-diseño territorial y arquetipos **8**
3.1. Metodología participativa del Urban Living Lab 8
3.2. Agrupación en arquetipos y despliegue en enjambre 9
3.3. Multifuncionalidad y espectro de cobeneficios 10
4. De las ideas a los datos: Hacia un modelo de decisión espacial **12**
5. Reflexiones preliminares, retos de gobernanza y oportunidades **13**
5.1. Complejidad institucional y gobernanza del suelo 13
5.2. Viabilidad operativa, ciclo de vida y convergencia con planes vigentes 13
5.3. Lecciones aprendidas y próximos pasos del proyecto 15
6. Bibliografía **17**

1. Introducción

1.1. Contexto y vulnerabilidad en l'Horta Sud

La comarca de l'Horta Sud y la cuenca hidrográfica de la Rambla del Poyo (en la Comunidad Valenciana) constituyen un territorio altamente vulnerable frente a los efectos del cambio climático en el entorno mediterráneo. La recurrencia y creciente severidad de episodios meteorológicos extremos, traducidos en avenidas torrenciales de respuesta rápida (*flash floods*) asociadas a depresiones aisladas en niveles altos (DANAs), inundaciones fluviales por desbordamiento e inundaciones pluviales derivadas del sellado del suelo, ponen en evidencia la exposición crítica de las poblaciones, los ecosistemas y las infraestructuras locales. Frente a estos fenómenos, la literatura científica y la práctica urbanística constatan de forma creciente los límites estructurales de la ingeniería gris convencional, cuya rigidez resulta insuficiente para absorber la energía y los caudales extraordinarios generados bajo escenarios climáticos cambiantes (Batty, 2007; Castelo et al., 2023; Kabisch et al., 2017; Pauleit et al., 2017).

Los recientes eventos torrenciales han actuado como un catalizador urgente para revisar críticamente los modelos tradicionales de ordenación del territorio y gobernanza del agua. Históricamente, la urbanización intensiva ha canalizado y encajonado los cauces naturales, desconectando las llanuras aluviales y alterando la dinámica hidrológica basal (Angel et al., 2011; Roggema, 2014). Los riesgos de inundación en las zonas bajas consolidadas no pueden comprenderse ni resolverse mediante intervenciones puntuales o confinadas exclusivamente a la trama urbana aguas abajo. El origen del peligro se localiza en la cabecera y en los procesos geomorfológicos e hidrológicos que recorren toda la cuenca. Por este motivo, el ámbito de análisis trasciende los límites administrativos de l'Horta Sud para abarcar las interacciones de macrocuenca, incorporando la red hidrográfica que conecta con el río Turia, y evaluar la propagación de flujos a escala de paisaje.

1.2. Hibridación e integración de infraestructuras

Frente a este diagnóstico de vulnerabilidad territorial, las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) no se plantean como un reemplazo de las obras hidráulicas grises tradicionales, sino como una estrategia complementaria y estructurante de infraestructura verde-azul. La literatura especializada constata que confiar la protección territorial exclusivamente a defensas grises

aisladas y rígidas (como diques de hormigón, muros perimetrales o canales encajonados) presenta límites estructurales insalvables ante eventos hidrometeorológicos de magnitud extrema y recurrencia creciente, los cuales terminan por sobrepasar la capacidad estática de diseño de dichas obras (Batty, 2007; Castelo et al., 2023; Eggermont et al., 2015; Kabisch et al., 2017; Pauleit et al., 2017). Por el contrario, circunscribir la respuesta a intervenciones puntuales o confinadas exclusivamente al tramo final de los cascos urbanos resulta técnica e hidrológicamente insuficiente para mitigar el peligro real de avenida.

Bajo este marco, el enfoque técnico del proyecto DUT UrbanSWARM aboga por una hibridación de infraestructuras guiada por la dinámica intrínseca del sistema natural y la comprensión del paisaje (Roggema et al., 2021b; Roggema & Junco, 2024). Mientras que la ingeniería civil convencional proporciona líneas de defensa indispensables para contener avenidas de gran magnitud en puntos críticos o canalizar flujos en el tramo bajo, la infraestructura verde integrada a escala territorial permite laminar avenidas en origen, retener sedimentos, aumentar la capacidad de infiltración y amortiguar la energía cinética del agua antes de su llegada a los cascos urbanos consolidados. Esta complementariedad optimiza la eficiencia global del sistema hidrológico y prolonga la vida útil de las propias obras grises, protegiéndolas frente a la colmatación prematura por lodos y acarreos gruesos (European Commission, 2015).

