

Sistemas de aseguranza natural: actuar antes en el ciclo de gestión del riesgo con soluciones y estrategias basadas en la naturaleza

Elena López Gunn – Directora, I-CATALIST S.L. y Coordinadora Científica de NAIAD (España)

Carlos Marcos – Confederación Hidrográfica del Duero y Coordinador de NAIAD (España)

Laura Vay – Directora Proyecto NAIAD, I-CATALIST (España)

Sophia Burke – Investigadora, AMBIOTEK, (Reino Unido)

Raffaele Giordano – Investigador Senior, Istituto di Ricerca sulle Acque (Italia)

Nina Graveline – Investigador Senior, Institut National de Recherche pour l'Agriculture (Francia)

Philippe Le Coent – Economista Senior, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Francia)

Beatriz Mayor – Directora Proyecto NAIAD, I-CATALIST (España)

Roxane Marchal – Analista de riesgos CAT, Caisse Centrale de Réassurance (Francia)

David Moncoulon – Jefe de Departamento I+D de Modelización CAT y Agricultura, Caisse Centrale de Réassurance (Francia)

Mark Mulligan – Jefe de Departamento, Geografía, King's College London (Reino Unido)

Florentina Nanu – Directora, Business Development Group (Rumanía)

Karina Peña – Cofundadora y Directora General, Field Factors (Países Bajos)

Introducción

En la mitología griega, las náyades (Ναϊάδες) eran los espíritus de los pequeños arroyos, fuentes, pozos, manantiales y otros cursos de agua dulce. A diferencia de los dioses de los ríos, las náyades eran más pequeñas y más adaptables a diferentes formas. El proyecto NAIAD, que se presenta en este artículo, se inspira en esa antigua sabiduría fluvial para afrontar los desastres. En particular, a las partes de prevención y reducción del ciclo de gestión de desastres, contemplando a la naturaleza no solo como parte del problema sino también como parte de la solución.

Los antiguos griegos pensaban que todas las aguas del mundo constituían un único sistema, que iban percolando desde el mar a la tierra a través de las cavernas y que luego volvían al mar. Esta visión sistemática de los riesgos está en el centro de NAIAD. El enfoque se centra también en la versatilidad que aporta la naturaleza y en el interés en comprender el papel protector de las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) para amortiguar los riesgos generados por los peligros naturales mediante el desarrollo de sistemas de aseguranza natural.

Las inundaciones producen enormes impactos en todo el mundo. En Europa se pueden encontrar numerosos ejemplos recientes (inundaciones pluviales en Copenhague, las crecidas del Elba de 2002 y 2013, las inundaciones del Danubio en 2006, de los Alpes

El principal objetivo del Proyecto NAIAD, financiado por la UE, es desarrollar un marco conceptual más completo para entender mejor el valor asegurable y de la aseguranza de la naturaleza que facilite la prevención de los riesgos naturales, incorporando la naturaleza a la ecuación no solo como un problema sino como una solución. NAIAD es un proyecto financiado por la Comisión Europea dentro del programa Horizonte 2020, con una duración de tres años y medio (2017-2020) y con un presupuesto de 5 millones de euros. Este breve artículo presentará los principales resultados del desarrollo de este marco conceptual y de la puesta en práctica del valor de aseguranza de los ecosistemas en la gestión de riesgos de desastre, haciendo un especial énfasis en la prevención y en los daños evitados gracias a la inversión en naturaleza.

Marítimos en 2015, del río Lez en 2014, del Sena en 2016 y 2018, etc.). Alrededor del 90 % de los riesgos naturales están relacionados con el agua y es probable que sean más frecuentes y más intensos como consecuencia del cambio climático. Por ejemplo, se espera que el cambio climático aumente los daños hasta un 50 % en Francia hacia 2050 (Moncoulon *et al.* 2018). La *Caisse Centrale de Réassurance* (CCR) ha estimado que la media anual de daños asegurados crecerá hasta un 38 %, respectivamente un 50 % relacionado con inundaciones pluviales y el 34 % con inundaciones fluviales.

El cambio climático ya se está traduciendo en mayores niveles de riesgo por los desastres naturales y los costes relacionados con sus daños (Lawrynuik 2019). Las pérdidas totales contabilizadas por desastres naturales en Europa durante el periodo 1980-2014 alcanzaron los 453.000 millones de euros, de los cuales solo el 45 % estaba asegurado (EEA, 2019). Por lo tanto, el sector del (rea)seguro es un actor fundamental para participar, para asimilar y para la evaluación las contribuciones actuales y potenciales de lo que hemos denominado Sistemas de Aseguranza Natural (SAN). El sector seguros tiene la oportunidad de adoptar diferentes roles en la prevención de daños a través de las SBN (Marchal *et al.* 2019). Los modelos de catástrofe desarrollados por o para las (re)aseguradoras están adaptados para evaluar la cuantificación de los daños evitados por medio de diferentes medidas de prevención. A esta cuantificación podría añadirse la estimación de los beneficios adicionales procedentes de instituciones u organizaciones especializadas con conocimiento en el papel de las infraestructuras verdes para proporcionar dividendos en resiliencia.

1. Objetivo principal y objetivos estratégicos

El principal objetivo del Proyecto NAIAD, financiado por la UE¹, es desarrollar un marco conceptual más completo para entender mejor el valor asegurable y de la aseguranza de la naturaleza que facilite la prevención de los riesgos naturales, incorporando la naturaleza a la ecuación no solo como un problema sino como una solución. NAIAD es un proyecto financiado por la Comisión Europea dentro del programa Horizonte 2020, con una duración de tres años y medio (2017-2020) y con un presupuesto de 5 millones de euros. Este breve artículo presentará los principales resultados del desarrollo de este marco conceptual y de la puesta en práctica del valor de aseguranza de los ecosistemas en la gestión de riesgos de desastre, haciendo un especial énfasis en la prevención y en los daños evitados gracias a la inversión en naturaleza.

El proyecto lo coordina la Confederación Hidrográfica del Duero. Ha formado un consorcio de 23 socios de 11 países europeos, incluyendo a 3 universidades e institutos de investigación en educación, 8 centros de investigación, 4 pequeñas y medianas empresas, 3 organismos públicos con competencias en investigación aplicada, 2 organismos públicos con competencias clave en gestión (el Ayuntamiento de Copenhague y la Confederación Hidrográfica del Duero), 2 ONG y la reaseguradora pública francesa CCR.

El objetivo del proyecto está completamente alineado con el borrador, de próxima aparición, de la estrategia de adaptación de la UE "Adaptación al cambio climático"² y con el documento de la UE sobre Taxonomía de Finanzas Sostenibles³, que incluye 68 actividades sobre adaptación al cambio climático, publicado en marzo de 2020, que contribuye a que nuestras sociedades (y nuestras actividades) sean más resilientes frente al clima. NAIAD parte de la suposición de que los ecosistemas saludables y plenamente funcionales pueden contribuir significativamente a mitigar los riesgos hidrológicos extremos y a aumentar la resiliencia de la sociedad en el contexto del cambio climático.

(1) www.naiad2020.eu

(2) La [consulta pública](#) está abierta hasta el 20 de agosto de 2020, con el objeto de recoger las opiniones de las partes interesadas e información de retorno para el diseño de la nueva estrategia. Se adjunta un [borrador preliminar](#) para proporcionar contexto, indicar posibles direcciones de desarrollo y estimular el debate.

(3) https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/sustainable-finance-teg-final-report-eu-taxonomy_en

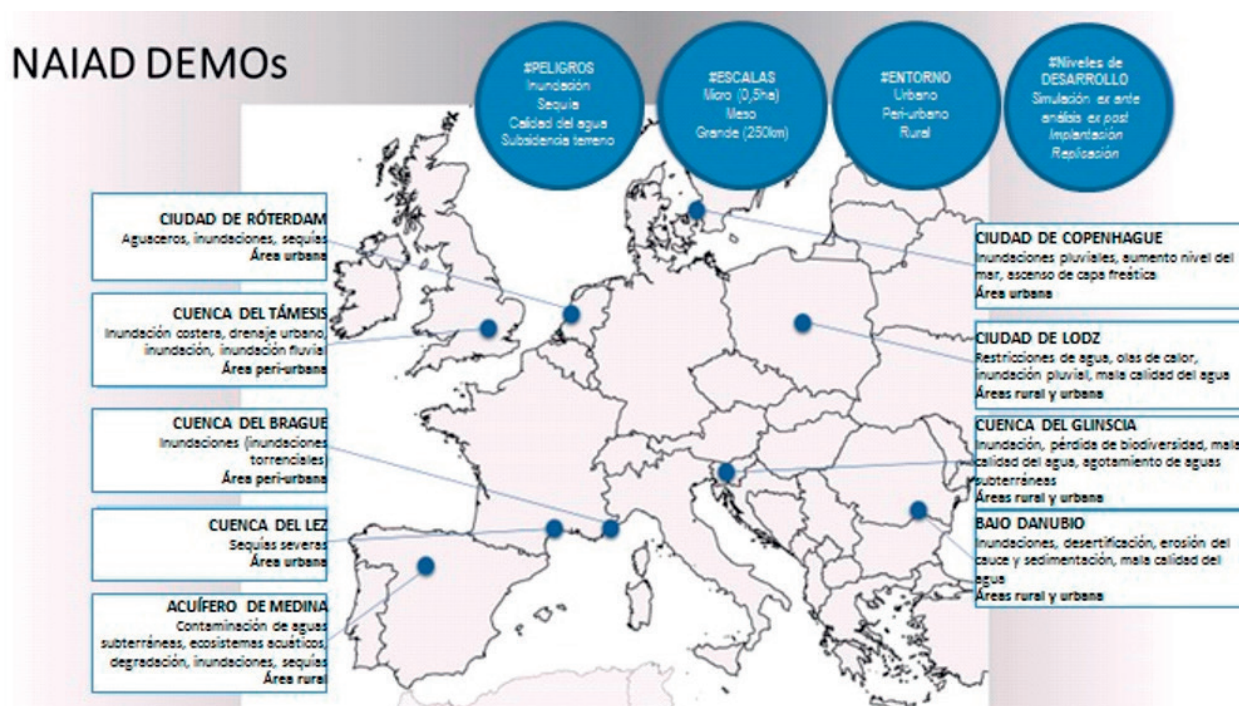


Figura 1: Localización y objetivos principales de las demos de NAIAD.

