



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Facultat de Dret
Facultad de Derecho

FACULTAD DE DERECHO
MÁSTER UNIVERSITARIO EN DERECHO AMBIENTAL Y DE LA
SOSTENIBILIDAD
CURSO ACADÉMICO 2022-2023

TÍTULO:

**Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN): Nexo energía-agua-
alimentación**

AUTOR/A:

EVA MARÍA HERNÁNDEZ RAMOS

TUTOR:

ANDRÉS MOLINA GIMÉNEZ

ÍNDICE:

I. Planteamiento inicial	6
II. Marco teórico	12
2.1. Las diferentes definiciones de las soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).	13
2.2. Otros enfoques de gestión.	16
2.3. Elementos clave para la puesta en práctica de las SbN.	19
2.4. Propuesta de definición global.	22
2.5. Categorías y clasificación.	23
2.5.1. Soluciones Basadas en la Naturaleza y Economía Circular.	24
2.6. Grados de intervención de las SbN.	26
2.7. SbN y organismos manipulados genéticamente (OMG).	27
III. Régimen jurídico	32
3.1. Marco normativo de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).	32
3.1.1. Las SbN y su conexión con la normativa de aguas.	32
A. Directiva Marco del Agua.	32
B. Directiva 2006/118/CE, sobre protección de las aguas subterráneas.	34
C. Directiva 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas para consumo humano.	36
D. Directiva 2006/7/CE, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño.	37
E. Reforma legislativa de la Ley de Aguas (TRLA).	38
3.1.2. Enfoque europeo e internacional.	48
3.1.3. La vinculación de las SbN con la Agenda 2030 y sus ODS.	52
3.1.4. SbN y normativa para la prevención de riesgos e inundaciones.	53
3.1.5. Planes y Estrategias.	55
3.2. Fundamentos Jurídicos de la Agricultura Sostenible.	62
IV. Ámbito institucional.	68
4.1. La estructura actual de la Gobernanza del Agua.	68
4.2. Interrelaciones administrativas por sectores.	70
4.1.1. Gestión del contingente por sequías.	70
4.1.2. Gestión de los riesgos por inundaciones.	71
4.1.3. Mejora del estado de las masas de agua y los ecosistemas acuáticos.	71
4.1.4. Gestión del ciclo integral del agua.	72
4.3. Modelos de gobernanza para las SbN.	72
V. Instrumentos de implementación	74
5.1. Catálogo de SbN a nivel de fuente.	74
5.2. Aplicación de SbN en los sistemas de reutilización del agua.	89
5.3. SbN en la Gestión Agrícola Sostenible.	95
VI. Financiación de las SbN	100

6.1. Fuentes de financiación para las SbN. Retos y desafíos.	100
6.2. Fondos de Agua.	105
6.3. Nuevos modelos mixtos.	106
6.3.1. Financiación privada y público-privada.	106
A. Pago por servicios ecosistémicos.	107
B. Bancos de hábitat.	108
C. Acuerdos de custodia de territorio (CT).	111
6.3.2. Iniciativas de financiación privada. Finanzas verdes.	112
A. Pólizas de seguro.	113
B. Medidas privadas complementarias: Bonos verdes, financiación mixta y fondos de dotación.	114
VII. Conclusiones.	120
VIII. Anexos.	134
VIII. Bibliografía.	136

Índice de abreviaturas

Agencia Estatal de Meteorología	AEMET
Oficina Española del Cambio Climático	OECC
Agencia Europea de Medio Ambiente	AEMA
Banco Europeo de Inversiones	BEI
Buenas Condiciones Agrícolas y Medioambientales	BCAM
Centro de Estudios Hidrográficos	CEH
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas	CEDEX
Climate Bonds Initiative	CBI
Códigos de Buenas Prácticas Agrarias	CBPA
Congreso Nacional de Medio Ambiente	CONAMA
Constitución Española	CE
Consejo Nacional del Agua	CNA
Consejos de Agua de la Demarcación	CAD
Consortio de Compensación de Seguros	CCS
Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación	CNULD
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	CMNUCC
Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica	CBD
Comisión Europea	CE
Comunidades Autónomas	CCAA
Directiva Marco del Agua	DMA
Dominio Público Hídrico	DPH

Economía Circular	EC
Estaciones para la Reutilización de Aguas Residuales	ERAR
Estados Unidos	EEUU
Estrategia de adaptación/mitigación basada en ecosistemas	EBA
Especies Exóticas Invasoras	EEI
Evaluación de Impacto Ambiental	EIA
Instituto Geológico y Minero de España	IGME
Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional	LPH
Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental	LRM
Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España	LVGA
Ministerio para la Transición Ecológica	MITECO
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	MITERD
RD 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias	RDN
Servicios Ecosistémicos	SSEE
Sistema de Información de Aguas Subterráneas	SIAS
Soluciones basadas en la Naturaleza	SbN
Objetivos de Desarrollo Sostenible	ODS
Organismos modificados genéticamente	OMG
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	FAO
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos	OCDE
Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático	IPCC
Planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones	PGRI
Plan Hidrológico Nacional	PHN
Plan Nacional de adaptación al Cambio Climático	PNACC
Política Agraria Común	PAC
Plan de Ordenación de los Recursos Naturales	PORN
Planes Rectores de Uso y Gestión	PRUG
Preservación de los Ecosistemas	PAE
Principios de Bonos Verdes	GBP
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	PNUMA
Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas	TRLA
Registro de Explotaciones Agrarias	REA
Registro General de Explotaciones Ganaderas	REGA
Registro General de la Producción Agraria	REGIPA
Requisitos Legales de Gestión	RLG
Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea	TFUE
Unión Europea	UE
Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza	UICN
Water-Energy-Food (Agua-energía-alimentación)	WEF
Zonas Vulnerables	ZVN

“Entre las revoluciones que tenemos pendientes está seguramente también la científico-técnica, que no ha podido superar el escéptico *stop* unamuniano”.

RAMÓN MARTÍN MATEO¹

“El agua no es un bien mercantil sino un patrimonio que debe ser protegido, defendido y tratado como tal”²

¹ MARTÍN MATEO, R., “La salida científica”, en Tribuna del Periódico El País, 23 de junio de 1981. Sitio web consultado: [La salida científica | Sociedad | EL PAÍS \(elpais.com\)](https://elpais.com) (último acceso: 23 de julio de 2023).

² Considerando 1 de la de la Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE 2000/ L 327/1, 20 de diciembre de 2000.

I. Planteamiento inicial.

Se estima que la sociedad actual, fundamentada en el consumo, lidia con una realidad de creciente superpoblación y demandas cada vez más apremiantes que implican un mayor consumo de agua, energía y alimentos. En 2050, la población mundial se situará en torno a los 9.600 millones de individuos, generando así una compleja dinámica social y económica (Naciones Unidas, 2019³).

En este contexto, es imprescindible mencionar la progresiva preocupación respecto a la crisis del cambio climático y sus consecuentes impactos negativos en el medio ambiente representando una amenaza multidimensional para los recursos hídricos.