Asimismo, esta hibridación supera el paradigma reactivo e inconexo mediante la identificación de «puntos de nucleación» (nucleation points): localizaciones estratégicas distribuidas por el territorio donde intervenciones a pequeña escala pueden activar, conectar y potenciar una red en enjambre (swarm) de alta resiliencia sistémica (Roggema, 2014; Roggema et al., 2021b). Dicha red no solo responde a las presiones hidrológicas, sino que introduce un enfoque multifuncional y circular. Al combinar la amortiguación del riesgo de inundación con la recarga de acuíferos, la provisión de confort térmico, la conectividad ecológica y el reaprovechamiento de recursos locales (como áridos secundarios y biomasa), el modelo hibridado transforma la infraestructura de defensa en un activo multifuncional para la adaptación climática a escala comarcal (Canet-Martí et al., 2021; Langergraber et al., 2021; Palmer et al., 2015; Tsatsou et al., 2023).

1.3. El proyecto UrbanSWARM

En este contexto se enmarca el **proyecto europeo UrbanSWARM** (Urban transformations for small-scale, circular and Resilient nature-BAsed solutioNs: Sustainable Water, wAste and biodiveRsity Management, Project No. F-DUT-2024-0284)[1]. La iniciativa ha sido financiada en el marco de la convocatoria europea **DUT Call 2024** (Driving Urban Transitions Partnership), co-financiada por la Comisión Europea a través de Horizonte Europa y respaldada por las agencias nacionales de investigación de los países participantes (entre ellas la Agencia Estatal de Investigación y el CDTI en España). UrbanSWARM tiene como meta investigar, codiseñar y validar

[1] DUT Partnership (https://dutpartnership.eu/projects/urbanswarm).

estrategias de planificación para desplegar redes distribuidas de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) a pequeña escala que actúen como catalizadores de resiliencia frente al cambio climático, regeneración de la biodiversidad y circularidad de recursos (agua y valorización de residuos de construcción y demolición, C&D).

Cabe mencionar que el proyecto articula su investigación aplicada a través de **cuatro Urban Living Labs (ULL)** distribuidos en diversos contextos biogeográficos europeos: Sint-Niklaas (Bélgica), Ámsterdam (Países Bajos), Elliniko-Argyroupoli (Grecia) y la comarca de l'Horta Sud (España). Este último constituye el piloto referente para entornos mediterráneos caracterizados por regímenes torrenciales y alta vulnerabilidad, así como el foco principal de esta comunicación técnica.

Dado que UrbanSWARM se encuentra en su primer año de ejecución (con inicio a comienzos de 2026), los resultados y esquemas espaciales que se presentan en esta comunicación técnica poseen un carácter estrictamente preliminar y cualitativo. Lejos de pretender formular prescripciones cerradas o balances numéricos definitivos, las aportaciones aquí recogidas corresponden a la estructuración de las primeras hipótesis de intervención surgidas de los talleres participativos de co-diseño con actores e instituciones locales. Este trabajo sienta las bases científicas y comunitarias que posteriormente alimentarán el diseño de herramientas de soporte a la decisión a lo largo del ciclo del proyecto.

2. Marco Metodológico

2.1. Fundamentos del enfoque Swarm Planning y de UrbanSWARM

El marco metodológico del proyecto toma como base teórica de partida la teoría del **Swarm Planning** (planificación en enjambre) formulada por Rob Roggema. Dicha formulación teórica se apoya en los principios de autoorganización de los sistemas complejos (Roggema et al. 2012, 2014) para plantear que, ante la incertidumbre y la no linealidad de los riesgos climáticos, la resiliencia territorial no se logra mediante planes rígidos o defensas estáticas, sino identificando **puntos de nucleación** (*nucleation points*). Un punto de nucleación es una localización espacial estratégica donde una o varias intervenciones a pequeña escala pueden activar, conectar y potenciar una red en enjambre (*swarm*) de medidas basadas en la naturaleza capaces de desencadenar una transformación sistémica en todo el territorio .

> **Frente a la incertidumbre climática, la resiliencia no se alcanza levantando barreras cada vez más altas, sino comprendiendo las fuerzas del paisaje y sembrando puntos estratégicos de nucleación que permitan al territorio autoorganizarse y disipar la energía de las perturbaciones.**

Sin embargo, el proyecto **UrbanSWARM** no se limita a replicar esta teoría previa, **sino que propone y desarrolla una metodología propia y de nuevo cuño** que hace operativo dicho marco teórico. Esta nueva metodología transforma el concepto de *Swarm Planning* en un protocolo estructurado y orientado a datos (*data-driven*), capaz de integrar de forma iterativa la priorización espacial multiescala (mediante teledetección, modelos digitales de elevación y gemelos digitales 3D), el diseño modular de SbN circulares (valorización de residuos de construcción y demolición y circuitos de agua) y la gobernanza participativa con actores locales a través de los *Urban Living Labs*.

Una de las principales innovaciones metodológicas desarrolladas en UrbanSWARM radica en su capacidad para operar bidireccionalmente a través de **dos rutas complementarias** (*Spatial Pathways*) que articulan cuatro escalas continuas: Paisaje (1:50.000), Ciudad (1:25.000), Barrio (1:10.000) y Parcela o Sitio hiperlocal (1:5.000). Mientras que la **Ruta 2 (*Plot-to-Landscape*)** parte de una oportunidad o piloto local hiperlocal para explorar su réplica y escalabilidad hacia la estructura urbana y territorial (como ocurre en los pilotos de Ámsterdam o Atenas), la **Ruta 1 (*Landscape-to-Plot*)** inicia el diagnóstico en los procesos biofísicos de la macrocuenca para derivar sucesivamente las intervenciones hacia la ciudad, el barrio y la parcela.