Para demostrar el papel que pueden jugar los ecosistemas en la reducción de los riesgos relacionados con el agua (por ejemplo, eventos extremos y frecuentes), el proyecto ha desarrollado lo que hemos denominado “Sistemas de Aseguranza Natural” (SAN). El proyecto incluyó 9 emplazamientos de demostración en toda Europa, abarcando escalas diferentes: de gran escala en la cuenca del Támesis (R.U.), el Bajo Danubio (Rumanía) o el acuífero de Medina (España); de media escala como las cuencas del Lez y del Brague (Francia) y del Glinščica (Eslovenia) y a escala de ciudad, Copenhague (Dinamarca), Rotterdam (Holanda) y Lodz (Polonia). Estos emplazamientos están sometidos a diferentes riesgos, la mayoría centrados en inundaciones tanto pluviales como fluviales (Danubio, Glinščica, Lez y Brague), mientras que el acuífero de Medina, en España, se orienta más a la sequía. Sus dimensiones van desde la menor, un barrio de la ciudad de Rotterdam, a la mayor, un tramo de 250 km de longitud en el Bajo Danubio. Cubren entornos urbanos, periurbanos y rurales, incluyendo ciudades, cuencas y acuíferos como unidades de análisis. Lo que es más importante en relación con el diseño de sistemas de aseguranza natural son los emplazamientos de demostración que cubren desde casos completamente nuevos, como los de Rumanía o Eslovenia, a casos ya considerados donde la atención se ha puesto, en vez de en el desarrollo de marcos sólidos de control y evaluación, en el seguimiento de la eficiencia de las medidas adoptadas para la gestión natural de las inundaciones, como por ejemplo el Bajo Támesis.

Con esto, el proyecto pretende proponer nuevos conceptos y enfoques para ampliar el abanico de soluciones disponibles. Las medidas de infraestructuras convencionales son caras: se estima que la inversión necesaria en infraestructuras hidráulicas durante los próximos 15 años sería de 22 billones de dólares, que es más de la mitad de la demanda de inversión en infraestructuras esperada (41 billones de dólares) (WEF, 2019).

Se identificaron tres objetivos estratégicos para conseguir el objetivo central de demostrar el valor de aseguranza de los ecosistemas:

- Desarrollo de herramientas y métodos de evaluación biofísicos, sociales y económicos para proporcionar marcos de apoyo relevantes para la toma de decisiones y la planificación de cara a la identificación, diseño compartido y estímulo de estrategias para las SBN en localizaciones específicas.

- Prueba de estas herramientas y métodos en los 9 emplazamientos de demostración/entornos reales, aportando evidencias sobre el valor de los ecosistemas para la reducción de riesgos de desastre y la adaptación basada en los ecosistemas.
- Adopción de políticas y explotación de los resultados del proyecto, con la implicación de los distintos tomadores de decisiones y legisladores de diferentes ámbitos, lo que servirá para validar los resultados e identificar los siguientes pasos para su aplicación posterior, así como para determinar las lagunas de conocimiento que merecen más investigación y desarrollo.

El artículo, después de considerar brevemente el marco conceptual principal, presentará sucesivamente en las secciones siguientes los resultados de estos tres objetivos estratégicos.

2. Marco conceptual: sistemas de aseguranza natural para la adopción de soluciones basadas en la naturaleza para una reducción ecológica de los riesgos de desastre y una adaptación basada en los ecosistemas

Se ha puesto de manifiesto la importancia de actuar antes en el ciclo de gestión del riesgo, ayudando a su vez a la adaptación al cambio climático y a la reducción de riesgos de desastre (RRD). En esto consiste el papel de adoptar y normalizar las SBN como alternativa o complemento a las soluciones grises convencionales para prevenir o reducir los riesgos, incrementando así la resiliencia y la capacidad de respuesta a los riesgos hidrológicos.

En los últimos años ha ido creciendo el interés por las SBN. La Comisión Europea (2015) define “soluciones basadas en la naturaleza” como aquellas que están inspiradas y apoyadas por la naturaleza, que son rentables, que aportan simultáneamente ventajas medioambientales, sociales y económicas y que aumentan la resiliencia. NAIAD se ha centrado, en particular, en el modo en el que las SBN pueden servir para que la sociedad llegue a estar más preparada y sea más resiliente frente a los riesgos naturales, contemplando el valor de la prevención en términos de daños evitados y beneficios indirectos: lo que hemos denominado “el valor de aseguranza”. Las SBN realizan múltiples funciones, desde la conservación o la rehabilitación de los ecosistemas naturales, al refuerzo o el desarrollo de procesos naturales a través de ecosistemas modificados o artificiales y además, pueden aplicarse a microescala (por ejemplo, un pequeño humedal) o a macroescala (por ejemplo, la restauración de una llanura de inundación) (WWAP/UN-Water, 2018).

Hemos establecido una diferencia conceptual partiendo del hecho de que el valor del seguro puede tener varias interpretaciones o componentes, dependiendo de la dimensión del valor que se considere. De forma más específica, ¿qué es lo que se asegura?, ¿el ecosistema o los seres humanos? También depende del tipo de riesgo que se considere. De ahí la diferencia entre el valor del seguro cuando, por ejemplo, se asegura un manglar para proteger su valor material, siendo aquí el seguro un producto financiero para la transferencia del riesgo frente al “valor de aseguranza de la naturaleza”; es decir, lo que se asegura son las funciones protectoras de la propia naturaleza, estén aseguradas o no⁴. Ya existe literatura sobre los aspectos teóricos del valor asegurado de los ecosistemas (Pascual *et al.*, 2010; Baumgartner & Strunz, 2014; Bartkovski *et al.*, 2015), aunque escasean los métodos prácticos basados en estas teorías que permitan a las ciudades o a las cuencas evaluar estrategias que incluyan las SBN frente a las estrategias grises o a la inacción.

Se ha desarrollado una serie de herramientas y métodos, que se presentarán brevemente en este artículo⁵, diseñados para captar el valor de la aseguranza natural en la reducción de los riesgos que pueden prestar los sistemas naturales

(4) Consulte nuestros infogramas sobre los diferentes modelos de negocio de seguros contra riesgos naturales en <http://naiad2020.eu/wp-content/uploads/2019/03/Newsletter05.pdf>

(5) Para obtener más detalles sobre estas herramientas y métodos, visite <http://naiad2020.eu/media-center/resources/>

(Marchal *et al.* 2019⁶). Se incluye un rango completo de mecanismos económicos, financieros, regulatorios, institucionales y de implicación de las partes interesadas que regulen un flujo sostenible y equilibrado de ventajas comunes para las SBN y para la sociedad. Lo que se ha desarrollado es un enfoque estructurado y modular con el desarrollo de (1) metodologías para evaluar y poner en valor las SBN en sus aspectos biofísicos, sociales y económicos, (2) la noción de percepción del riesgo y (3) las experiencias sobre la aplicación de SBN en los estudios de caso de NAIAD, que han llevado esta definición de SAN más allá, poniendo en práctica todos los elementos para capacitar al medio ambiente en la RRD.

3. Herramientas y métodos para la evaluación biofísica, social y económica

El punto de partida de todos nuestros proyectos de demostración fue la evaluación biofísica de los riesgos a los que estaban sometidos. Se han desarrollado varias herramientas y métodos para llevarla a cabo, que son adecuados para aplicarse a diferentes escalas.

3.1. Herramientas y métodos biofísicos a diferentes escalas: las herramientas Eco:Actuary y FEV

La herramienta Eco:Actuary se desarrolló para proyectos a gran escala. Está formada por tres elementos. En primer lugar el **Sistema de Apoyo a la Decisión Eco:Actuary**, que es un modelo global de catástrofes que cartografía el riesgo de inundación y la exposición en el clima actual según los escenarios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), así como la mitigación de daños y los daños evitados por la aplicación de una Gestión Natural de las Inundaciones (GNI). En segundo lugar, las **estaciones autónomas //Smart: River** (ver Figura 2), donde se utiliza la vigilancia en tiempo real de estaciones de fabricación casera y bajo coste (estaciones autónomas), conectadas mediante internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) para entender la contribución de la GNI a la reducción del riesgo de inundación. Por último, el Planificador de Inversiones Eco:Actuary, una herramienta en línea basada en una hoja de cálculo simple que permite evaluar la escala y el coste aproximado de los distintos tipos de intervención que hacen falta para conseguir un objetivo de reducción de inundaciones previamente fijado. Al sector asegurador le interesa porque los modelos de catástrofe son herramientas de uso común en el sector, que ayudan a las aseguradoras a evaluar la gravedad de los riesgos y a aplicar consiguientemente unas primas de seguro adecuadas. La herramienta Eco:Actuary incluye un modelo de catástrofe en el que se pueden cambiar los escenarios para explorar los efectos del cambio climático y de las diferentes opciones para la mitigación, como cambios en los usos del suelo, de las prácticas de gestión territorial o de las intervenciones para la gestión natural de las inundaciones.



Figura 2: Imagen de una estación autónoma //Smart:River: uso de IoT para la prevención de inundaciones.

(6) <http://naiad2020.eu/wp-content/uploads/2018/10/Newsletter02.pdf>

En algunos países el sector asegurador y el gobierno nacional están muy alineados con el aumento de concienciación en el sector de cara a la reducción del riesgo de inundación. Así es como interactúan el seguro y la mitigación. Invirtiendo en mitigación, las compañías aseguradoras pueden reducir los daños a largo plazo. //Smart utiliza redes de bajo coste con registradores del nivel de agua conectados mediante IoT que pueden utilizarse para (a) comprender la eficacia de las medidas de mitigación y (b) vigilar los niveles extremos durante los episodios de crecida, tanto como sistemas de alerta temprana como para aportar datos en tiempo real para el desarrollo de seguros paramétricos, en los que los pagos se hacen partiendo de la base de, por ejemplo, el nivel de la crecida.