La preocupación ambiental tuvo su punto de partida en 1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo⁴, donde se comenzaron a vislumbrar los efectos del crecimiento desmedido y la actividad humana sobre el entorno natural. Desde entonces, el análisis realizado en el Informe del Club Roma⁵, publicado en 1972 bajo el título; “Los Límites del Crecimiento”, ha sido un hito importante en la comprensión de los desafíos que enfrenta la humanidad en términos de desarrollo sostenible. Este informe abordó cuestiones cruciales relacionadas con la disponibilidad de recursos y los límites finitos del planeta para sostener el crecimiento económico y la población.

Asimismo, se puso de manifiesto la conexión entre crecimiento, tecnología y medio ambiente⁶. Tomando en cuenta la frase de MARTÍN MATEO mencionada al inicio de este trabajo, resalta la importancia de avanzar en la revolución científico-técnica, que no implica necesariamente depender únicamente de la tecnología, sino más bien utilizar de manera innovadora las soluciones inherentes que nos ofrece la naturaleza.

En años posteriores, como apunta MELGAREJO, se concluyó que las cuestiones medioambientales y el crecimiento económico debían tratarse como una única cuestión. Así se reivindicó en el Informe Brundtland, evolucionando hacia otros conceptos como la inclusión social, hasta la Cumbre de las Naciones Unidas de 2015, donde se adoptó el documento titulado “Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo

³ Naciones Unidas, (2019). “World Population Prospects 2019”. Consultado en: [Perspectivas de la población mundial 2019: metodología de las Naciones Unidas para las estimaciones y proyecciones de población | CEPAL](#) (último acceso el 25 de julio de 2023).

⁴ Consultado en: [Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo 1972 | Naciones Unidas](#) (último acceso el 25 de julio de 2023).

⁵ El Club de Roma es una organización internacional formada por líderes destacados de diversos campos que se dedican a abordar cuestiones globales, incluidas los desafíos ambientales, sociales y económicos. Es conocido por su informe de 1972 titulado “Los límites del crecimiento” (“The Limits to Growth”), que fue encargado al Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y presentaba modelos de simulación sobre el crecimiento económico y sus límites en un contexto de recursos finitos.

⁶ MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A. (2023). *La Economía Circular y el sector del agua en España. Análisis jurídico-económico*. Escritos del Agua 1, Tirant Lo Blanch, Valencia, pág. 21.

Sostenible”⁷, donde se integran los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta nueva Agenda 2030, los ODS, así como el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático, ofrecen una nueva orientación a las estrategias de gobernanza de los gobiernos en materia de sostenibilidad y resiliencia. Sin embargo, y como apunta la doctrina, todavía quedan desafíos importantes para lograr un sistema socioecológico global resiliente, como se especifica en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)⁸.

No obstante, estos temas han sido abordados de manera sectorial y con enfoques individualistas. Por un lado, se ha tratado la gestión del agua y, en cierta medida, los desafíos relacionados con la seguridad alimentaria. Por otro lado, se han abordado cuestiones vinculadas a la eficiencia y la transición energética. Nuestros problemas críticos actuales son la energía, los alimentos, el agua, la salud, el medio ambiente, la educación, la guerra y la democracia. Es relevante resaltar que todos estos elementos, excepto la democracia, están intrínsecamente interconectados y se encuentran íntimamente ligados a la disponibilidad y acceso a fuentes apropiadas de energía⁹.

El entendimiento del nexo agua-energía-alimentos (“WEF”, por sus siglas en inglés) desempeña un papel fundamental en nuestra capacidad para abordar los desafíos globales contemporáneos¹⁰. Formalmente introducido en 2008, el concepto del nexo WEF ha ido evolucionando y adquiriendo relevancia en la conferencia “Water-Energy-Food-Security Nexus” celebrada en 2011¹¹. Este nexo persigue la mejora de la seguridad hídrica, energética y alimentaria, como un todo, alejándose de las doctrinas tradicionales en la gestión de los recursos hídricos, realizándolo mediante la promoción de la eficiencia, la reducción de compensaciones, la creación de sinergias y una gobernanza más efectiva, resiliente y participativa en todos los sectores.

El agua es un pilar fundamental que sustenta el desarrollo de todas las áreas mencionadas. Así por ejemplo, las alteraciones en el suministro y calidad del agua, motivados por el cambio climático, afectan a la generación de energía y la seguridad alimentaria. Las alteraciones en los patrones de precipitación afectan directamente a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. El aumento de la temperatura global y la creciente demanda de agua debido al crecimiento poblacional e industrial, contribuyen al estrés hídrico, poniendo en peligro la sostenibilidad y seguridad de este recurso vital.

En el ámbito energético, la generación de energía hidroeléctrica puede verse afectada por la disminución del caudal de los ríos debido a las sequías, mientras que las olas de calor pueden disminuir la eficiencia de las centrales nucleares y termoeléctricas. A su vez, el

⁷ Consultado en: [Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development | Department of Economic and Social Affairs \(un.org\)](#) (último acceso el 23 de agosto de 2023).

⁸ KRAUZE, K., WAGNER, I., (2019). “From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions. Contextualizing nature-based solutions for sustainable city”, en *Science Total Environment*, 655, págs. 697-706.

⁹ ARMAROLI, N., BALZANI, V., (2007). “The future of energy supply: challenges and opportunities”, en *Angew. Chem. Int.*, ed. 46(1-2), págs. 52-66.

¹⁰ DOHERTY, B., ENSOR, J., HERON, T., PRADO, P., (2019). “Food systems resilience: towards an interdisciplinary research agenda”, en *Emerald Open Research* 1, pág. 4.

¹¹ HOFF, H., (2011). *Understanding the Nexus*. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus, Stockholm Environment Institute, Stockholm, pág. 52.

aumento de las temperaturas incrementa la demanda de energía eléctrica para el abastecimiento de agua para el riego y su uso en explotaciones intensivas agrícolas y ganaderas, lo que ejerce presión adicional sobre el sistema energético. Asimismo, se precisa energía para el suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales, así como para su reutilización (al hilo de la necesidad de acompañar el nexo WEF con la economía circular y el Pacto Verde Europeo), el procesamiento de alimentos y la producción agrícola¹².

En el sector agrícola, el cambio climático causa daños a los cultivos y disminuye la producción, afectando la disponibilidad de alimentos. Las variaciones climáticas, como sequías, inundaciones y olas de calor, representan riesgos para los cultivos y el suministro de agua. Las aguas torrenciales y las inundaciones alteran el flujo natural del agua, su calidad y los ecosistemas, todo ello interrelacionado para conseguir la preciada seguridad alimentaria, especialmente en regiones vulnerables y en países en desarrollo.

La vida y los medios de subsistencia de las personas dependen del adecuado acceso al agua. Durante mucho tiempo, hemos sobreexplotado este recurso, y los ecosistemas de agua dulce, como los humedales, desaparecen hoy tres veces más rápido que los bosques¹³, teniendo en cuenta que “son una fuente vital de alimentos, materias primas, recursos genéticos para medicinas y energía hidroeléctrica”, según la ONU, la situación es alarmante.

En el contexto de España, según la publicación “Escritos del Agua 1”¹⁴, el panorama proyectado para el año 2050 se vislumbra sombrío, con una serie de desafíos climáticos que impactarán significativamente nuestro territorio. Se prevé que aproximadamente un 70% del país se vea afectado por sequías más frecuentes y prolongadas, mientras que las inundaciones, cada vez más devastadoras, representarán un serio riesgo para nuestras comunidades. Una de las principales preocupaciones será la escasez de agua, ya que se estima que alrededor de 27 millones de personas vivirán en zonas con severas restricciones hídricas.