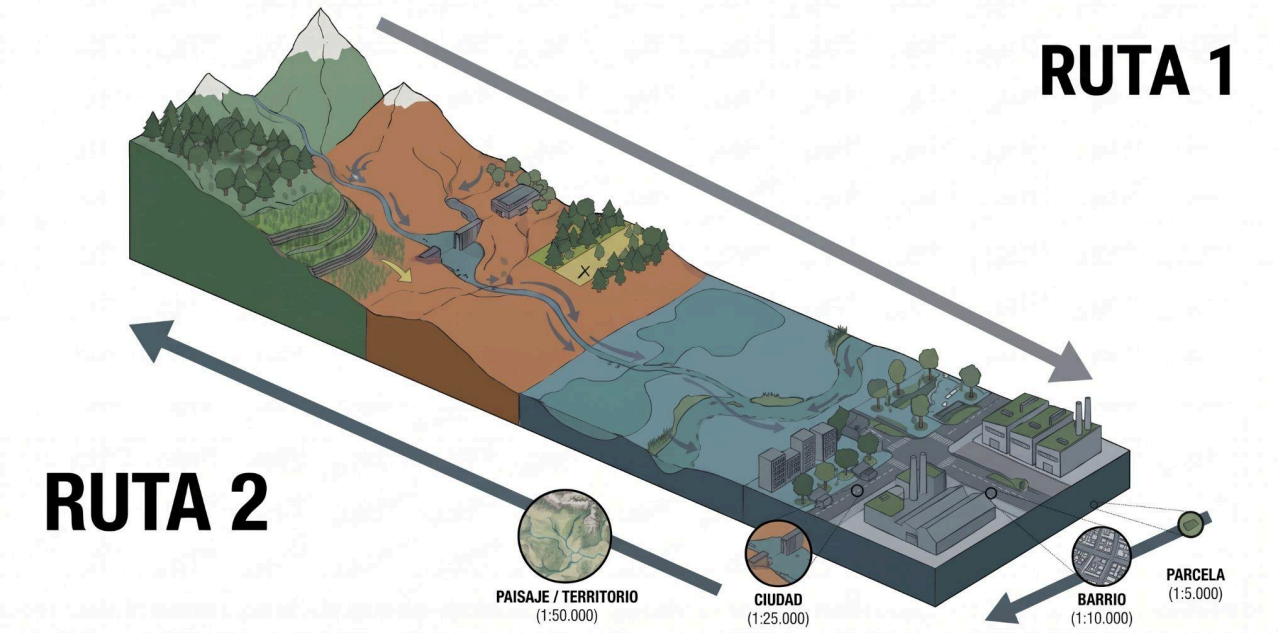


Figura 1. Enfoque multiescala bidireccional (*Spatial Pathways*) del proyecto UrbanSWARM: articulación entre paisaje, ciudad, barrio y parcela.
Fuente: Elaboración propia (visualización asistida por IA, adaptada y verificada por los autores).

En el marco de la presente comunicación técnica, **el análisis se centra exclusivamente en la ruta Landscape-to-Plot**. En cuencas mediterráneas con regímenes torrenciales extraordinarios como la de la Rambla del Poyo, las presiones y caudales de avenida se originan aguas arriba en la cabecera montañosa y en las áreas de transición. Por este motivo, resulta técnica y físicamente indispensable comprender primero la hidrología y geomorfología de la macroescala del paisaje antes de seleccionar los puntos de nucleación e intervenciones de escala hiperlocal que protejan de forma coordinada a las zonas urbanas e industriales situadas aguas abajo.

2.2. Zonificación topográfica y morfológica de la cuenca

Para operacionalizar el análisis multiescala y materializar la ruta *Landscape-to-Plot* en el piloto de l'Horta Sud, la metodología no impone divisiones administrativas arbitrarias, sino que articula el territorio en **cuatro unidades funcionales continuas** condicionadas por la topografía, la geomorfología y el régimen de escorrentía:

Cuadro 1. Zonificación topográfica y prioridades estratégicas de intervención por unidades funcionales de la cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

Zona	Características	Prioridad estratégica
Montaña	Cumbres, divisorias y cabecera forestal de la cuenca alta (vertientes escarpadas y litología kárstica/permeable).	Retención e infiltración en origen; restauración de la cobertura vegetal protectora y gestión de biomasa para evitar la piro-erosión tras incendios forestales.
Colinas de transición	Lomas, pendientes intermedias y tramos torrenciales de transferencia de flujo; red de barrancos encajonados	Disipación de la energía cinética del agua, retención de acarreos y sedimentos gruesos, y fomento de la recarga hídrica mediante rugosidad en laderas.
Llanura	Llanura aluvial de inundación, periurbano productivo, mosaico agropecuario y regadío histórico.	Laminación extensiva y amortiguación de caudales mediante campos de inundación temporal (*flood cups*), parques inundables y retranqueo de motas.
Urbana	Tejido urbano consolidado e industrial de alta densidad y severo sellado de suelo (l'Horta Sud).	Desconexión pluvial de la red de alcantarillado, incremento de la capacidad de infiltración local y provisión de cobeneficios microclimáticos (SUDS).