Se han desarrollado también otros métodos para escalas más pequeñas, como el método y herramienta FEV ("Caudal de crecida", las siglas en inglés correspondientes a Flood-Excess-Volume), que proporciona una evaluación rápida de la eficacia en función del coste de las estrategias de mitigación de inundaciones: para poder optimizar la adaptación de estrategias genéricas de mitigación de inundaciones a cuencas determinadas es necesario un protocolo algorítmico o "herramienta" para acceder a un amplio rango de medidas expresadas de forma clara, cuantificable, instructiva y amigable, accesible al gran público. La herramienta se ha desarrollado mediante una colaboración entre la Universidad de Leeds (R.U.) y el proyecto NAIAD y se ha probado con los datos recogidos de eventos reales de crecida procedentes del Reino Unido, Francia y Eslovenia (Bokhove *et al.*, 2019, 2020) (para más detalles consulte el inserto sobre la herramienta Flood-Excess-Volume).

LA HERRAMIENTA "FLOOD-EXCESS-VOLUME" (CAUDAL DE CRECIDA)

Piton, G., Tacnet J.M, Bohove, O. y Kelmanson, L.A.

De manera óptima, esta herramienta debería superar dos obstáculos principales. Primero, debería identificar y utilizar indicadores de gravedad de inundación que sean cuantificables y fáciles de entender y de medir. Con esto se consigue que la herramienta sea objetiva, transparente al análisis y fácil de usar; es crucial que también tenga flexibilidad y la capacidad de repetirse. Segundo, debería permitir verificar rápidamente si un conjunto dado de medidas de protección es suficiente o no para mitigar un grado de gravedad de inundación especificado *a priori*.

Los datos de entrada requeridos por la herramienta son el hidrograma de inundación del proyecto (esto es, las series temporales de caudal), la curva de estado del caudal (o la capacidad del canal) y el nivel umbral (es decir, el caudal por encima del cual ocurre una inundación grave).

Usando esta información, la herramienta calcula primero el caudal de crecida (FEV por las siglas en inglés de Flood-Excess-Volume); es decir, la cantidad de agua que, en una determinada inundación, no puede ser retenida por las barreras existentes (ver Figura 1a). En segundo lugar calcula el tamaño de un lago virtual, cuadrado y de 2 m. de profundidad, que pueda retener el FEV calculado (ver figura 1b). Esta visualización –de un lago cuadrado virtual con una profundidad a escala humana– ayuda a los grupos de interés a asimilar de manera comprensible el exceso de agua que puede ser retenido, ofreciendo así protección frente a una inundación. Es importante destacar que debe contrastarse con la visualización algo menos intuitiva de la topografía real de la cuenca. La visualización simplificada permite, intencionadamente, que una audiencia amplia y no experta sea capaz de comprender la magnitud de la cantidad de agua que debe ser retenida para mitigar una inundación.

El último paso es dividir el lago en elementos constitutivos que estarán asociados, respectivamente, con una medida específica de protección contra inundaciones (ver Figura 1c), como humedales restaurados, diques permeables, reconexión de llanuras de inundación, presas de retención de inundaciones y para dar espacio al río, etc.

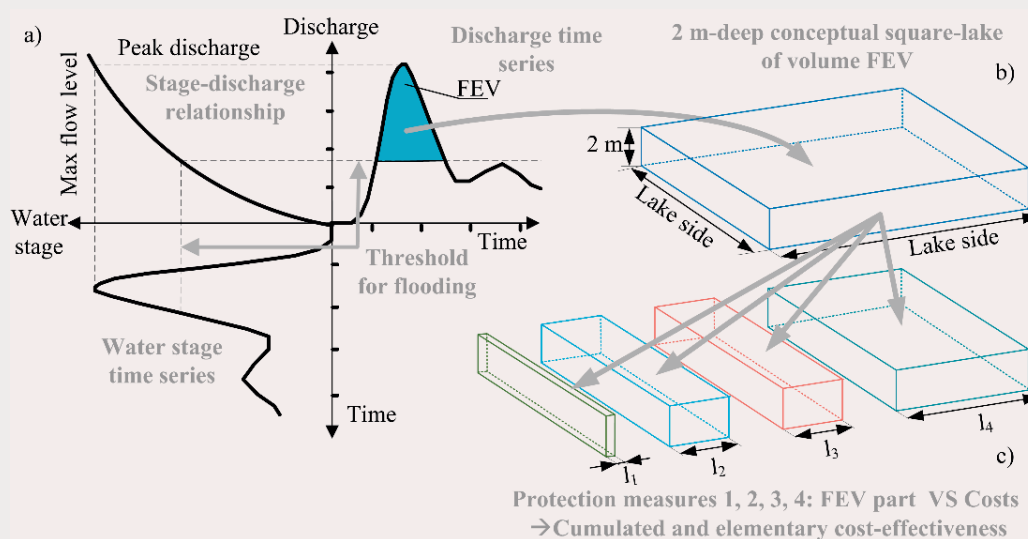


Figura 1: las tres etapas del análisis FEV.

(a) Descripción de los tres paneles del gráfico FEV: (abajo izquierda) serie temporal del nivel del río, (arriba izquierda) relación etapa-vertido y (arriba derecha) datos de vertido, en los que el FEV es el área azul; es decir, el volumen máximo por encima del umbral de vertido elegido. (b) Representación del lago del FEV como un lago cuadrado de 2 m. de profundidad que facilita la visualización de la magnitud o la gravedad del FEV. (c) Evaluación de la efectividad del FEV calculada para cada medida, en diferentes colores, como fracción del FEV equivalente (adaptada de Bokhove *et al.*, 2019).

3.2. Modelización participativa: conversión de las barreras en oportunidades para la colaboración y la acción común

El segundo tipo de método se centró en la evaluación social, basado en una herramienta de modelización participativa para el diseño compartido de SBN. El método buscaba gestionar la ambigüedad en la percepción del riesgo mediante el compromiso inclusivo y equilibrado entre las distintas partes interesadas. El enfoque principal utilizado fue el del pensamiento sistémico; es decir, el modelo desarrollado pretendía definir y analizar las conexiones causales, complejas y no lineales que afectan al comportamiento del sistema a gestionar. La herramienta se basa en la aplicación secuencial de distintas fases: i) provocación de la percepción del riesgo individual y su análisis; ii) desarrollo del modelo de pensamiento sistémico; iii) detección de los principales obstáculos para el diseño compartido de SBN y su aplicación y iv) análisis de compromisos a realizar e identificación de conflictos. Específicamente, el análisis realizado en las fases i) y iii) permitió a NAIAD implicar a las partes interesadas y tomadores de decisiones en un proceso participativo, cuyo principal objetivo es el diseño compartido de intervenciones eficaces para reducir los riesgos hidrológicos y generar los beneficios adicionales esperados. Los métodos aplicados en la fase iv) pretendían reforzar la igualdad en el proceso de aplicación de SBN. Las partes interesadas pudieron reconocer sus contribuciones al modelo desarrollando un sentido de pertenencia de los resultados obtenidos. La eficacia de este enfoque para desarrollar también indicadores específicos para la ubicación se ha aplicado a los casos de la cuenca de Glinščica (Santoro *et al.*, 2019; Pagano *et al.* 2019), el Bajo Danubio (Giordano *et al.*, 2020) y el acuífero de Medina (Giordano *et al.*, 2020).

El enfoque de modelo participativo adoptado en muchos de los emplazamientos de demostración de NAIAD ha contribuido al compromiso de las distintas partes interesadas en un proceso de diseño de SAN, que fue inclusivo, legítimo y cooperativo. Este hecho, a su vez, contribuyó al refuerzo de la aceptación social de las SBN. Concretamente, el método adoptado y su respectiva herramienta de modelización contribuyeron a la inclusividad y legitimidad del proceso participativo, dando voz a los distintos puntos de vista relativos a la gestión de los riesgos hidrológicos. La herramienta pretendía reforzar la riqueza potencial, la diversidad y la complejidad del conocimiento recopilado, más que la

búsqueda del consenso entre los participantes. Para conseguir este objetivo la herramienta se basó en modelos cognitivos individuales, representando las percepciones individuales de los riesgos hidrológicos a tratar, los principales impactos a escala local y las principales cuestiones sociales que deberían resolverse. La integración del conocimiento de las diferentes partes interesadas con el conocimiento científico permitió desarrollar un modelo que los participantes consideraron legítimo. Pudieron reconocer sus contribuciones al mismo, desarrollando un sentido de propiedad hacia el mismo y hacia los resultados obtenidos.

En lo relativo a la cooperación, se generaron dos ventajas clave durante el proceso de modelización participativa. En primer lugar, el compromiso de las partes interesadas para el desarrollo del modelo sirvió para crear relaciones entre los participantes y entre ellos, los científicos y los tomadores de decisiones. En segundo lugar, la herramienta de modelización participativa permitió desenmarañar la compleja red de interacciones que tienen lugar entre los actores involucrados en el diseño de SBN y su aplicación. Los resultados obtenidos en los distintos emplazamientos de demostración señalaron que cuando las redes de interacción no funcionan son un obstáculo para la puesta en marcha de las SBN. Por lo tanto, para aplicar eficazmente las SBN hacen falta medidas y acciones que refuercen la cooperación entre los distintos actores institucionales y no institucionales.

De esta manera, en paralelo a la evaluación física y socioeconómica realizada por los socios técnicos del proyecto, se organizaron reuniones a nivel local en los 9 emplazamientos de demostración. En estas reuniones, además de informar a las partes interesadas sobre los objetivos del proyecto, se llevaron a cabo sesiones de participación pública en las que los participantes (partes interesadas en el proyecto) intervinieron para realizar algunas tareas de NAIAD en colaboración con los socios técnicos del proyecto (ver Figura 3).

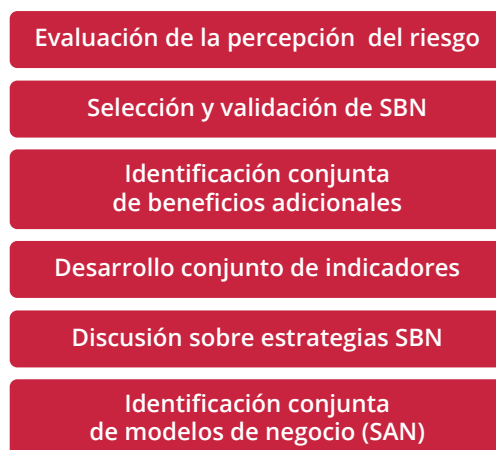


Figura 3: Proceso de diseño conjunto.