En relación a la disponibilidad de recursos hídricos, se prevé que para el final del siglo experimentemos una disminución de aproximadamente el 25%. No obstante, en algunas regiones, esta reducción podría alcanzar hasta un 40%. Esta situación agravará aún más los desafíos de escasez de agua y generará repercusiones significativas en diversas actividades económicas y sociales.

Asimismo, la pérdida de ecosistemas a nivel mundial tiene consecuencias significativas para la gestión de los recursos hídricos. La reducción de la biodiversidad y la sobreexplotación de los recursos naturales impactan negativamente en la calidad y

¹² BIEBER, N., KER, J.H., WANG, X., TRIANTAFYLIDIS, C., VAN DAM, K.H., KOPPELAAR, R.H.E.M., SHAH, N., (2018). “Sustainable planning of the energy-water-food nexus using decision-making tools”, en *Energy Policy* 113, págs. 584-607.

¹³ Consultado en: [Los humedales están desapareciendo tres veces más rápido que los bosques | CMNUCC \(unfccc.int\)](https://www.unfccc.int/es/los-humedales-est%C3%A1n-desapareciendo-tres-veces-m%C3%A1s-r%C3%A1pido-que-los-bosques) (último acceso el 25 de julio de 2023).

¹⁴ MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A., (2023). *La Economía Circular y el sector del agua en España. Análisis jurídico-económico.*, op. cit. Prólogo.

disponibilidad del agua, inciden en los patrones de precipitación y en la disponibilidad de agua dulce¹⁵. Por ejemplo, las especies exóticas invasoras (EEI) son una de las causas de pérdida de los humedales, muchos de ellos (2.300 espacios) protegidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar, siendo esto insuficiente para su protección como valor clave en los recursos hídricos, tanto para la calidad como para la optimización energética.

El mundo debe gestionar el agua de manera diferente y sostenible para abastecer a una población humana en crecimiento, proteger la vida terrestre y en los ecosistemas de agua dulce y mitigar los efectos del cambio climático en el triple nexo WEF. Dentro del contexto de la economía verde, concepto definido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2011) como una forma de desarrollo que busca mejorar el bienestar humano y la igualdad social al tiempo que se reducen significativamente los riesgos medioambientales y la escasez de recursos naturales, emerge un enfoque altamente prometedor para abordar eficaz y sosteniblemente estos desafíos: las soluciones basadas en la naturaleza (SbN).

Tanto los principales objetivos de la economía verde como son el uso eficiente de los recursos, apuesta por la eficiencia energética y biodiversidad, combatir la escasez y disminuir las amenazas sobre el medio ambiente, como sus tendencias; la economía circular (en este caso aplicada mediante la reutilización del agua), infraestructura verde, agricultura sostenible y la búsqueda de energías renovables locales, son perfectamente cumplidas por las SbN.

Las SbN constituyen una estrategia en la que se aprovechan las capacidades y los servicios que brinda la naturaleza para resolver problemas relacionados con el agua, la energía, la alimentación y otros aspectos fundamentales del desarrollo. A través de la implementación de SbN, se busca no solo conservar y restaurar los ecosistemas, sino también aprovechar su potencial para proporcionar servicios ecológicos beneficiosos para la sociedad.

Las SbN se han demostrado efectivas en diversas aplicaciones, como la restauración de cuencas hidrográficas, la infiltración y recarga de acuíferos, la gestión de aguas pluviales y la construcción de infraestructuras verdes. Estas soluciones no solo mejoran la calidad del agua y la disponibilidad de recursos hídricos, sino que también ofrecen beneficios adicionales como la conservación de la biodiversidad, la protección contra inundaciones y sequías, y la creación de espacios verdes para la recreación y el bienestar humano¹⁶.

En este contexto, la adopción de SbN no solo contribuye a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, sino que también representa una oportunidad para promover la equidad y la inclusión social al garantizar que los beneficios de estas soluciones lleguen

¹⁵ NESSHÖVER, et. al., (2017). "The science, policy, and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective", en *Science of The Total Environment*, 579, págs. 1215-1227.

¹⁶ HAASE, D., SCHWARZ, N., STROHBACH, M., & WOLFF, M. (2017). "Citizen Science and the role of naturalness in fostering place attachment in urban rivers capes", en *Sustainability Science*, 12(6), págs. 887-898.

a todas las comunidades, incluidas las más vulnerables. Además, el uso de SbN en la gestión de los recursos hídricos puede contribuir al ahorro de energía. Los sistemas naturales pueden actuar como filtros, reduciendo la necesidad de procesos de tratamiento energéticamente intensivos. Además, la planificación y el diseño de infraestructuras verdes pueden optimizar el uso de energía en el transporte, la distribución y el tratamiento del agua¹⁷.

Por todo lo planteado, en este estudio, llevaremos a cabo una detallada exploración de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y sus distintas definiciones. Comprender el escenario inicial resulta fundamental para evaluar lo que puede considerarse como SbN y sus diversas aplicaciones, incluyendo su multifuncionalidad en la práctica. Además, presentaremos un marco global propuesto para su implementación y conceptualización única.

El análisis normativo resulta esencial para comprender el alcance de las SbN en las diversas normativas, planes y estrategias que afectan a la gestión hidrológica, infraestructuras verdes y economía circular. Investigaremos la regulación de las SbN en la normativa de aguas y su aplicación en las estaciones de reutilización de los recursos hídricos. Concepto este, el de la reutilización, que exploraremos desde la perspectiva de la economía circular y su integración en un sistema de gestión hídrica integral. Si bien no abordaremos la reutilización del agua como una Solución basada en la Naturaleza (SbN) en sí misma, examinaremos cómo se inserta en un sistema holístico donde las SbN desempeñan un papel clave en el nexo agua-energía-alimentación (WEF). Esta aproximación busca comprender cómo la reutilización del agua puede contribuir a una gestión sostenible de los recursos hídricos, al tiempo que se aprovechan las sinergias para optimizar energía y valorizar residuos.

De la misma forma, examinaremos la gestión agrícola, abarcando la regulación de la Política Agraria Común¹⁸, la agricultura sostenible y las normativas sobre biotecnología para optimizar el uso de energía, recursos hídricos, fertilizantes y biopesticidas de manera sostenible, cerrando el ciclo WEF.

En el contexto institucional y de gobernanza, analizaremos los desafíos y retos que surgen al aplicar las SbN, desde una triple perspectiva: (i) La estructura actual de la gobernanza del agua en España, junto a la distribución de competencias entre las diferentes administraciones (estatal, autonómica y local); (ii) la interconexión administrativa en la implementación y gestión de medidas relacionadas con el agua, considerando la ampliación del enfoque de gobernanza más allá del ámbito hídrico, y, (iii) los nuevos modelos de gobernanza que se requieren para lograr una implementación exitosa de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), con una mirada hacia ejemplos a nivel internacional.

¹⁷ KABISCH et. al., (2017). “A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas”, en *Environmental Science & Policy* 77, págs. 15-24.

¹⁸ Consultado en el Reglamento (UE) 2021/2115 PEPAC: [Publications Office \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/2115/oj) (último acceso el 24 de agosto de 2023).