La definición y consolidación de estas cuatro franjas espaciales no fue una categorización puramente teórica, sino el resultado de una **metodología iterativa** desarrollada durante los primeros meses del proyecto:

1. **Adquisición e integración geoespacial (GIS):** Se armonizaron modelos digitales de elevaciones y cartografía litológica para delimitar la macrocuenca activa y categorizar el suelo bajo los grupos hidrológicos del USDA.

2. **Teledetección y clasificación por clustering:** A través del equipo de IMDEA Software Institute, se procesaron series temporales de imágenes multiespectrales de satélite (*Copernicus Sentinel-2*). Mediante algoritmos de aprendizaje automático y *clustering* espectral de bandas e índices (NDVI, *bareness*/suelo desnudo), se clasificaron dinámicamente los patrones de cobertura del suelo, diferenciando entre suelo expuesto, vegetación dispersa y cobertura densa. Al cruzar esta información con las tres clases de pendiente topográfica (montaña, colina, llanura) y añadir el entorno urbano, se configuró la **Matriz de Resiliencia y Severidad del Paisaje**, la cual permitió ponderar la necesidad de actuación según las características del territorio.

Por este motivo, la estructuración del territorio en franjas contiguas constituye el andamiaje necesario para que las soluciones locales dejen de ser actuaciones aisladas y pasen a operar como una red en enjambre (*swarm*) acoplada a la hidrología y al paisaje (Roggema, 2014, 2021a; Roggema & Junco, 2024).

3. Co-diseño territorial y arquetipos

3.1. Metodología participativa del Urban Living Lab

En septiembre de 2026 se celebró el primer taller de co-diseño territorial del *Urban Living Lab* de Valencia / l'Horta Sud, coorganizado por ICATALIST en colaboración con la **Mancomunidad Intermunicipal de l'Horta Sud, Rob Roggema (Cittaideale)** y el **IMDEA Software Institute**. El objetivo metodológico de la sesión fue operacionalizar el pilar de gobernanza participativa del proyecto, reuniendo a personal técnico municipal, representantes supramunicipales, investigadores y agentes territoriales para validar empíricamente sobre el plano las vulnerabilidades hidrológicas y co-localizar oportunidades de intervención basada en la naturaleza.

Para facilitar la interacción entre disciplinas y hacer manejable la complejidad del territorio sin caer en propuestas inconexas, el protocolo del taller articuló una **dinámica de trabajo matricial cruzada**, apoyada en cartografías de gran formato a escala de trabajo:

1. Como **base territorial**, las mesas de trabajo adoptaron la zonificación topográfica en cuatro unidades funcionales (*Montaña, Colinas, Llanura y Zona Urbana*) establecida en el marco metodológico previo. Esto garantizó que los participantes mantuvieran en todo momento una visión sistémica de cuenca (*Landscape-to-Plot*), vinculando las intervenciones de cabecera con la protección de las zonas urbanas e industriales aguas abajo.

2. Para capturar la multifuncionalidad de las soluciones, las intervenciones se categorizaron bajo **cinco vectores socioecológicos**:
    - **Hidrología:** Retención en origen, aumento de la infiltración, disipación de energía cinética y laminación controlada de caudales punta.
    - **Ecología:** Restauración de la vegetación de ribera, bioingeniería del suelo, erradicación de especies exóticas invasoras y conectividad biológica.
    - **Fuego e incendios:** Gestión de combustible forestal, franjas cortafuegos estratégicas, pastoreo extensivo preventivo y control de la piro-erosión.
    - **Agricultura:** Rehabilitación de terrazas y bancales, agricultura regenerativa de conservación (*no-till*) y habilitación de zonas de sacrificio e inundación temporal pactada (*flood cups*).

- **Infraestructura y asentamientos:** Desconexión pluvial mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), pavimentos drenantes, cubiertas vegetadas y franjas de amortiguación frente a vías de comunicación.

La dinámica de facilitación incluía la realización de propuestas mediante post-its y el debate estructurado por eje temático. De esta forma, se pudo capturar el conocimiento local tácito y las restricciones de uso del suelo, transformando un ejercicio participativo cualitativo en una base de datos territorial estructurada, lista para ser depurada, categorizada en arquetipos y digitalizada en el entorno geoespacial del proyecto.