3.3. Análisis coste-beneficio integrado de las estrategias basadas en la naturaleza

La evaluación económica es uno de los elementos básicos del desarrollo de los sistemas de aseguranza natural. Se desarrolló un marco de evaluación económica con unas directrices detalladas adjuntas que pretendían comparar los costes y beneficios principales generados por las SBN para los riesgos hidrológicos. En particular, se desarrollaron métodos para la evaluación monetaria de los distintos costes y beneficios:

- Costes de aplicación: los necesarios para la puesta en marcha y el mantenimiento de las SBN incluidas en las estrategias.
- Costes de oportunidad: relativos a la pérdida de beneficios de las zonas que dejan de producir o de los terrenos utilizados para albergar SBN y que no pueden utilizarse para otros fines económicos como la edificación. Son costes indirectos de las estrategias de SBN.
- Daños evitados: los que no se producen gracias a la reducción de los riesgos hidrológicos generados por las estrategias de SBN. Los costes evitados son el beneficio principal generado por las estrategias de SBN que pretenden reducir los riesgos hidrológicos.
- Beneficios adicionales: beneficios adicionales, medioambientales, económicos y sociales que generan las SBN.

La evaluación económica compara posteriormente estos costes y beneficios a lo largo de la vida útil de las alternativas (grises, híbridas y SBN) para los proyectos, con un análisis de coste-beneficio. Nuestros resultados muestran que el coste de la aplicación de SBN es inferior al coste de las soluciones grises para el mismo nivel de reducción de riesgos hidrológicos, lo que refuerza las afirmaciones de la ventaja en coste de las SBN y debería servir para que los tomadores de decisiones considerasen de manera más sistemática este tipo de soluciones para tratar los riesgos hidrológicos. Sin embargo, los beneficios económicos relacionados con la reducción de los daños por inundación no bastan

para cubrir completamente los costes de inversión y de mantenimiento. Este problema podría ser un reto para que los mecanismos financieros sectoriales centrados en la reducción de riesgos hidrológicos financiaran este tipo de soluciones. No obstante, los proyectos más completos explotarían todas las ventajas.

Los beneficios complementarios (disminución de la contaminación atmosférica, reducción del calor en las ciudades, mejora del paisaje, mitigación del cambio climático, etc.) representan la mayor parte del valor generado por las estrategias de SBN. Son necesarios para que estas soluciones sean económicamente ventajosas, aunque su diseño inicial pretenda reducir los riesgos hidrológicos. Esta multiplicidad de ventajas implica que los desarrolladores del proyecto busquen e integren múltiples fuentes de financiación. Por tanto, haría falta establecer políticas para el desarrollo de SBN que facilitasen este proceso.

En el caso de los daños evitados, confiamos en la experiencia de la CCR con su modelo CAT. En la primera unidad se modelizan los riesgos derivados por crecida y escorrentía; los contratos de seguro se geolocalizan a nivel de dirección con información sobre el tipo de riesgo y el valor asegurado en la segunda unidad; la última unidad mezcla peligrosidad con vulnerabilidad, con curvas de daños que relacionan la altura o flujo del agua con la tasa de destrucción. Por último, es posible estimar los daños asegurados como consecuencia de un desastre natural (consulte el inserto sobre el Modelo CAT).

ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA UTILIZANDO HERRAMIENTAS DEL SEGURO: MODELO CAT

Marchal, R. y Moncoulon, D.

La Caisse Centrale de Réassurance (CCR), entidad reaseguradora estatal francesa, junto con investigadores del INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture), del BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) y de la Universidad de Niza implementaron este marco durante el proyecto NAIAD para aumentar el conocimiento del papel de las SBN en la prevención de pérdidas y para apoyar el proceso local de toma de decisiones. Los párrafos siguientes se centrarán en la metodología aplicada por la CCR para modelizar los episodios de inundación, usando su modelo CAT para evaluar los peligros y los daños evitados. Asimismo, se ha utilizado el estudio de la CCR sobre las consecuencias del cambio climático (Moncoulon *et al.*, 2018).

La CCR modeliza algunos daños y peligros directos y tangibles (inundación, terremoto, sumersión marina, etc.) en el marco del Sistema Francés de Compensación de Catástrofes Naturales. Un modelo CAT está compuesto por unidades de peligrosidad, vulnerabilidad y daño (Figura II). La modelización de los riesgos de crecida y escorrentía se realiza en la primera unidad; los contratos asegurados geolocalizados a nivel de dirección, con información sobre el tipo de riesgo, y el valor asegurado están disponibles en la segunda unidad. La última unidad combina la vulnerabilidad con curvas de daño que vinculan la altura y flujo del agua con la tasa de destrucción. Al final, es posible estimar las pérdidas aseguradas como consecuencia de un desastre natural.

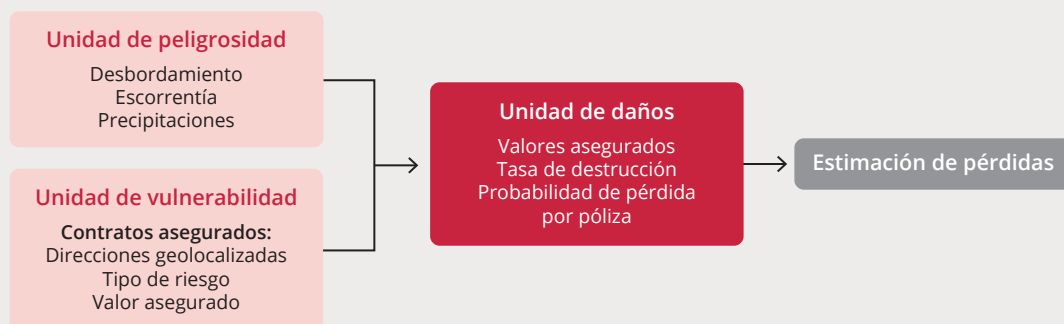


Figura II: Estructura de modelo de catástrofe.

El primer paso en un modelo CAT es ejecutar la unidad de peligro. El modelo de desbordamiento/escorrentía de la CCR tiene una resolución de 25 m. para toda el área francesa (Moncoulon *et al.* 2014).

El método aplicado se ha adaptado a los emplazamientos franceses de demostración en escalas de cuenca y a anteriores eventos de inundación seleccionados: 1. Recopilación de información local, especialmente sobre la ocupación territorial; 2. Adaptación del cálculo digital de las pendientes del modelo de terreno, que se ajustará para tener en cuenta la altura del agua en cada malla para extender el agua a lo largo de cursos de agua cortos. Se tarda menos en hacer los cálculos para una cuenca que para todo el país.

A continuación la modelización del riesgo de inundación se valida comparándola con la información local recopilada durante los eventos de desastre (es decir, marcas de inundación, extensión de la inundación). En paralelo, la información sobre los daños asegurados (reclamaciones) para los eventos seleccionados se extrae de los datos del seguro. La calibración de las funciones de daños asegurados depende de los resultados de las unidades de peligro y vulnerabilidad. Es frecuente que no existan curvas de daño que representen específicamente daños por escorrentía o desbordamiento en el área estudiada. Dichas curvas se utilizan para obtener costes y probabilidad de pérdidas.

La unidad de daños se basa en la función de daño, que es la correlación entre las características de la peligrosidad y los daños observados. Los daños observados están definidos por la tasa de destrucción (TD). La TD se obtiene dividiendo el número de reclamaciones por el valor asegurado.

$$TD = \frac{N^{\circ} \text{ de reclamaciones}}{\text{Valor asegurado}}$$

La función de daños es la siguiente: $[TD]_{-r} = f(m^3/s \text{ o } m)$. La función de daños podría adaptarse a diferentes tipos de riesgos, como propiedades residenciales o actividades comerciales, industriales o agrícolas.

Después se calibran dos curvas: 1. curva de tasa de daño, que es la tasa de destrucción promedio por clase de flujo/altura del agua, integrando la probabilidad de pérdidas; 2. curva de daños, que es la tasa de destrucción media por clase de flujo/altura del agua solamente con reclamaciones. La validación de las curvas se realiza comparando los costes reales con los simulados.

Las funciones de daños calibradas en los eventos de desastre estudiados y a escala de cuenca se utilizan luego para estimar el daño evitado por las SBN. Dentro de la unidad de daños se ha aplicado una reducción porcentual del peligro en las pérdidas para estimar el daño evitado. Un tanto por ciento de reducción de peligrosidad proporciona una estimación de los daños evitados en euros. Por ejemplo, en la cuenca del Lez, basada en los episodios de inundación de Cevenol de 2014, que afectaron a propiedades residenciales, una reducción del 50 % del riesgo de escorrentía disminuirá el daño a unos 1,9 millones de euros o en un 40,45 %.

Estas funciones de daños también se pueden integrar para evaluar las pérdidas aseguradas sobre un riesgo probabilístico en el clima actual y futuro. La media anual de pérdidas aseguradas en la cuenca se basa en la simulación estocástica de 400 años de lluvia climática por hora con el modelo ARPEGE-Climat en las condiciones actuales y en las del año 2050 (Moncoulon *et al.* 2018). Proporciona una visión general de la cantidad futura de daños por períodos de retorno y una estimación del incremento de las pérdidas. Después de este paso es posible calcular el porcentaje requerido de reducción de riesgos para disminuir el efecto del cambio climático en las pérdidas habituales actuales. Por ejemplo, en la cuenca del Lez, la peligrosidad debe reducirse en un 35 % utilizando SBN para limitar el efecto del cambio climático en las pérdidas actuales.

4. Integración del conocimiento: planificación adaptativa, nuevos modelos de negocio y financiación sostenible innovadora

El conocimiento obtenido de cada caso de demostración, resultante del análisis biofísico, social y económico, se integra en un marco global que puede aplicarse a entornos con otros retos técnicos, biofísicos, sociales y económicos. Para facilitar la integración y el uso del conocimiento multidisciplinar se han desarrollado metodologías de apoyo a la toma de decisiones.