Para establecer un marco regulador más definido y efectivo, es crucial comprender las distintas clases o categorías de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) que pueden ser implementadas y su viabilidad de verificación. La creación de un catálogo estandarizado que clasifique las medidas basadas en la naturaleza por tipologías, podría contribuir significativamente al desarrollo y aplicación del marco regulador. Estas herramientas proporcionarían una referencia común y práctica para los responsables de la toma de decisiones y facilitarían la integración efectiva de las SbN en las políticas y estrategias medioambientales. Evaluaremos una propuesta de catálogo, desde la perspectiva de la gestión hídrica desde la fuente, la reutilización urbana, así como la gestión sostenible de la agricultura.

En última instancia, se vuelve esencial ampliar las vías de financiación destinadas a las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). Realizaremos un análisis de las debilidades del sistema actual que dificultan la obtención de financiación, tales como la fragmentación y dispersión en el sector del agua, la insuficiencia de recursos locales a nivel municipal, la necesidad de una mejor interconexión con los mecanismos de la Política Agrícola Común (PAC) y la relación de las SbN con el respaldo político en un contexto de inestabilidad. A estas debilidades las acompañaremos de diversas actuaciones.

Actualmente, las Administraciones buscan estabilidad a través de subvenciones y programas de financiación internacional, como los proyectos LIFE, a fin de asegurar una implementación continua. Abordar el tema de la regulación de los pagos por servicios ambientales para impulsar nuevos modelos de financiación, resultaría una herramienta poderosa para promover prácticas sostenibles en el manejo del agua. Aunque este concepto aún se encuentra en sus primeras etapas en España, su potencial es considerable, por lo que analizaremos ejemplos exitosos en diferentes partes del mundo. Uno de estos ejemplos destacados es el modelo de Fondos de Agua.

En la fase final, abordaremos un conjunto de estrategias para reforzar la viabilidad financiera de las SbN. Estas estrategias han sido analizadas por el Banco Iberoamericano de Desarrollo y están diseñadas para facilitar la adopción de nuevos modelos de financiación. En primer lugar, consideraremos la integración de las SBN en la planificación y políticas públicas. En segundo lugar, examinaremos la posibilidad de integrar las SbN en modelos financieros ya establecidos para infraestructura, como los bonos verdes y mecanismos basados en la naturaleza. Finalmente, exploraremos cómo la monetización de los beneficios derivados de las SBN puede generar fuentes adicionales de ingresos, consolidando aún más su viabilidad financiera.

En el contexto global actual, caracterizado por desafíos interconectados que abarcan desde la escasez de recursos hídricos, que impacta igualmente en la escasez energética y alimentaria, las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) emergen como un enfoque integral y eficaz para abordar estos problemas en armonía con el entorno natural. Sin embargo, es crucial reconocer que no podemos depender únicamente de las SbN para resolver por completo estos desafíos. En lugar de eso, debemos adoptar un enfoque

holístico que combine la implementación de SbN con un sistema de gestión hídrica integral que aborde múltiples aspectos de la problemática.

En este sentido, destacamos la importancia de la reutilización del agua y el uso de organismos manipulados genéticamente en la búsqueda de soluciones. La reutilización del agua, en el marco de una economía circular, no solo contribuye a la conservación de este recurso vital, sino que también puede mitigar la presión sobre los ecosistemas hídricos y reducir la demanda de agua dulce. En cuanto al uso de organismos manipulados genéticamente, es importante reconocer su potencial para mejorar la eficiencia en la producción agrícola y la seguridad alimentaria, así como la reducción del consumo de agua, fertilizante y plaguicida (que de nuevo contaminarían las aguas subterráneas). Sin embargo, esta práctica debe ser abordada con cautela y mediante un enfoque basado en la ciencia y la ética, asegurando que los beneficios superen cualquier posible impacto negativo en los ecosistemas y la salud humana.

A pesar de la diversidad de enfoques mencionados, las SbN juegan un papel esencial en cada uno de ellos al contribuir al nexo agua-energía-alimentación (WEF). En el ámbito de la reutilización del agua, las SbN pueden ayudar a mejorar la calidad del agua tratada y a reducir la carga de contaminantes, además de optimizar el gasto energético y revalorizar subproductos. En el caso de la agricultura, las SbN pueden complementar estas prácticas al conservar y restaurar la biodiversidad en paisajes agrícolas, prevenir la erosión del suelo y mantener la salud de los ecosistemas circundantes.

En definitiva, el enfoque integral de las Soluciones basadas en la Naturaleza es fundamental para abordar los desafíos interrelacionados que enfrenta nuestro mundo actual. Si bien es necesario combinar este enfoque con otras estrategias, las SbN desempeñan un papel esencial en la protección de los recursos hídricos, la optimización energética y el uso sostenible en la agricultura. Con una planificación cuidadosa y un compromiso sólido, podemos lograr un equilibrio entre el desarrollo humano y la preservación de la naturaleza, asegurando un futuro más resiliente y sostenible para las generaciones venideras.

II. Marco teórico.

En el presente apartado, abordaremos el análisis de las distintas definiciones establecidas para las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), examinando su interrelación y las implicaciones que conllevan para la investigación, la práctica ambiental y las políticas relacionadas. En primera instancia, nos enfocaremos en cómo las SbN se vinculan y fundamentan en conceptos preexistentes, explorando otras aproximaciones y estrategias que también se orientan hacia la resolución de desafíos ambientales y sociales.

En segundo lugar, identificaremos cómo las SbN se aplican en la práctica. En este contexto, propondremos una definición global que pueda guiar la efectiva implementación de intervenciones basadas en las SbN, con el objetivo de abordar una amplia gama de desafíos ambientales.

En última instancia, el análisis de los grados de intervención de las SbN, así como la conceptualización de los organismos manipulados genéticamente (OMG) como posible parte de las SbN, resultan fundamentales para avanzar hacia una gestión más efectiva y armoniosa de los recursos naturales, garantizando un futuro más próspero, acorde a los desarrollos en innovación y equitativo para las generaciones futuras.

2.1. Las diferentes definiciones de las soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) surgen como una estrategia para restaurar y/o emular la naturaleza, aumentando la resiliencia humana, del ecosistema y de la infraestructura ante los impactos climáticos. Esta definición es la que establece el Instituto de estudios ambientales y energéticos¹⁹, en consonancia con una visión basada en la resiliencia, como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de una amenaza de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas²⁰.

El concepto de resiliencia, es asumido en el Acuerdo de París²¹, adoptado en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de 1992, en el que se establece el objetivo de fortalecer la capacidad de adaptación de los países²² y mejorar la resiliencia de las comunidades y ecosistemas²³ frente a los efectos adversos del cambio climático²⁴. De igual manera, en su art. 9 e) se aboga por la diversificación económica y la gestión sostenible de los recursos naturales como medio para lograr la resiliencia socioeconómica y ecológica²⁵. Algo que, sin lugar a dudas, puede alcanzarse con la aplicación de las soluciones basadas en la naturaleza.

¹⁹ ENVIRONMENTAL AND ENERGY STUDY INSTITUTE. *Fact Sheet - Nature as Resilient Infrastructure - An Overview of Nature-Based Solutions*. Recuperado en: [Fact Sheet | Nature as Resilient Infrastructure – An Overview of Nature-Based Solutions | White Papers | EESI](#) (último acceso el 12 de julio de 2023).