> **La interacción territorial funciona como un sistema complejo: de un proceso dinámico y multiescala emerge espontáneamente una red integrada de intervenciones que ningún plan maestro estático podría haber predicho en detalle.**

Mediante cartografías de trabajo estructuradas bajo estas categorías y zonas, los participantes identificaron y localizaron de forma concertada las necesidades prioritarias, garantizando la validación social y espacial de las medidas frente al riesgo de inundación.

3.2. Agrupación en arquetipos y despliegue en enjambre

Como resultado de este proceso participativo y de modelización multiescala, se formalizó el **Atlas de Propuestas de SbN**, que inventaría y codifica un total de 153 propuestas de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). Estas intervenciones se distribuyen de forma equilibrada a lo largo de las distintas zonas topográficas de la cuenca (Montaña, Colinas, Llanura y Urbana) y se articulan mediante una nomenclatura sintáctica unívoca, garantizando su correcta localización espacial y su integración operativa.

Las propuestas recopiladas se tradujeron inicialmente en una gran heterogeneidad de medidas sobre el terreno. Para hacer frente a esta complejidad y superar las limitaciones computacionales de los modelos hidrodinámicos, surgió la necesidad de estructurar un marco metodológico que simplificara la simulación manteniendo el máximo rigor técnico.

Bajo este enfoque, el catálogo se sistematizó en un conjunto manejable de **ocho macro-arquetipos técnicos**, optimizados a lo largo del gradiente topográfico *Landscape-to-Plot*. Esta abstracción formaliza patrones espaciales y constructivos estandarizados (Silva et al., 2020) que permiten alimentar los algoritmos de optimización matemática mediante tablas precalculadas de efectos, logrando un equilibrio clave: simplificar la parametrización computacional para hacerla

viable y ágil, pero garantizando una alta transferibilidad y un rigor científico plenamente replicable en otras cuencas mediterráneas:

- **ARQ-01 (Esponja Forestal de Cabecera):** Reforestación estratificada, intercepción foliar y recarga kárstica en cumbres.
- **ARQ-02 (Terrazas y Piedra Seca):** Muros tradicionales de mampostería en laderas para disipar energía y frenar la erosión.
- **ARQ-03 (Diques Permeables y Gaviones):** Corrección torrencial en barrancos mediante medios porosos y retención de sedimentos.
- **ARQ-04 (Mosaicos Cortafuegos):** Silvicultura preventiva, fajas silvopastoriles y preservación de la infiltración post-incendio.
- **ARQ-05 (Parques Inundables y Campos de Sacrificio):** Vasos de laminación temporal y *flood cups* en la llanura aluvial.
- **ARQ-06 (Corredores Fluviales):** Renaturalización de cauces, retranqueo de motas y erradicación de especies invasoras.
- **ARQ-07 (SUDS Verdes Urbanos):** Jardines de lluvia, bioswales y alcorques filtrantes en el tejido consolidado.
- **ARQ-08 (Pavimentos Permeables y Cubiertas Vegetales):** Desconexión de superficies impermeables en naves industriales y áreas urbanas.

Esta formalización en arquetipos permite superar la gestión fragmentada mediante el despliegue de una red descentralizada de microintervenciones que actúan de forma coordinada en enjambre (*Swarm Planning*), aplanando y retrasando el hidrograma de avenida antes de alcanzar las zonas vulnerables.

3.3. Multifuncionalidad y espectro de cobeneficios

Las soluciones implantadas trascienden la mera atenuación del riesgo de inundación, alineándose con los estándares internacionales de verificación y diseño de SbN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2020) al integrar una matriz multicriterio de servicios ecosistémicos y socioeconómicos que abarca los distintos ejes temáticos del proyecto:

- **Resiliencia Hidrológica y Edáfica**: Incremento de la tasa de infiltración saturada (*K*sat) y recarga de acuíferos.
- **Prevención Integral de Incendios Forestales**: A través del eje de fuego (arquetipos de mosaicos y gestión de biomasa), se evita la mineralización y la consiguiente hidrofobicidad del suelo tras un incendio severo, preservando la capacidad infiltrante natural (*K*sat) de las laderas y reduciendo el riesgo de avenidas torrenciales post-incendio.
- **Restauración Ecológica y Conectividad**: Consolidación de corredores biológicos de ribera e infraestructura verde.
- **Regulación Climática:** Mitigación del efecto de isla de calor urbana mediante evapotranspiración y fijación de carbono orgánico.
- **Valor Socioeconómico y Gobernanza:** Preservación del paisaje cultural de l'Horta Sud, diversificación de rentas agrícolas y generación de empleo verde en custodia del territorio.

4. De las ideas a los datos: Hacia un modelo de decisión espacial

Para que el diagnóstico cualitativo y las propuestas consensuadas durante el taller participativo adquieran operatividad técnica, el proyecto contempla su progresiva estructuración en un entorno de **Sistemas de Información Geográfica (SIG) y bases de datos espaciales**. Cada una de las intervenciones cartografiadas se está codificando de forma sistemática según su unidad topográfica, vector temático y parámetros biofísicos preliminares (como superficie potencial, capacidad estimada de retención o permeabilidad del sustrato), vinculándolas a la información litológica e hidrológica de referencia.