Se desarrollaron una serie de métodos y herramientas adicionales para integrar los distintos elementos de la evaluación, como el desarrollo de un protocolo de participación para las partes interesadas que daba apoyo a todo el proceso de identificación de problemas, potenciales soluciones y estrategia escogida (ver anexo 1), que se tradujo en un sólido proceso de diseño compartido con las partes interesadas locales. Después, este proceso se relacionaba con el ciclo de planificación adaptativo y con el uso de un *Canvas* de modelo de negocio específico para la seguridad natural, con el fin de identificar potenciales flujos de ingresos y el marco de financiación para estos SAN, centrados en identificar las opciones financieras disponibles (en particular en torno a finanzas mixtas, inversión de impacto y contratos basados en el rendimiento). A continuación explicamos cada uno de estos modelos de integración con más detalle.

4.1. El ciclo de planificación adaptable

En primer lugar, gracias a su firme encaje dentro de la planificación adaptable propuesta por Basco *et al.* (2020) y analizada y tratada por van Cauwenbergh *et al.* (2020), la planificación adaptable es un proceso estructurado e iterativo y, a la vez, un sistema robusto y flexible para la toma de decisiones en situaciones inciertas con el fin de gestionar la incertidumbre en el tiempo mediante la vigilancia del sistema y el aprendizaje de la experiencia progresivos. Utilizando algunos de los modelos desarrollados específicamente para muchos de nuestros casos de estudio, es posible desarrollar Trayectorias de Políticas Dinámicas Adaptables (TPDA, que es un proceso iterativo de análisis de políticas para la planificación adaptable que permite realizar ajustes en el futuro, cuya necesidad se desconoce en el momento inicial. El enfoque de las TPDA combina unas “políticas adaptables” con las “trayectorias adaptables”, que desarrollan planes que incorporan una visión estratégica del futuro, se comprometen con acciones a corto plazo y establecen un marco para guiar las acciones futuras. Esta parte no se puso en marcha para nuestros casos de estudio, pero se podrían integrar en el marco actual.

4.2. El *canvas* de negocio para la seguridad natural

En segundo lugar citaremos el *canvas* de negocio de evaluación natural que se explica en Mayor *et al.* (2020). Un modelo de negocio es una herramienta conceptual que contiene una serie de conceptos y sus interrelaciones, que sirven para desarrollar completamente la propuesta de valor de un producto o servicio específico. Permite una descripción y representación simplificada del valor que se presta a los clientes, cómo se consigue, con qué fuentes de financiación y con qué consecuencias financieras (Ostenwalder *et al.*, 2010). El *canvas* de los SAN es diferente en dos aspectos. El primero, que su estructura se basa en una lógica de oferta y demanda de los servicios del ecosistema y en una consideración pluralista del valor (Sanders *et al.*, 2016) y de los valores relacionales (Mouraca, B. & Himes, 2018) que forman ahora parte del marco IPBES⁷, que se definen como “...inscritas en las relaciones deseables (buscadas), incluidas aquellas entre la naturaleza y las personas” (Díaz *et al.*, 2016). Por lo tanto, el *canvas* de seguridad natural capta no solo los valores completamente privados, sino también los públicos y colectivos, preparando de esta manera el terreno para la alineación colectiva de una serie de partes interesadas y sus beneficios colectivos, así como su voluntad de pagar por los distintos servicios proporcionados por soluciones multifuncionales como las estrategias basadas en la naturaleza que ofrecen, a menudo de forma simultánea, un conjunto de servicios (beneficios colectivos), como son las diversas ventajas que pueden proporcionar simultáneamente las SBN durante un tiempo dado (Jiang *et al.*, 2016).

(7) IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Service, Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas).



Figura 4: Ejemplo de Canvas de negocio del SAN aplicado al Bajo Danubio.

4.3. Un marco financiero para la seguridad hídrica

En tercer lugar, el marco financiero para la seguridad hídrica descrito por Altamirano *et al.* (2020), que sigue desarrollando y comprueba el “enfoque del mejor caso de negocio” (Smith y Flanagan, 2001) para los sistemas de aseguranza natural. Incluye cinco elementos de análisis: a) el “caso estratégico” para demostrar que las soluciones (o estrategias) basadas en la naturaleza propuestas están alineadas estratégicamente y están respaldadas por una necesidad imperiosa de cambio.; b) el “caso económico” se asegura de evaluar un amplio rango de opciones de inversión que, en nuestro caso, constatará que se han evaluado las opciones verdes, híbridas y grises y que la elegida es la más rentable; c) el “caso comercial” se asegura de que la inversión propuesta es viable y comercialmente atractiva, lo que en lo relativo a las soluciones basadas en la naturaleza supone retos específicos; d) el “caso financiero” demuestra que la opción preferida es asequible y puede financiarse; y e) el “caso de gestión” se asegura de la existencia de procesos y capacidades para que la solución escogida pueda aplicarse con éxito a nuestro caso, con bastante frecuencia, como veremos a continuación, por parte de las autoridades públicas, que son las que suelen tener el problema y las más expuestas directamente (o indirectamente, a través de los ciudadanos y las actividades económicas) a los peligros naturales.

Las SBN se enfrentan a barreras específicas para su adopción generalizada. Entre ellas la dificultad para acceder a la financiación o a proyectos financieros debido a la falta de ejemplos reales que evidencien su capacidad o viabilidad para fomentar la confianza de los inversores y disminuir los riesgos de inversión. Además, para hacer este tipo de proyectos atractivos a inversores privados y de impacto hace falta una clara identificación y cuantificación de la propuesta del valor que aportan estas soluciones, así como un sólido caso de negocio que asegure el retorno de las inversiones, en particular, de medio a largo plazo. Muchos proyectos de SBN fracasan porque no desarrollan ese caso de negocio, en parte debido a la escasez de datos y a la falta de evidencia sobre todos los beneficios que aportan y a su respectivo valor. Estos proyectos tienen que evaluar también cómo se puede captar el valor generado –en nuestro caso mediante servicios de aseguranza natural convertidos en programas viables– mediante reducción de riesgos y otros beneficios asociados y generar una serie de flujos de ingresos que los hagan viables desde el punto de vista financiero, de forma similar a los modelos de negocio desarrollados para proyectos privados que proporcionan bienes y servicios. Identificar el “modelo de negocio” para un proyecto de SBN, que incluya una propuesta de valor cuantificada, los elementos necesarios para rendir este valor (recursos y socios), los costes para generar este valor, el rango de

beneficiarios y el grupo potencial de clientes con sus posibles flujos de ingresos asociados será un paso esencial para desarrollar un caso de negocio convincente que reduzca el riesgo percibido por los inversores, identificando también la posible mezcla de fuentes de financiación para cubrir todo el rango de costes del ciclo de vida del proyecto y considerando, además, los costes de oportunidad.

5. Los resultados de algunos casos de estudio. ¿Qué hemos hecho y qué hemos aprendido?

En esta sección se resumen algunos de los resultados de nuestros casos de estudio. Por razones de espacio nos limitaremos a algunos de ellos, en concreto a los casos de estudio de mayor y menor escala: el caso del barrio de Spangen, en Rotterdam, que se está replicando en la ciudad española de Valladolid, y los casos del Danubio, del Támesis y de Medina del Campo.

5.1. EL PROCESO DE DISEÑO COMPARTIDO. PROPIEDAD DEL PROBLEMA Y LEGITIMIDAD: Ejemplo del Bajo Danubio (Rumanía)

El caso de estudio del Bajo Danubio cubre un tramo de 250 km del río. La estrategia elegida por los socios fue la restauración de la llanura fluvial. Basada en un proceso estructurado en el protocolo de implicación de partes interesadas (ver Anexo 1), la prioridad principal fue la reducción del riesgo de inundación y de sequías en la región. Las partes interesadas en el proyecto (autoridades locales y regionales, aseguradores, agricultores, autoridad de gestión de cuenca, etc.) se reunieron con los responsables del proyecto NAIAD para debatir sobre las soluciones más adecuadas para resolver los problemas a los que se enfrenta la región, así como los beneficios directos e indirectos asociados a esas soluciones. En esta región, según el modelo participativo explicado con anterioridad, las partes interesadas identificaron las soluciones basadas en la naturaleza como la opción preferida para reducir el riesgo. En particular, la estrategia fue la restauración de la laguna de Potelu y de las llanuras de inundación del área de Bisret. En este caso, los beneficios directos fueron la reducción del riesgo de inundación y los daños evitados, para los que se utilizó la herramienta CAT. Después se evaluaron los beneficios asociados a la implementación de estas soluciones y sus beneficios indirectos.

Entre estos beneficios indirectos están el desarrollo local, el aumento de la biodiversidad, la menor erosión de los suelos y el descenso de la migración de la población a las zonas urbanas. A continuación, facilitando un proceso de creación compartida, las partes interesadas identificaron la propiedad de los problemas, los responsables para la puesta en marcha de las soluciones y las regulaciones a las que estaría sujeta la puesta en marcha de las soluciones (beneficiarios directos, indirectos y extendidos, según el uso del *canvas* del SAN), así como las estimaciones cualitativas sobre los costes directos de la implementación, como la planificación, construcción, mantenimiento y vigilancia, entre otros. También se financiaron y analizaron los costes directos de la ejecución del trabajo, de la planificación, construcción, mantenimiento y control de la solución de sus posibles fuentes de financiación, flujos de ingresos o de las opciones de financiación. Se identificaron como recursos clave los datos, la gobernanza y la revisión de la legislación relativa al cambio de usos del suelo. Por último, se definieron una serie de indicadores de control para evaluar la eficacia de las soluciones y las ventajas adicionales que proporcionaban.

5.2. EFICACIA DE LAS SBN: comparación de opciones para inundación y sequía a gran escala en el Bajo Támesis (Reino Unido)

La herramienta Eco:Actuary se desarrolló conjuntamente con el sector asegurador y se puso en práctica en la región del Támesis (Reino Unido) contando con las autoridades locales y los propietarios del terreno. Durante el proyecto NAIAD, se han celebrado reuniones con inversores deseosos de desarrollar oportunidades de inversión verde,

incluyendo la inversión en la gestión natural de las inundaciones y en prácticas agrícolas compatibles con la sequía, como la agricultura regenerativa, así como el uso del sistema //Smart: para cuantificar la contribución de esas inversiones en la mitigación de los efectos de inundaciones y sequías. También se ha trabajado con asociaciones de actuarios que expresaron interés en un índice global de riesgo climático basado en el modelo global Eco:Actuary. Por último, una compañía británica de suministro de agua invirtió para usar la tecnología //Smart: desarrollada durante el proyecto NAIAD para aconsejar a los agricultores sobre las mejores prácticas para reducir la lixiviación de los suelos mediante técnicas de labranza y cultivos de cobertura en áreas propensas a la sequía y con acuíferos calizos sensibles a los nitratos.