²⁰ Consultado en: www.unisdr.org/we/inform/terminology (último acceso el 13 de julio de 2023).

²¹ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC). Acuerdo de París. Recuperado de: [Acuerdo de París - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - EUR-Lex \(europa.eu\)](#) (último acceso el 13 de julio de 2023).

²² Véase artículo 7.1 del Acuerdo de París: “1. Por el presente, las Partes establecen el objetivo mundial relativo a la adaptación, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura que se menciona en el artículo 2”.

²³ Véase artículo 8.4. h) del Acuerdo de París: “4. Por consiguiente, las esferas en las que se debería actuar de manera cooperativa y facilitativa para mejorar la comprensión, las medidas y el apoyo podrán incluir: (...) h) La resiliencia de las comunidades, los medios de vida y los ecosistemas”.

²⁴ Véase artículo 2b) del Acuerdo de París: “b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos”.

²⁵ Véase artículo 9 e) del Acuerdo de París: “e) El aumento de la resiliencia de los sistemas socioeconómicos y ecológicos, en particular mediante la diversificación económica y la gestión sostenible de los recursos naturales”.

Asimismo, tanto el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres de 2015²⁶, que aborda la resiliencia en un contexto más amplio en su Prioridad Tercera; las diversas Estrategias y planes nacionales de adaptación al cambio climático, en los que se establecen medidas y acciones específicas para fortalecer la resiliencia de los sistemas naturales y socioeconómicos; así como los Informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC); mencionan las opciones de adaptación y la importancia de la resiliencia para hacer frente a las consecuencias climáticas.

Por otro lado, las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) engloban una amplia gama de medidas y enfoques que tienen el potencial de enriquecer y complementar las infraestructuras tradicionales, conocidas como “grises”. En algunas ocasiones, se han establecido proyectos integrando infraestructura “gris” y “verde” como el proyecto de Central Arkansas Water²⁷, en el que se utilizaron ambas para restaurar los bosques y mejorar, así, la calidad y suministro de agua (con la mejora de tuberías). CAW, fue la empresa pública encargada de emitir bonos verdes para su financiación, puesto que el bosque reduce los costos de tratamiento del agua, proporcionando filtración natural, evitando la erosión, la carga de sedimentos, y disminuyendo la escorrentía con contaminantes²⁸.

A criterio de NESSHÖVER²⁹ en 2017, al contrario de lo que argumentó en 2015 desde un prisma antropocéntrico del medio ambiente y la biodiversidad³⁰, el enfoque de las SbN se aparta de una visión antropogénica, adoptando un paradigma en el cual se reconoce que la naturaleza puede ofrecer soluciones a los desafíos gubernamentales y transformarlos en oportunidades³¹. La citada investigación destaca la importancia de considerar el potencial de la naturaleza como proveedora de soluciones y no dejar todo en manos de los avances tecnológicos del progreso humano. Esta mirada holística e integradora reconoce la interdependencia entre los sistemas humanos y naturales, y busca establecer un equilibrio que promueva la sostenibilidad a largo plazo.

Otra de las notas características del concepto de SbN es la relativa a su impacto en la triple vertiente; económica, social y ambiental. Así, la doctrina³² define las SbN como

²⁶ Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Recuperado de: [Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 \(unisdr.org\)](https://www.unisdr.org/) (último acceso el 13 de julio de 2023).

²⁷ ELECTRONIC MUNICIPAL MARKET ACCESS (EMMA), *Improvement and Refunding Water Revenue Bonds*. Central Arkansas Water, Arkansas Capital, Series 2020C (Green Bonds).

²⁸ MARSTERS, L., MORALES, G., OZMENT, S., SILVA, M., WATSON, G., NETTO, M., y FRISARI, G.L., (2021). *Nature-Based Solutions in Latin America and the Caribbean: Financing Mechanisms for Regional Replication*, Inter-American Development Bank and World Resources Institute. Washington, DC, pág. 18.

²⁹ NESSHÖVER, C., et. al., (2017). “The science, policy, and practice of nature-based solutions ...” op. cit., págs. 1215-1227.

³⁰ NESSHÖVER, C., PRIP, C., WITTMER, H., (2015). “Biodiversity governance: a global perspective from the Convention on Biological Diversity”, en GASPARTOS, A., WILLIS, K.J. (Eds.), *Biodiversity in the Green Economy*. Routledge, London, págs. 289-308.

³¹ DÍAZ, S., DEMISSEW, S., CARABIAS, J., JOLY, C., LONSDALE, M., ASH, N., et al., (2015). “The IPBES conceptual framework - connecting nature and people”, en *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 14, págs. 1-16.

³² HAASE, D., SCHWARZ, N., STROHBACH, M., & WOLFF, M. (2017). “Citizen Science and the role of naturalness in fostering place attachment in urban rivers capes”, en *Sustainability Science*, 12(6), 887-898.

soluciones vivas inspiradas en la naturaleza, que la utilizan y se apoyan en ella, para hacer frente a diversos retos ambientales de una manera eficiente y para proporcionar simultáneamente beneficios económicos, sociales y medioambientales.

Como podemos apreciar, no existe una definición universal para las soluciones basadas en la naturaleza; las organizaciones las definen de diferentes formas y emplean distintas terminologías, puesto que existen diversos enfoques según el grado de intervención, el tipo de ingeniería utilizada y el número de partes interesadas a las que se dirige³³.

Entre las definiciones y enfoques más citados y, por lo tanto, considerados relevantes en la literatura, se encuentran aquellos propuestos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Comisión Europea. Estas definiciones ofrecen una amplitud que permite diferentes interpretaciones y aplicaciones en el contexto de las soluciones basadas en la naturaleza³⁴. La Comisión Europea ha adoptado una visión amplia fundamentándose en las notas conceptuales anteriormente citadas, considerándolas como “soluciones a desafíos a los que se enfrenta la sociedad que están inspiradas y respaldadas por la naturaleza; que son rentables y proporcionan a la vez beneficios ambientales, sociales y económicos, y ayudan a aumentar la resiliencia”³⁵.

En línea con lo establecido en el art. 8.4. del Acuerdo de París, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el World Bank Group y el World Resources Institute (WRI), las definen como “acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados que aborden eficazmente y de manera adaptativa los desafíos de la sociedad, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad”.

Por lo tanto, las SbN deben fomentar la generación de biodiversidad y la prestación de determinados servicios ecosistémicos, orientando el debate hacia la integración de aspectos sociales, como el bienestar humano, la reducción de la pobreza, el desarrollo socioeconómico y los principios de gobernanza.

En la misma línea, The Nature Conservancy, organización ambiental global americana fundada en 1591³⁶, afirma que las soluciones basadas en la naturaleza son “soluciones de proyectos motivadas y respaldadas por la naturaleza que también pueden ofrecer beneficios ambientales, económicos y sociales, al tiempo que aumentan la resiliencia. Las soluciones basadas en la naturaleza incluyen tanto la infraestructura verde como la infraestructura natural”.

³³ EGGERMONT, H., et al., (2015). “Nature-based solutions: New influence for Environmental Management and Research in Europe”, en *GAIA Ecological Perspectives for Science and Society*, págs. 243-248.

³⁴ NESSHÖVER, C. et al, (2017). “The science, policy, and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective”, op. cit., págs. 1215-1227.