Es fundamental subrayar que esta transición metodológica hacia los datos se encuentra **actualmente en fase de diseño y desarrollo**, en consonancia con el carácter incipiente del proyecto. El objetivo no es prescribir un diseño cerrado de ingeniería, sino sentar las bases de una **herramienta digital de simulación y soporte a la decisión (Decision Support System, DSS)** concebida específicamente para asistir al sector público y a las administraciones locales en la planificación territorial y la priorización de inversiones. Además, para que la futura herramienta resulte operativa y accesible en entornos de gestión municipal, la estrategia técnica contempla el precálculo estructurado de escenarios (*batch processing*), evitando sobrecargar los servidores con modelos hidráulicos continuos en tiempo real.

Desde una perspectiva conceptual, este marco integrará el catálogo de Soluciones Basadas en la Naturaleza con futuros modelos hidrológicos y algoritmos de optimización matemática. Esto permitirá evaluar escenarios exploratorios (*what-if*), comparando, por ejemplo, los efectos acumulados de concentrar intervenciones en la cabecera forestal frente a esquemas combinados de laminación en la llanura agrícola y desconexión pluvial en el entorno urbano. De este modo, la herramienta no pretende automatizar una única solución rígida, sino hacer visibles las compensaciones (*trade-offs*) entre la atenuación del riesgo de inundación, la viabilidad económica y los múltiples cobeneficios ambientales, ofreciendo a los gestores públicos un instrumento objetivo, transparente y adaptable para guiar la toma de decisiones en el territorio.

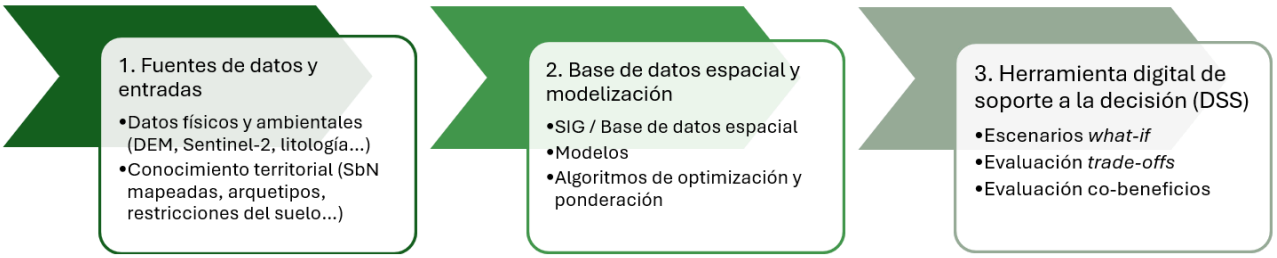


Figura 2. Flujo metodológico conceptual de UrbanSWARM: de la integración de datos geoespaciales y el codiseño territorial a la simulación de escenarios de apoyo a la toma de decisión pública.
Fuente: Elaboración propia.

5. Reflexiones preliminares, retos de gobernanza y oportunidades

5.1. Complejidad institucional y gobernanza del suelo

El diagnóstico técnico y los debates surgidos durante el taller participativo evidencian que la viabilidad real de la infraestructura verde-azul no depende únicamente de su solvencia biofísica o hidráulica, sino de la resolución concertada de los regímenes de tenencia y uso del suelo. Gran parte de los terrenos receptores potenciales en las colinas de transición y en la llanura aluvial son de titularidad privada o se encuentran bajo la gestión histórica y operativa de las **comunidades de regantes y el sector agrario**, quienes ostentan el control directo sobre canales, acequias y compuertas.

Uno de los aprendizajes críticos señalados por los agentes locales en el taller fue la necesidad de evitar que las Soluciones Basadas en la Naturaleza se perciban como una imposición externa o una restricción ambientalista ajena a la viabilidad productiva. Para ello, resulta indispensable establecer **canales directos de diálogo bilateral previo** con el sector agropecuario y los regantes antes de convocarlos a mesas colectivas, facilitando la negociación de figuras como servidumbres de inundación temporal pactada y compensaciones equitativas por lucro cesante en campos de sacrificio e inundación controlada (*flood cups*). A escala comarcal, esto exige articular una gobernanza multinivel eficaz que coordine a la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), las Conselleries competentes de la Generalitat Valenciana, la Mancomunidad Intermunicipal de l'Horta Sud y los ayuntamientos afectados, superando la fragmentación administrativa que históricamente ha obstaculizado una gestión integrada de la cuenca.

5.2. Viabilidad operativa, ciclo de vida y convergencia con planes vigentes

Un factor crítico identificado en la transición de proyectos piloto a políticas públicas estables es la garantía del mantenimiento a largo plazo. A diferencia de la obra gris tradicional, las SbN requieren actuaciones continuas de baja intensidad (desbroce selectivo, descolmado de lodos, mantenimiento de rejillas de infiltración y conservación de vegetación de ribera). Como se debatió en el taller, los responsables institucionales demandan evidencias de eficacia y retorno

socioeconómico antes de priorizar estas medidas (HM Treasury, 2020); por ello, la planificación debe asignar partidas presupuestarias específicas para costes operativos (OPEX) y clarificar competencias entre brigadas forestales, empresas concesionarias del agua y áreas municipales de jardinería.