Los resultados del marco de control y evaluación han demostrado que la inversión en agricultura regenerativa es el medio más rentable para mitigar los efectos de la sequía. Si el agua permanece en el terreno y puede infiltrarse, se reduce muy eficazmente el riesgo de inundación corriente abajo. Mejorando la infiltración, el agua permanece disponible durante los periodos secos estacionales. La agricultura regenerativa tiene muchos beneficios adicionales, como la reducción de las emisiones de carbono al arar y el aumento de biodiversidad y de materia orgánica en los suelos. El aumento de la infiltración de la lluvia reduce la escorrentía y la erosión, preservando así la fertilidad de los suelos y evitando la contaminación de los cursos de agua por escorrentías agrícolas.

5.3. CONTEXTUALIZACIÓN DE POLÍTICAS: directrices políticas para resolver la seguridad hídrica en Medina del Campo (España)

En el caso de Medina del Campo se analizaron tanto sequías como inundaciones. La Directiva de Aguas Subterráneas 2006/118/EC y la Directiva Marco del Agua 2000/60/EC imponen la obligación de que la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD) evalúe el impacto y los daños de las actuales presiones y tome medidas para restaurar el estado de buena calidad en 2027. En el caso del Acuífero de Medina del Campo las principales amenazas identificadas fueron la bajada de los niveles piezométricos, la contaminación agraria difusa (NO_3) y los altos niveles de arsénico de origen litológico. La primera medida adoptada por la CHD para dar respuesta a estas presiones fue un trasvase de agua desde el próximo río Adaja y del Embalse de Cogotas para sustituir el riego por aguas subterráneas con riego por aguas superficiales en el área de regadíos del Adaja (6.000 ha). Como resultado, se detectó una recuperación local de los niveles piezométricos debido al doble efecto de detener las extracciones de aguas subterráneas y del aumento del llenado por la infiltración de las aguas superficiales.

El marco de NAIAD sirvió de apoyo para solucionar estos problemas en el caso de estudio de Medina. Se pretendía identificar y evaluar posibles sistemas de aseguranza natural que pudieran servir para reducir los riesgos hidrológicos asociados y, a la vez, restaurar el estado y funcionamiento del sistema de acuíferos. Con este objetivo se diseñaron una serie de estrategias de SAN, conjuntamente con las partes interesadas locales, combinando SBN y medidas blandas. El proceso siguió los pasos iterativos que marca el protocolo de implicación de partes interesadas de NAIAD (Anexo 1). El enfoque colaborativo se combinó con un análisis de su factibilidad técnica y legal realizado por la CHD.

Se consideraron dos estrategias de SAN para reducir la vulnerabilidad frente al riesgo de sequía que, a la vez, restaurarían el estado y funciones del acuífero de Medina del Campo:

1. Cambio de cultivos orientado a fomentar especies más resistentes a la sequía, prácticas de conservación de suelo y agua, creación de asociaciones de regantes, control y vigilancia de extracciones y creación de conciencia ambiental.
2. Recarga del acuífero, creación de asociaciones de regantes, control y vigilancia de extracciones y creación de conciencia ambiental.

Se simuló el flujo de aguas subterráneas para tres escenarios climáticos diferentes y tres escenarios distintos de gestión del acuífero: 1) no hacer cambios; 2) una reducción del índice de explotación (IE) de 0,85 para el año 2050 en

adelante y 3) una reducción del IE a 0,8 en 2050 y más allá (objetivo de la CHD). Los últimos dos modelos pretenden proporcionar sensibilidad sobre el impacto de los pequeños cambios en la gestión del acuífero. Se llegó a la conclusión de que la gestión del acuífero (reduciendo el IE) tiene un impacto mucho mayor en la recuperación piezométrica que el cambio climático (modificando la recarga del acuífero).

También se evaluaron económicamente las dos estrategias de SAN propuestas para reducir el riesgo de sequía en el acuífero de Medina mediante el marco de análisis coste-beneficio propuesto por Le Coent *et al.* (2020).

Los escenarios climáticos y socioeconómicos/regulatorios considerados se seleccionaron según una combinación de enfoques entre la opinión de expertos y el desarrollo compartido participativo. Las partes interesadas identificaron la evolución de los subsidios de la Política Agraria Común (PAC) europea como uno de los factores clave para el cambio de uso del suelo. Por consiguiente, se consideraron escenarios tanto con la PAC actual como con una PAC más orientada a la protección del medio ambiente. Según los escenarios climáticos, una evaluación preliminar de las tendencias en precipitación media y máxima según las proyecciones del IPCC y los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (CEDEX, 2012) no mostró tendencias significativas para ninguna de las series de precipitación consideradas para el horizonte temporal de 2050, concordante con los resultados de la evaluación de riesgos (Llorente *et al.*, 2018). Por tanto, solo se simuló un escenario climático basado en las tendencias históricas (Calatrava *et al.*, 2019).

Los impactos económicos de las estrategias de SAN en términos de reducir el riesgo de sequía se han evaluado por medio de un modelo agroeconómico calibrado con las características técnicas, económicas e hidrológicas del área de estudio. Este modelo simula el reparto de terreno y agua entre distintas alternativas de cultivo para mejorar las condiciones del acuífero y reducir el riesgo de sequía para la agricultura de regadío, en los escenarios climáticos y socioeconómicos considerados, y calcula varios indicadores económicos, sociales y de recursos. El método y resultados de la evaluación económica de los impactos de las estrategias de SAN para calcular los daños evitados se detalla en Calatrava *et al.* (2019).

Aunque los beneficios indirectos de las estrategias no se han evaluado monetariamente, la combinación de los diferentes análisis realizados permitieron una evaluación cualitativa y/o cuantitativa de los principales beneficios indirectos esperados. Entre ellos estaba el aumento de la productividad hídrica, la generación de empleo y la productividad de los empleos agrarios, sugiriendo un mayor potencial para rentas agrarias más altas. En relación a los beneficios ambientales indirectos, las dos estrategias tendrían impactos similares en la mejora del estado cualitativo y cuantitativo del acuífero, aunque la recarga artificial de la estrategia 2 aceleraría la mejora del acuífero e impactaría positivamente en algunos ecosistemas fluviales. Por último, la estrategia 1 implica una agricultura menos intensiva que la 2, puesto que se fomenta la rotación de cultivos y las variedades con menos necesidades hídricas, lo que supone una mejora hidrológica de los sistemas agrarios.

Los resultados de la evaluación económica muestran que la segunda estrategia no reduce el riesgo de sequía, pero mejora los ecosistemas fluviales locales, mientras que los beneficios de la estrategia 1 superan con mucho su coste, con un ratio coste-beneficio de 3,17, aun sin contemplar los beneficios indirectos (Calatrava *et al.*, 2019). Sin embargo, las estrategias 1 y 2 no son excluyentes, sino más bien altamente complementarias, y lo ideal sería combinarlas para acelerar la recuperación del acuífero y aumentar los otros beneficios indirectos ambientales. Nuestros resultados también indican la importancia de considerar un marco de valor integrado (López Gunn, *et al.*, 2020).

5.4. REPLICACIÓN: Estadios de fútbol por el clima con soluciones basadas en la naturaleza: mitigación de inundaciones de NAIAD en Rotterdam y resiliencia frente a las sequías en Valladolid

Para terminar, nuestro emplazamiento de demostración más pequeño, dentro del proyecto H2020 NAIAD, estaba relacionado con la mitigación de las inundaciones en un barrio de Rotterdam, Spangen. Aquí se implementó una SBN

que aumenta la retención de las aguas pluviales a la vez que reduce su descarga en el alcantarillado. El barrio carecía de la suficiente capacidad de retención del agua de lluvia, lo que causa problemas en los episodios de precipitaciones intensas, que se espera que sean más frecuentes en el futuro inmediato. Al mismo tiempo, el barrio presentaba vulnerabilidades frente a la sequía (estrés térmico y degradación de los cimientos de las edificaciones). Así, el Ayuntamiento de Rotterdam concluyó que el área necesitaba una capacidad de retención adicional de agua de 53.000 m³.

Para satisfacer esta necesidad el ayuntamiento preparó un plan hidrológico para el barrio. Parte de este plan fue la puesta en marcha de un proyecto piloto de "Reserva de Agua Urbana" (RAU) en torno al campo de fútbol del Sparta. La RAU se basa en el almacenamiento subsuperficial, donde se recoge y almacena el agua durante los episodios de precipitación intensa. También se recoge, se trata y se recupera para el riego el agua del tejado del estadio y de las zonas adyacentes. El proyecto resulta en un incremento de la capacidad de retención de agua del barrio de 1.500 m³ cada 48 horas, lo que puede contribuir tanto a mitigar las inundaciones como las sequías.

Además del estudio empírico sobre el proceso de toma de decisiones y de aplicación de la RAU, el proyecto NAIAD evaluó el impacto económico de tres estrategias para la mitigación de inundaciones para todo el barrio de Spangen:

- Gris, con un alcantarillado separado y pavimento permeable.
- Híbrido, con un alcantarillado separado con retención natural e infiltración en las plazas públicas, incluyendo el almacenamiento en el acuífero.
- Verde, considerando solo infraestructuras verdes para la retención y la infiltración.

Fue fundamental que este análisis no solo considerara exclusivamente los costes financieros y los beneficios directos relativos al objetivo primario de la mitigación de las inundaciones (que se estableció de forma equivalente para cada opción), sino que también consideraba una serie de beneficios indirectos producidos por las opciones de SBN, como los impactos sobre la salud, el valor de las propiedades, la mitigación de la isla de calor, la extensión del tiempo útil de los tejados (para los tejados verdes) y el ahorro en agua potable procedente de la reutilización del agua.

El análisis reveló que el coste de implementación de las soluciones grises era un 15 % superior a las SBN para el mismo nivel de reducción de riesgo, por lo que es probable que las SBN sean más rentables que las soluciones grises. Además, se estimó que los beneficios indirectos de la opción verde eran muy superiores a los de la mitigación de inundaciones, lo que hacía de este un caso atractivo para invertir en él.