³⁵ Consultado en: [ThinkNature | Platform for Nature-Based Solutions \(think-nature.eu\)](https://think-nature.eu) (último acceso el 12 de Julio de 2023).

³⁶ The Nature Conservancy. Consultado en: [TNC en América Latina \(nature.org\)](https://nature.org), (último acceso el 12 de julio de 2023).

2.2. Otros enfoques de gestión.

Además del concepto de soluciones basadas en la naturaleza, diversos organismos americanos utilizan términos análogos como la “gestión basada en ecosistemas” de la Oficina de Gestión Costera de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) como aquella “gestión integral que reconoce la gama completa de interacciones dentro de un ecosistema y que trabaja en sectores para gestionar especies y hábitats, actividades económicas, usos conflictivos y la sostenibilidad de los recursos”. Igualmente, encontramos el concepto de “Ingeniería natural” o “Engineering with nature”, utilizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos y que representa la alineación intencional de procesos naturales e ingenieriles para ofrecer de manera eficiente y sostenible beneficios económicos, ambientales y sociales a través de la colaboración.

Por otro lado, hallamos el concepto de Ingeniería Ecológica y de Ingeniería de Sistemas de Captación, que junto con la Infraestructura Verde/Azul representan enfoques específicos para abordar problemas particulares relacionados con el uso de los recursos hídricos. Estas aproximaciones buscan aplicar alternativas naturales que complementen la infraestructura basada en tecnología, lo que las convierte en aplicaciones de Soluciones basadas en la Naturaleza.

Los sistemas de captación son una versión de SbN, ya que ambos se enfocan en abordar los desafíos sociales de los recursos hídricos, sin embargo los primeros se enfocan específicamente en el trabajo a escala de cuenca y en la manipulación de procesos hidrológicos para beneficiar a los humanos. Por ejemplo, la Ingeniería de Sistemas de Captación puede contribuir a reducir el riesgo de inundación al controlar el flujo de agua en una cuenca mediante la creación o restauración de estanques, humedales y barreras permeables. Al trabajar en armonía con los procesos naturales, se obtienen múltiples beneficios adicionales, como la mejora de la calidad del agua al reducir la contaminación difusa³⁷. También la vegetación se ha utilizado para mitigar la inestabilidad de las laderas, reduciendo así varios problemas ecológicos y humanos³⁸.

El concepto de SbN se construye y respalda de otros conceptos estrechamente relacionados, como; (i) el enfoque ecosistémico; (ii) los servicios ecosistémicos; (iii) la adaptación/mitigación basada en ecosistemas, y; (iv) la infraestructura verde y azul. Todos reconocen la importancia de la naturaleza y requieren un enfoque sistémico desde la comprensión de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, incluidas las acciones humanas y sus consecuencias.

³⁷ WILKINSON, M., QUINN, P., BARBER, N., JONCZYK, J., (2014). “A framework for managing runoff and pollution in the rural landscape using a catchment systems engineering approach”, en *Sci. Total Environ.* 468, págs. 1245-1254.

³⁸ STOKES, A., DOUGLAS, G.B., FOURCAUD, T., GIADROSSICH, F., GILLIES, C., HUBBLE, T., et al., (2014). “Ecological mitigation of hillslope instability: ten key issues facing researchers and practitioners”, en *Plant Soil*, 377, pp. 1-23.

En primer lugar, entendemos como enfoque ecosistémico la implementación de metodologías científicas, basadas en ecosistemas, enfocadas en los diferentes niveles de organización biológica que abarcan los procesos, funciones e interacciones entre los organismos y su entorno. No equivale a SbN, pero sus principios se pueden utilizar en el diseño de SbN para mejorar la gama de las partes involucradas y equilibrar sus intereses³⁹. En el informe “Enfoque ecosistémico” del PNUMA/CBD, 2000, se establecen 12 principios complementarios e interconectados, que guían las acciones en la gestión del agua, entre otras⁴⁰. Como ejemplo, la gestión de cuencas hidrográficas es un enfoque holístico para la gestión del agua que considera la cuenca hidrográfica como un sistema único. Esto implica trabajar con las comunidades locales para identificar y abordar los problemas de gestión del agua, como la erosión, la contaminación, la escasez de recursos y seguridad alimentaria al proporcionar agua para el riego y la producción agrícola⁴¹.

En cuanto a los servicios ecosistémicos (SSEE), se definen como “los vínculos entre las estructuras de los ecosistemas y el funcionamiento de los procesos y los resultados consiguientes que conducen directa o indirectamente a beneficios para el bienestar humano (ganancias o pérdidas)”⁴². Incluyen servicios de aprovisionamiento (por ejemplo, alimentos y agua), servicios culturales (p. ej., posibilidades de recreación, turismo, sentido del lugar), servicios regulatorios (p. ej., protección contra inundaciones o erosión, regulación del clima) y servicios de apoyo (p. ej., formación del suelo o ciclo de nutrientes para favorecer la seguridad alimentaria).

Como ejemplos concretos de SSEE, nos encontramos con la Planificación para la gestión de áreas protegidas bajo el marco de servicios ecosistémicos en Doñana, (España), así como la restauración del sistema fluvial en Vitoria-Gasteiz a lo largo de una de las principales arterias urbanas de la ciudad, mejorando su sistema de alcantarillado y mejorando su resiliencia ecológica. Esta restauración del río disminuirá los flujos de aguas pluviales y evitará que el agua de lluvia limpia ingrese al sistema de alcantarillado⁴³. Los conceptos de servicios ecosistémicos (SSEE) pueden ser una excelente manera de considerar soluciones durante el diseño y la evaluación de sistemas de nanobiotecnología (SbN).

³⁹ NESSHÖVER, et al., (2017). “The science, policy, and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective”, *op. cit.*, pp. 1215-1227.

⁴⁰ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, PNUMA/CBD. 2000. *Enfoque ecosistémico. Decisiones adoptadas por la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica en su Quinta Reunión*, Nairobi, 15-26 de mayo de 2000, págs. 103-109.

⁴¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), 2016. *Gestión de cuencas hidrográficas: una guía para la gestión integrada de los recursos hídricos*.

⁴² TURNER, R., DAILY, G., (2008). “The ecosystem services framework and natural capital conservation”, en *Environmental and Resource Economics* 39, págs. 25-35.

⁴³ KOPPERONEN, L., ITKONEN, P., NIEMELA, J., (2014). “Using expert knowledge in combining green infrastructure and ecosystem services in land use planning: an insight into a new place-based methodology”, en *Landsc. Ecol.* 29, pp. 1361-1375.

La estrategia de adaptación/mitigación basada en ecosistemas (en adelante, “EBA”, por sus siglas en inglés) se define por la doctrina⁴⁴ como las políticas y medidas para abordar los impactos del cambio climático utilizando los servicios de los ecosistemas. La EBA se puede aplicar a la gestión del agua de diversas maneras. Un ejemplo es restaurar los bosques ribereños para proteger los ríos y arroyos de la erosión, la sedimentación y la contaminación. La reforestación es otro ejemplo. Reforestar las cuencas hidrográficas para capturar el carbono del aire y mejorar la calidad del agua. También forman parte de esta estrategia la construcción de presas de tierras y otras estructuras para almacenar agua durante la temporada de lluvias y liberarla durante la temporada de sequía, el desarrollo de sistemas de riego más eficientes para reducir el desperdicio de agua, o la educación y concienciación sobre la importancia de la conservación de los recursos hídricos para nuestro bienestar y seguridad alimentaria⁴⁵.