Para asegurar la viabilidad y evitar duplicidades, la estrategia se articula mediante la capitalización y convergencia con las iniciativas y marcos normativos en curso impulsados por la Generalitat Valenciana y la Mancomunidad Intermunicipal de l'Horta Sud:

- **Planes de riesgo e hidráulicos:** Articulación directa con el Plan de Acción Territorial de Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunitat Valenciana (PATRICOVA; Generalitat Valenciana, 2015) y el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2022).

- **Estrategias territoriales y de infraestructura verde:** Convergencia con el PATIVEL y con los corredores ecológicos de la Estrategia de la Infraestructura Verde de la Comunitat Valenciana (IVCV; Generalitat Valenciana, 2018). Esta alineación consolida la renaturalización territorial no solo como un mecanismo de drenaje, sino como una **infraestructura crítica de salud pública, equidad y autoprotección comunitaria**, transformando parques inundables y corredores fluviales en espacios públicos saludables y barreras térmicas.

- **Mapeo de Intervenciones Críticas e Identificación de Prioridades por Arquetipo de UrbanSWARM**: Mediante matrices de riesgo multiescala, se prioriza el despliegue y mantenimiento de los arquetipos según su criticidad operativa en la cuenca:
    - ARQ-01 (Esponja Forestal de Cabecera): Prioridad en cumbres y cuencas de recepción de alta pendiente para maximizar la intercepción foliar y la recarga kárstica inicial.
    - ARQ-02 (Terrazas y Piedra Seca): Prioridad en laderas de media montaña con alto riesgo erosivo para restaurar el perfil escalonado y frenar el flujo en lámina.
    - ARQ-03 (Diques Permeables y Gaviones): Prioridad en la red secundaria de barrancos torrenciales para la disipación de energía cinética y la retención de acarreos sólidos de fondo.
    - ARQ-04 (Mosaicos Cortafuegos): Prioridad en lomas forestales estratégicas para prevenir incendios de alta severidad que generan suelos hidrófobos y agravan la escorrentía post-evento.
    - ARQ-05 (Parques Inundables y Campos de Sacrificio): Prioridad en la llanura aluvial periurbana (l'Horta Sud) para habilitar vasos de laminación temporal (*flood cups*) mediante compuertas de derivación controlada.
    - ARQ-06 (Corredores Fluviales): Prioridad en tramos fluviales degradados con estrangulamientos y presencia de especies invasoras (*Arundo donax*) para ampliar la sección útil de desagüe.
    - ARQ-07 (SUDS Verdes Urbanos): Prioridad en plazas, viario y espacios públicos del casco consolidado para la desconexión hidrológica y la bio-retención in situ.

- ARQ-08 (Pavimentos Permeables y Cubiertas): Prioridad en polígonos industriales y grandes superficies impermeables para reducir drásticamente el coeficiente de escorrentía parcelario.

Cuadro 2. Matriz de decisión ejecutiva con criterios de idoneidad según el macro-arquetipo definido. Fuente: Elaboración propia.

Arquetipo	Flash floods	Inundaciones fluviales	Inundaciones pluviales	Erosión y sedimentos	Co-beneficios ecológicos	Eficacia
ARQ-01	Muy alto	-	-	Muy alto	Carbón / Biodiversidad	Muy alto
ARQ-02	Muy alto	-	-	Muy alto	Paisaje cultural	Alto
ARQ-03	Crítico	-	-	Crítico	Recarga de acuíferos	Muy alto
ARQ-04	Medio	-	-	Alto	Prevención de incendios	Medio/Alto
ARQ-05	Muy alto	Crítico	-	-	Irrigación histórica	Crítico
ARQ-06	Alto	Crítico	-	-	Corredor verde	Crítico
ARQ-07	Bajo/Medio	Bajo/Medio	Crítico	-	Confort térmico / Insolaciones	Alto
ARQ-08	Bajo/Medio	Bajo/Medio	Crítico	-	Confort térmico / Insolaciones	Alto

5.3. Lecciones aprendidas y próximos pasos del proyecto

A modo de reflexión, y eludiendo conclusiones taxativas dado que UrbanSWARM se encuentra en su primer año de desarrollo, el caso de l'Horta Sud demuestra el potencial de la **planificación participativa y multiescala (Landscape-to-Plot)** para avanzar hacia modelos de adaptación climática territorialmente integrados. La reconstrucción de avenidas extremas constata que ninguna infraestructura física (verde o gris) puede garantizar un riesgo nulo ante caudales extraordinarios que sobrepasen los límites de diseño. Por consiguiente, las intervenciones biofísicas deben complementarse indispensablemente con la educación ciudadana, los protocolos de alerta temprana y la consolidación de una verdadera cultura comunitaria de la autoprotección.