Esta solución está actualmente en vías de replicación en el estadio de fútbol José Zorrilla de la ciudad de Valladolid, uniendo fuerzas con otro proyecto H2020 en la misma ubicación, UrbangreenUp, y con financiación del fondo para la innovación holandés Partners for Water y del Ayuntamiento de Valladolid, con el apoyo técnico de Aquavall, la distribuidora local de agua, el club de fútbol Real Valladolid y la Confederación Hidrográfica del Duero. Todo esto demuestra que las SBN, puestas en marcha mediante la colaboración de ayuntamientos, clubes de fútbol, compañías de suministro de agua y organismos de cuenca, con el apoyo de *start-ups* europeas y el apoyo de las mejores instituciones científicas, pueden mitigar los riesgos de inundación y de sequía, que serán más probables según los escenarios de cambio climático y que, a su vez, generan importantes beneficios indirectos.

6. Adopción de políticas y explotación

El proyecto NAIAD se ha centrado en el potencial que ofrecen las soluciones basadas en la naturaleza y las infraestructuras verdes como prueba para futuras inversiones encaminadas a la adaptación al cambio climático y al aumento de la resiliencia frente a inundaciones y sequías, tanto en un territorio amplio como a escala de ciudad. El aumento de la resiliencia se construye sobre un conjunto de daños evitados y beneficios indirectos provistos por la propia naturaleza. Hemos introducido el concepto de Sistemas de Aseguranza Natural (SAN) que pueden desarrollar tanto ciudades como regiones, compartiendo una serie de herramientas y métodos de los SAN: herramientas como Eco:Actuary o FEV

para evaluaciones biofísicas, un entorno de modelado participativo para captar los valores y percepciones de las partes interesadas, un análisis integrado de coste-beneficio, el marco para el ciclo adaptable, un *canvas* de modelo de negocio para los sistemas de aseguranza natural y un marco de financiación para la seguridad hídrica, que forman todos parte del marco de evaluación metodológica de los SAN. Hemos presentado algunos de los resultados de su aplicación en cuatro de nuestros nueve emplazamientos de demostración, diseminados por toda Europa, que comprenden distintas escalas: los de gran escala como la cuenca del Támesis (Reino Unido), el Bajo Danubio (Rumanía) o el acuífero de Medina (España) y Rotterdam (Países Bajos), incluyendo su replicación en Valladolid (España).

Al final del proyecto se hizo una práctica de reunión de potenciales inversores en SBN para nuestros emplazamientos de demostración, con un ejercicio simulado con inversores privados y públicos reales en nuestra última reunión de demostración en Copenhague (enero de 2020), identificando los elementos necesarios para transformar el conocimiento en lecciones aprendidas y en proyectos viables y financiables de sistemas de aseguranza natural.

También se desarrollaron una serie de instrucciones y directrices para el desarrollo de políticas. Durante los últimos meses se han organizado una serie de mesas redondas nacionales en varios países europeos (España, Francia, Rumanía, Suecia y Eslovaquia) para presentar directamente nuestros resultados pero, lo que es aún más importante, para validar estos resultados y enmarcarlos en las discusiones políticas de mayor alcance que están teniendo lugar en el diseño de la estrategia de adaptación al cambio climático de la UE y en el borrador de la nueva Ley de Cambio Climático y la Taxonomía de la UE sobre Finanzas Sostenibles. Aquí el foco se ha puesto en incluir en la conversación el papel de las SBN y de los potenciales SAN en tres lagunas identificadas en las conversaciones con la DG Clima de la Comisión Europea: la falta de protección, la falta de inversión y la falta de información compartida.

En definitiva, NAIAD ha proporcionado un marco conceptual, un conjunto de herramientas y métodos para la integración, con la finalidad de tener una mejor comprensión del papel que pueden jugar las SBN en la reducción del riesgo y la prevención, rentabilizando el valor de aseguranza de la naturaleza tanto en términos de daños evitados como en los de beneficios indirectos, comprobándolo en 9 casos de demostración, en ubicaciones y escalas diferentes y en distintas fases de su ciclo de implementación. Como se ha visto, el objetivo de estos marcos y herramientas es prestar apoyo a la integración de los SAN en la planificación y en su aplicación a distintos entornos (recopilando evidencias sobre la eficacia de las medidas aplicadas). La posibilidad de evaluar las SBN facilitará la incorporación de estas soluciones a, por ejemplo, los planes de restauración fluvial y, por tanto, la financiación para su aplicación los convertirá en proyectos reales. Otro resultado clave de este proyecto es un conjunto de materiales formativos sobre la implementación y evaluación de SAN, que se puede recopilar en forma de curso MOOC y que se complementará con la edición de un libro por Springer, que está en preparación en la actualidad.

7. Conclusiones

Como conclusión, el proyecto comenzó planteándose algunas cuestiones y ahora, después de más de tres años, es posible dar respuesta a alguna de ellas:

En primer lugar, en el contexto del cambio climático y de los cambios de uso del suelo, junto con el aumento de los valores y distribuciones de bienes expuestos, el nivel de los daños ha aumentado significativamente, lo que supone un reto para los gobiernos, autoridades locales, sector asegurador y ciudadanos. ¿Son las SBN la solución? ¿Puede el diseño de sistemas de seguridad natural aportar una mejor preparación y reducir los costes potenciales? Basándonos en la evidencia de nuestros resultados, todas estas cuestiones tienen una respuesta afirmativa.

En segundo lugar, NAIAD demuestra que las SBN son una parte importante de la cartera de la reducción de riesgos y aumentan la resiliencia de los sistemas, a la vez que proporcionan beneficios indirectos adicionales a la sociedad. Sin embargo, las SBN tampoco son una fórmula milagrosa. En ocasiones, la combinación de las SBN con otro tipo de medidas, incluyendo las grises, puede ser la mejor opción. Por lo tanto, la respuesta a cómo podemos desarrollar soluciones adaptadas al medio local en cuencas y zonas urbanas es mediante pruebas reales y revisando otras ya existentes. Lo que está claro es que un paradigma revisado obtiene beneficios al incorporar la multidisciplinariedad para comprender mejor la naturaleza de los problemas intrínsecamente complejos. Aquí la clave es la correcta integración de conocimiento (y disciplinas), lo cual se adapta perfectamente a las propiedades de las soluciones basadas en la naturaleza que, por definición, son multifuncionales. Nuestras simulaciones también parecen indicar que las SBN serán especialmente adecuadas para eventos frecuentes, más que para los más extremos, incrementando así la resiliencia total del sistema. También vemos que las SBN aportan su principal valor de seguridad en la fase de prevención frente a eventos extremos, pero también frente a episodios más frecuentes relacionados con los riesgos hidrológicos.

En tercer lugar, la posibilidad de evaluar las SBN y los SAN facilitará su incorporación en la gestión de cuencas hidrológicas, los planes de restauración fluvial, la planificación de los riesgos de inundación y sequía y, por tanto, en la movilización de recursos para su financiación, avanzando hacia un ciclo de gestión adaptable que haga que cambie antes el centro de atención del ciclo de gestión de riesgos a la prevención.

Por último, una importante lección aprendida en el proceso, que es una oportunidad latente para la adopción de SBN, fue la identificación de obstáculos específicos entre las distintas partes interesadas en su aplicación, en particular las distintas percepciones del riesgo y su ambigüedad. La movilización de la acción colectiva para prevenir y reducir los riesgos será fundamental y hará falta “desempaquetar” lo que hasta ahora hemos empaquetado como “costes de transacción”, considerando su enorme potencial para ayudar a aplicar una acción colectiva para la reducción de riesgos basada en el valor que tiene la naturaleza para aportar más resiliencia y prevención.

Referencias

Altamirano, M.A., Benitez, Avila C., de Rijke, H., Angulo, M., Dartée, K., Nanu, F., Peña, K., Arellano, B., Mayor, B., Lopez-Gunn, E., Pengal, P., Scrieciu, A. (2020), Chapter 9, Closing the implementation gap of NBS for water security: Developing an implementation strategy for natural assurance schemes in Lopez Gunn, E.; van der Keur, P., van Cauwenbergh, N., Le Coent, P. and Giordano, R., (Eds) Greening Water Risks: Natural Assurance Schemes, Springer (de próxima aparición).

Basco-Carrera L. & van Cauwenbergh N., Gebremedhin E.1, Piton G., Tacnet J.M., Altamirano M.A., Benítez Ávila C.A., Chapter 7 (2020) Chapter 7 Designing Natural Assurance Schemes with Integrated Decision Support and Adaptive Planning in Lopez Gunn, E.; van der Keur, P., van Cauwenbergh, N., Le Coent, P. and Giordano, R., (Eds) Greening Water Risks: Natural Assurance schemes, Springer (de próxima aparición).

Baumgärtner, S., & Strunz, S. (2014). The economic insurance value of ecosystem resilience. *Ecological Economics*, 101, 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.012>

Bokhove, O., Kelmanson, M.A., Kent, T., Piton, G., Tacnet, J.M., 2019. Communicating (nature-based) flood-mitigation schemes using flood-excess volume. *River Research and Applications* 35: 1402–1414. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/rra.3507>

Bokhove, O., Kelmanson, M.A., Kent, T., Piton, G., Tacnet, J.M., 2020. A Cost-Effectiveness Protocol for Flood-Mitigation Plans Based on Leeds' Boxing Day 2015 Floods. *Water* 12: 1–30. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/652/xml>

Borowiecka M., García-Alcaraz, M.M., Manzano, M., (2019) Analysis of piezometric trends in the Medina del Campo Groundwater Body to understand the status and drivers of changes of groundwater-related ecosystem services. NAIAD EU Project. Proceedings of IAH2019, the 46th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists, Málaga (Spain). Gómez Hernández, J. and Andreo Navarro, B., (eds.) Electronic Ed. www.aih-ge.org; Pp: 296.

Calatrava, J., Graveline, N., Moncoulon, D., Marchal, R., (2018) DELIVERABLE 4.3: Economic water-related risk damage estimation. EU Horizon 2020 NAIAD Project, Grant Agreement N°730497.