La infraestructura verde/azul se define por la Comisión Europea⁴⁶ como “una red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, planificada de forma estratégica, diseñada y gestionada para la prestación de una extensa gama de servicios ecosistémicos. Incorpora espacios verdes (o azules en el caso de los ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos de espacios terrestres (incluidas las zonas costeras) y marinos. En los espacios terrestres, la infraestructura verde está presente en los entornos rurales y urbanos”. Además, pueden incluir, áreas protegidas terrestres, márgenes de campo en tierras agrícolas intensivas, ecoductos y túneles para animales, parques y techos verdes en ciudades. La infraestructura azul (relacionada con el agua) incluye áreas costeras, ríos, lagos, humedales, pero también elementos diseñados como canales artificiales, estanques, depósitos de agua, estanques y tanques de retención, así como redes de aguas residuales urbanas.

La distinción entre estos enfoques radica en la idea de que las SbN son consideradas explícitamente como alternativas y opciones frente a la infraestructura creada por el ser humano, la cual a menudo requiere grandes inversiones en materiales y energía. Al optar por aplicaciones basadas en la naturaleza, se promueve una visión más sostenible y eficiente en la gestión de los recursos naturales, permitiendo una mayor resiliencia y coexistencia armoniosa entre la sociedad y el medio ambiente.

2.3. Elementos clave para la puesta en práctica de las SbN.

La integración de las Soluciones basadas en la naturaleza (SbN) requiere considerar aspectos institucionales y políticas existentes, como la ordenación del territorio, la

⁴⁴ VIGNOLA, R., LOCATELLI, B., MARTINEZ, C., IMBACH, P., (2009). “Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists?”, en *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* 14, págs. 691-696.

⁴⁵ GREENFACTS. “Consenso científico sobre cambios en los ecosistemas”. EM 2005. Recuperado de: [Cambios en los ecosistemas - PDF Free Download \(docplayer.es\)](#) (último acceso el 19 de julio de 2023).

⁴⁶ COMISIÓN EUROPEA, 2013. Communication from the Commission to the European Parliaments, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green Infrastructure (GI), Enhancing Europe's Natural Capital {COM (2013) 249 final}, Bruselas, pág. 3.

evaluación ambiental, financiación e incentivos económicos⁴⁷, como analizaremos en apartados posteriores. Es fundamental que las SbN se presenten como alternativas viables y sostenibles en comparación con otras soluciones no basadas en la naturaleza, para asegurar su aceptación y adopción.

Para ello, es esencial definir claramente qué se considera una SbN y qué características deben cumplir. Además, debemos establecer los pasos y procesos para su implementación, desde la fase de diseño hasta su puesta en práctica. De esta manera, podremos aprovechar plenamente el potencial de las mismas. Así, una de las características fundamentales del concepto es su enfoque ecosistémico, la necesidad de que contribuyan a la preservación de los ecosistemas y presenten beneficios para la biodiversidad, como apunta la UICN, y algunos autores como NESSHÖVER.

Este carácter tiene su justificación en el origen del concepto de las SbN, puesto que inicialmente surgieron como una forma de identificar acciones de conservación que contribuyeran directamente a los objetivos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) de 1992. Por ello, el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica en 1993 (en adelante “CDB”), manifestó este enfoque, estableciendo el principio fundamental de que la conservación de la biodiversidad y el bienestar humano están estrechamente relacionados con la existencia de ecosistemas naturales funcionales y resilientes, formando parte indisoluble de la definición de SbN.

Como apunta REY MELLADO⁴⁸, el respaldo al enfoque ecosistémico se confirmó en la 13ª Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, celebrada en 2016, en la que se reconoció que estos enfoques son “técnicamente factibles, políticamente deseables, socialmente aceptables, económicamente viables y beneficiosos”. Además, se destacó que la implementación y la inversión en estos enfoques están experimentando un aumento tanto a nivel internacional como nacional⁴⁹.

En base a este enfoque, el Programa Mundial 2013-2016⁵⁰ de la IUCN 2012, pone en valor el poder de los ecosistemas saludables, diversos y bien gestionados como base en la aplicación de soluciones prácticas basadas en la naturaleza a los problemas globales. Además, nos instruye en las implicaciones de las SbN en campos como el cambio climático, la seguridad alimentaria, el desarrollo social y económico (pág. 1).

⁴⁷ BARTON, D.N., RING, I., RUSCH, G.M., (2014), “Policyscapes. Natur-based policy mixes for biodiversity conservation and ecosystem services provision”, en *Policy Brief*, núm. 2. POLICYMIX Project, Trondheim.

⁴⁸ REY MELLADO, R., (2022). *Las soluciones basadas en la naturaleza como instrumentos de intervención en las ciudades ante los retos del cambio climático*. Tesis doctoral. Universidad CEU San Pablo. Escuela internacional de Doctorado. Madrid, pág. 86.

⁴⁹ CDB COP. (2016). Decisión XIII/20: Enfoque ecosistémico. Recuperado de: [Conference of the Parties \(COP\) \(cbd.int\)](https://www.cbd.int/cop13/decisions/dec13_20.html) (último acceso el 13 de julio de 2023).

⁵⁰ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, IUCN. 2012. *Programa de la UICN 2013-2016*, Adoptado por el Congreso Mundial de la Naturaleza de la UICN, septiembre de 2012, pág. 16.

También su Anexo I, págs. 24 y 25, se refiere a su enfoque subyacente que involucra la aplicación proactiva de la gestión sostenible y la conservación de los recursos naturales, en respuesta a los desafíos globales más apremiantes, como la seguridad alimentaria, la reducción del riesgo de desastres y el impulso de la economía.

Así mismo, nos ofrece unos principios orientativos a modo de guía sobre el tipo de intervenciones que podrían (o no deberían) considerarse como una solución basada en la naturaleza:

1. SbN son aquellas que utilizando la naturaleza, buscan una solución efectiva a un desafío global importante, que no esté directamente relacionado con la pérdida de biodiversidad.
2. La intervención proporciona beneficios para la biodiversidad en términos de ecosistemas diversos y bien gestionados.
3. La intervención es rentable en relación con otras soluciones.
4. La justificación detrás de la intervención se puede comunicar de manera fácil y convincente.
5. La intervención se puede medir, verificar y replicar.
6. La intervención respeta y refuerza los derechos de las comunidades sobre los recursos naturales.
7. La intervención aprovecha fuentes de financiación tanto públicas como privadas (Anexo 1, p. 24-25).

Destacamos otra de las características de las SbN centrada en la participación ciudadana, ya que aporta una perspectiva valiosa sobre los servicios ecosistémicos y los grupos afectados en un territorio concreto. Según CABALLERO-SERRANO⁵¹, la percepción ciudadana proporciona información clave sobre los servicios que brindan los distintos ecosistemas en un territorio concreto, conociendo la cultura y necesidades sociales inherentes.

Igualmente, la Dirección General de Investigación e Innovación de la Unión Europea⁵², evidenció el poder de las mismas para fortalecer la cohesión comunitaria y la participación de la sociedad, al reconectar a las personas con la naturaleza y promover una mayor conciencia ambiental.