Los pasos inmediatos del proyecto se enfocarán en:

1. **Diseñar y estructurar la futura base de datos espacial centralizada** para permitir la ingesta estandarizada de las capas cartográficas, las series satelitales y las propuestas georreferenciadas del taller.

2. Calibrar los modelos hidrológicos y los algoritmos de optimización matemática con el catálogo consolidado de arquetipos.

3. Profundizar en las dinámicas del *Urban Living Lab* con administraciones locales y comunidades de regantes, trasladando los escenarios de compensación (*trade-offs*) a la futura herramienta de soporte a la decisión para guiar la inversión pública en la resiliencia comarcal.

6. Bibliografía

[1] Angel, S., Parent, J., Civco, D. L., Blei, A., & Potere, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. Progress in Planning, 75(2), 53–107. https://doi.org/10.1016/j.progress.2011.04.001.

[2] Batty, M. (2007). Cities and complexity: Understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals. MIT Press.

[3] Canet-Martí, A., Pineda-Martos, R., Junge, R., Bohn, K., Paço, T. A., Delgado, C., ... & Baganz, G. F. (2021). Nature-based solutions for agriculture in circular cities: Challenges, gaps, and opportunities. Water, 13(18), 2565. https://doi.org/10.3390/w13182565.

[4] Castelo, S., Amado, M., & Ferreira, F. (2023). Challenges and opportunities in the use of nature-based solutions for urban adaptation. Sustainability, 15(9), Artículo 7243. https://doi.org/10.3390/su15097243.

[5] Confederación Hidrográfica del Júcar [CHJ]. (2022). Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (2º y 3er ciclo). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO].

[6] Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., ... & Le Roux, X. (2015). Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society, 24(4), 243–248. https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9.

[7] European Commission. (2015). EU Guidance document on Natural Water Retention Measures (NWRM): Safeguarding Europe's water resources (Technical Report 2014-082). Publications Office of the European Union.

[8] Generalitat Valenciana. (2015). Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA). Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda.

[9] Generalitat Valenciana. (2018). Plan de Acción Territorial de la Infraestructura Verde del Litoral de la Comunitat Valenciana (PATIVEL) y Estrategia de la Infraestructura Verde de la Comunitat Valenciana (IVCV). Conselleria de Política Territorial, Obras Públicas y Movilidad.

[10] HM Treasury. (2020). The Green Book: Central government guidance on appraisal and evaluation. UK Government.

[11] Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.). (2017). Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice. Springer.

[12] Langergraber, G., Castellar, J. A., Pucher, B., Baganz, G. F., Milosevic, D., Andreucci, M. B., Kearney, K., Pineda-Martos, R., & Atanasova, N. (2021). A framework for addressing circularity challenges in cities with nature-based solutions. Water, 13(17), 2355. https://doi.org/10.3390/w13172355.

[13] Palmer, M. A., Liu, J., Matthews, J. H., Mumba, M., & D'Odorico, P. (2015). Manage water in a green way. Science, 349(6248), 584–585. https://doi.org/10.1126/science.aac7778.

[14] Pauleit, S., Zölch, T., Hansen, R., Luz, A. C., & Szaraz, L. R. (2017). Nature-based solutions and climate change – Four shades of green. In N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, & A. Bonn (Eds.), Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice (pp. 29–49). Springer.

[15] Roggema, R. (2012). Swarming Landscapes: The Art of Designing For Climate Adaptation. Springer.

[16] Roggema, R. (2014). Swarm planning: The development of a planning methodology to deal with climate adaptation. Springer Nature.

[17] Roggema, R. (2021a). From Nature-Based to Nature-Driven: Landscape First for the Design of Moeder Zernike in Groningen. Sustainability, 13(4), 2368. https://doi.org/10.3390/su13042368.

[18] Roggema, R., Keeffe, G. & Tillie, N. (2021b). Nature-Based Urbanization: Scan Opportunities, Determine Directions and Create Inspiring Ecologies. Land 2021, 10(6), 651; https://doi.org/10.3390/land10060651.

[19] Roggema, R., & Junco, R. (2024). Reconciling the mismatch: Creating a regenerative framework for regional planning. Land, 13(6), Artículo 867. https://doi.org/10.3390/land13060867.

[20] Silva, A., Alves, A., Lima, N. M. L., & Silva, M. M. (2020). Evaluating hydrological performance of nature-based solutions under multi-scenario storm events and climate change projections. Journal of Environmental Management, 268, Artículo 110682.

[21] Tsatsou, A., Pergar, P., Frantzeskaki, N., Malamis, S., & Atanasova, N. (2023). Planning nature-based solutions for water management and circularity in Ljubljana, Slovenia: Examining how urban practitioners navigate barriers and perceive institutional readiness. Urban Forestry & Urban Greening, 89, 128090. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128090.

[22] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (2020). IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS (1.ª ed.). UICN.

CONAMA 2026