Denjean, B., Altamirano, M., Graveline, N., Giordano, R., van der Keur, P., Moncoulon, D., Weinberg, J., Máñez Costa, M., Kozinc, Z., Mulligan, M., Pengal, P., Matthews, J., van Cauwenbergh, N., López Gunn, E., Bresch, D., 2017 Natural Assurance Scheme: A level playing field framework for Green-Grey infrastructure development *Environmental Research*, Volume 159, 24-38, ISSN 0013-9351. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.006>

Díaz, S. *et al.* (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 14, Pages 1-16, ISSN 1877-3435. <https://doi.org/10.1016/j.coust.2014.11.002>

EEA (2019) Economic losses from climate-related extremes in Europe, European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/direct-losses-from-weather-disasters-3/assessment-2>

García-Alcaraz, M., Manzano, M., Faneca, M., Trambauer, P., Pescimoro, E., and Altamirano, M., (2019) Understanding the potential of Nature Based Solutions to recover the natural ecosystem services of the Medina del

Campo Groundwater Body in the NAIAD EU project. Proceedings of IA2019, the 46th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists, Málaga (Spain). J. Jaime Gómez Hernández and Bartolomé Andreo Navarro (eds.); Pp- 156.

Giordano, G., Pluchinotta, I., Pagano, A., Scricciu, S. and Nanu, F. 2020 Enhancing nature-based solutions acceptance through stakeholders' engagement in co-benefits identification and trade-offs analysis, *Science of The Total Environment*, Volume 713, 136552, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136552>

Giordano, R. and Pagano, A., 2020 Chapter 5: A risk assessment in the implementation of NBS in Lopez Gunn, E.; van der Keur, P., van Cauwenbergh, N., Le Coent, P. and Giordano, R. (Eds) *Greening Water Risks: Natural Assurance schemes*, Springer (de próxima aparición).

Giordano, R. Manez Costa, M., Pagano, A., Pluchinotta, I., Zorrilla-Miras, P., Mayor, B. Gomez, E. and E. Lopez-Gunn, E. 2020 A Participatory Modelling approach for enabling Nature-based Solutions implementation through Networking Interventions May 2020 DOI: 10.1002/essoar.10503041.1.

Jacobs, S., Dendoncker, N., Martín-López, B., Barton, D.N., Gomez-Baggethun, E., Boeraeve, F., McGrath, F.L., Vierikko, K., Geneletti, D., Sevecke, K.J., Pipart, N., Primmer, E., Mederly, P., Schmidt, S., Aragão, A., Baral, H., Bark, R.H., Briceno, T., Brogna, D., Cabral, P., De Vreese, R., Liqueste, C., Mueller, H., Peh, K., Phelan, A., Rincón, A.R., Rogers, S.H., Turkelboom, F., van Reeth, W., van Zanten, B.T., Wam, H.K., Washbourne, C.L., (2016), A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions, *Ecosystem Services*, Volume 22, Part B, Pages 213-220, ISSN 2212-0416. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.007>

Jiang, P., Xu, B., Dong, W., Chen, Y., Xue, B., (2016). Assessing the environmental sustainability with a co-benefits approach: a study of industrial sector in Baoshan District in Shanghai. *J. Clean. Prod.* 114, 114–123. doi:10.1016/j.jclepro.2015.07.159.

Lawrynuik S (2019) Insurance Companies Push Cities To Take Climate Action. In: *The Sprawl*. <https://www.sprawlgary.com/insurance-companies-push-climate-action>

Le Coent, P. Herivaux, C.; Calatrava, J. Marchal, R. Moncoulon, D. Benitez Avila, C., Altamirano, M. Gnonlonfin, A., Douai, A. and Graveline, N (2020) Chapter 6: Economic assessment of Nature-Based Solutions for water-related risks in Lopez Gunn, E.; van der Keur, P. van Cauwenbergh, N. Le Coent, P. and Giordano, R. (Eds) *Greening Water Risks: Natural Assurance schemes*, Springer (de próxima aparición).

López-Gunn, E., Rica, M., Zorrilla-Miras, P., Vay, L.; Mayor, B., Pagano, A., Altamirano, M. and Giordano, R., 2020 Evolution of value frames: from a productivist to a socio-ecological value frame in the adoption of nature-based solutions against water related hazards in Medina del Campo region *Ecological Economics* (de próxima aparición).

Llorente, M., de la Hera, A., Manzano, M., (2018). "DELIVERABLE 6.2 From hazard to risk: models for the DEMOs. Report Part 1: Spain – Medina del Campo". EU Horizon 2020 NAIAD Project, Grant Agreement N°730497.

Marchal, R., Piton, G., Lopez-Gunn, E. *et al.* (2019), The (Re)Insurance Industry's Roles in the Integration of Nature-based Solutions for Prevention in Disaster Risk Reduction—Insights from a European Survey. *Sustainability* 11:6212. <https://doi.org/10.3390/su11226212>

Moncoulon, D., Desarthe, J., Naulin, J.-P., *et al.* (2018), Conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles en France à l'horizon 2050. Caisse Centrale de Réassurance & Météo France, Paris.

Moncoulon, D., Labat, D., Ardon, J., *et al.* (2014), Analysis of the French insurance market exposure to floods: a stochastic model combining river overflow and surface runoff. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14:2469–2485. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-2469-2014>

Mouraca, B. & Himes, A. (2018). Relational Values: The key to pluralistic valuation of ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 35. 1-7. 10.1016/j.cosust.2018.09.005.

Osterwalder, A. and Pigneur, Y., (2010) *Business Model Generation*. Wiley & Sons, Canada.

Pagano, P.; Pluchinotta, I., Polona, P., Cokan, B. and Giordano, R., (2019), Engaging stakeholders in the assessment of NBS effectiveness in flood risk reduction: A participatory System Dynamics Model for benefits and co-benefits evaluation, *Science of The Total Environment*, Volume 690, 543-555, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.059>

Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Verma, M., *et al.* (2010). The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. Extraído de <http://africa.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/D0-Chapter-5-The-economics-of-valuing-ecosystem-services-and-biodiversity.pdf>

Santoro, S., Pluchinotta, I., Pagano, A., Pengal, P., Cokan, B. and Giordano, R., (2019) Assessing stakeholders' risk perception to promote Nature Based Solutions as flood protection strategies: The case of the Glinščica river (Slovenia), *Science of The Total Environment*, Volume 655, 2019, 188-201, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.116>

WEF (2019) *World Economic Forum: Global Risks Report*, 2019.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water. (2018). *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO.

Anexo 1. El protocolo para la participación de las partes interesadas: diseño conjunto de sistemas de seguridad natural

En paralelo con el trabajo técnico, en los emplazamientos de demostración se organizaron varios talleres con las partes locales interesadas, en los que los socios de NAIAD desarrollaron conjuntamente con las partes interesadas los mismos pasos del proceso para la aplicación efectiva de las SBN en su área.

Los resultados obtenidos en estos talleres fueron:

- La evaluación de la percepción del riesgo en el área.
- La selección y validación de las soluciones más adecuadas (incluyendo soluciones híbridas y grises).
- La identificación de los beneficios indirectos asociados a estas soluciones.
- La identificación conjunta de indicadores para el seguimiento de estas soluciones a lo largo del tiempo y la comprobación de si han sido eficaces para reducir los riesgos y proporcionar beneficios indirectos.
- La discusión adicional de posibles estrategias de SBN y la combinación más eficaz de diferentes soluciones.
- Y, en el taller final, la identificación conjunta de modelos de negocio potenciales derivados de la solución escogida.

Cuadro 1: Protocolo de participación de grupos de interés desarrollado en NAIAD

Un principio operativo central de NAIAD es involucrarse proactivamente con los grupos de interés en los casos de estudio durante la aplicación de sus metodologías conceptuales y de evaluación para los Sistemas de Seguridad Natural. La naturaleza interdisciplinar de todo el enfoque lo hace fundamentalmente relevante para una amplia gama de grupos de interés, entre los que se incluyen responsables de la toma de decisiones, profesionales, científicos, usuarios finales y comunidades. Cada grupo de interés tendrá sus propios conocimientos y perspectivas de los sistemas físicos integrados, sociales, culturales y económicos en los que se ubica el caso de estudio y todos ellos deben ser compartidos y sintetizados durante las evaluaciones. Además, los grupos de interés cumplieron una función importante a la hora de llevar a cabo la "prueba en carretera" y la validación de las herramientas y métodos desarrollados y presentados en este artículo.

Para cumplir con este principio se aplicaron varias técnicas y enfoques de modelización participativa. La selección de los enfoques más relevantes para cada caso práctico dependía de las realidades contextuales y de los problemas específicos que se abordaban. Sin embargo, se desarrolló un conjunto general de pautas recopiladas en un "protocolo de participación de grupos de interés" que sirvió de fuente de orientación práctica a los profesionales de los casos de estudio, al tiempo que garantizaba cierta estandarización y coherencia/comparabilidad del proceso en los casos de estudio.



El protocolo de participación de grupos de interés estaba compuesto por diez pasos iterativos y secuenciales que establecieron el marco y los objetivos y que propusieron un rango de metodologías que podrían aplicarse para avanzar mediante las actividades participativas de recopilación de datos, diseño conjunto, modelización y validación. (Haga clic [aquí](#) para ver más sobre el Protocolo de participación de las partes interesadas).

Reconocimientos

Este proyecto ha recibido financiación del programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención N° 730497. También queremos dar las gracias a la Confederación Hidrográfica del Duero por su firme apoyo a este proyecto.

Asimismo, para la realización de este documento nos hemos basado en el trabajo de muchos colegas de NAIAD. En particular, queremos mostrar nuestro agradecimiento a los que figuran en esta lista no exhaustiva:

Altamirano, M. y Basco, L., DELTARES (Países Bajos)

Calatrava, J. y Manzano, M., UPCT (España)

Darte, K. y Peña, K., Field Factors (Países Bajos)

de la Hera, A. y Llorente, M., IGME (España)

Pagano, A. IRSA, (Italia)

Piton, G. y Tacnet, J.M., INRAE (Francia)

Scrieciu, A., GEOECOMAR (Rumanía)

van Cauwenbergh, N., IHE-Delft (Países Bajos)

van der Keur, P., GEUS (Dinamarca)