Para completar el Programa 2013-2016, la IUCN desarrolló el Estándar Global sobre Soluciones Basadas en la Naturaleza⁵³ en 2020. Este estándar proporciona criterios adicionales para la protección, restauración y gestión de los ecosistemas, como:

⁵¹ CABALLERO-SERRANO, V., et al. (2017). "Social Perceptions of Biodiversity and Ecosystem Services in the Ecuadorian Amazon", en *Human Ecology*, 45 (4), págs. 475-486.

⁵² Comisión Europea 2015a. Hacia una agenda política de investigación e innovación de la UE para soluciones basadas en la naturaleza y Re-Ciudades Naturales. Informe final del Grupo de expertos de Horizonte 2020 sobre "Soluciones basadas en la naturaleza" y Ciudades renaturalizadas. Dirección General de Investigación e Innovación.

⁵³ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, IUCN. 2020a. *Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, el diseño y la extensión de SbN. Primera edición. Gland, Suiza: UICN*, pág. 6 y ss.

- Criterio 1: Identificar el problema social al que las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) darán respuesta, asegurando que se diseñen para satisfacer las necesidades del bienestar humano.
- Criterio 2: Guiar el diseño de las SbN considerando aspectos espaciales y adoptando un enfoque de paisaje.
- Criterios 3, 4, 5: Asegurar que las SbN sean ambientalmente sostenibles, socialmente equitativas y económicamente viables, cumpliendo con las tres dimensiones del desarrollo sostenible.
- Criterio 6: Equilibrar las compensaciones inherentes a las decisiones relacionadas con la gestión de las SbN, considerando los intereses a corto y largo plazo.
- Criterio 7: Promover un enfoque de gestión adaptativa, en el cual el aprendizaje y la acción se complementen para mejorar las propuestas de SbN.
- Criterio 8: Fomentar la integración de las SbN en la política nacional, lo cual es fundamental para garantizar su sostenibilidad y durabilidad a largo plazo.

Como complemento para la aplicación práctica de esta publicación, el estudio “Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza”⁵⁴ de la UICN, proporciona 8 criterios y 28 indicadores que facilitan la verificación, diseño y ampliación de estas soluciones, ofreciendo un marco práctico y fácil de usar⁵⁵. Por ello, antes de elaborar un catálogo de SbN que reviertan en beneficios sociales, económicos y ambientales en el enfoque hídrico, conviene analizar las características que estas acciones deben cumplir y el enfoque que debemos mantener para ser consideradas como tales.

En líneas similares, el proyecto “Conectando la Naturaleza de la Unión Europea”⁵⁶ establece que para determinar si una intervención puede considerarse como una solución basada en la naturaleza, se deben tener en cuenta cinco preguntas que aseguren un enfoque equilibrado y de múltiples beneficios:

1. ¿Utiliza la naturaleza o procesos naturales?
2. ¿Proporciona o mejora beneficios sociales?
3. ¿Proporciona o mejora beneficios económicos?
4. ¿Proporciona o mejora beneficios ambientales?
5. ¿Tiene un beneficio neto para la biodiversidad?

Estas preguntas ayudan a evaluar si una intervención cumple con los criterios necesarios para ser considerada una solución basada en la naturaleza, asegurando que se aprovechen

⁵⁴ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, IUCN. 2020b. *Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of Nature-based Solutions*, primera edición, Gland, Switzerland: IUCN, págs. 16 y ss.

⁵⁵ Consultado en MITECO, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: [Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco fácil de usar para la verificación, diseño y ampliación de las soluciones basadas en la naturaleza \(miteco.gob.es\)](https://miteco.gob.es) (último acceso el 13 de julio de 2023).

⁵⁶ Connecting Nature. (s.f.). *Nature-Based Solutions Explained*. Recuperado de <https://connectingnature.eu/nature-based-solutions-explained> (último acceso el 23 de agosto de 2023).

los recursos naturales de manera sostenible y se obtengan beneficios significativos en términos sociales, económicos, ambientales y de conservación de la biodiversidad.

2.4. Propuesta de definición global.

Como hemos observado, las SbN no cuentan con una definición única que englobe todos los caracteres del concepto. Esta flexibilidad puede entrañar el riesgo de desaprovechar oportunidades para mejorar la gestión de los recursos hídricos⁵⁷ por lo que, se necesita una formulación que recoja todos los caracteres comentados y que pueda estimular la innovación⁵⁸.

Caracteres esenciales de las SbN	Notas
Uso de la naturaleza o procesos naturales	Las soluciones basadas en la naturaleza aprovechan la naturaleza y el poder de los ecosistemas saludables ⁵⁹ .
Preservan la diversidad biológica y cultural	Proporcionan simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad.
Proporciona o mejora beneficios sociales, ambientales y económicos	Las SbN deberán ser ambientalmente sostenibles, socialmente equitativas y económicamente viables, cumpliendo con las tres dimensiones del desarrollo sostenible ⁶⁰ .
Ayudan a aumentar la resiliencia	Capacidad de resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos del cambio climático.
Promueven servicios ecosistémicos a largo plazo	Beneficios que se obtienen de los ecosistemas como la purificación del

⁵⁷ WAYLEN, K., HASTINGS, E., BANKS, E., HOLSTEAD, K., IRVINE, R., BLACKSTOCK, K., (2014). "The need to disentangle key concepts from ecosystem-approach jargon", en *Conserv. Biol.* 28, págs. 1215-1224.

⁵⁸ ABSON, D., VON WEHRDEN, H., BAUMGÄRTNER, S., FISCHER, J., HANSPACH, J., HÄRDLE, W., et al., (2014). "Ecosystem services as a boundary object for sustainability", en *Ecol. Econ.* 103, págs. 29-37.

⁵⁹ Consultado en: [Soluciones basadas en la naturaleza | IUCN](#) (último acceso el 13 de julio de 2023).

⁶⁰ Las tres vertientes del desarrollo sostenible, también conocidas como los tres pilares del desarrollo sostenible, se mencionaron por primera vez en el informe "Nuestro futuro común" (Our Common Future), publicado en 1987 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas. Este informe, también conocido como "Informe Brundtland", fue presidido por la Dra. Gro Harlem Brundtland y estableció la definición más ampliamente aceptada de desarrollo sostenible como "satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades". En este, se destacó la importancia de abordar de manera equilibrada los aspectos económicos, sociales y ambientales del desarrollo para lograr la sostenibilidad a largo plazo. Desde entonces, la noción de desarrollo sostenible y sus tres vertientes se han convertido en un marco fundamental para la planificación y la gestión en busca de un futuro más sostenible.

	agua, ciclo de nutrientes o aprovisionamiento de alimentos ⁶¹ .
Fomentan la participación de las comunidades en la gestión de los recursos naturales.	Participación ciudadana como clave en la aplicación de las SbN.

Fuente: Elaboración propia.

En vista a lo anterior, se propone la siguiente definición, que englobe los elementos esenciales de las diversas definiciones existentes, y que también refleje las pautas generales de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) relativas a su diseño e implementación:

“Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son enfoques y acciones que se inspiran y respaldan en la naturaleza para hacer frente a desafíos socioambientales de manera adaptativa y sostenible a largo plazo. Estas soluciones buscan promover la resiliencia humana, del ecosistema y de la infraestructura ante los impactos del cambio climático, al tiempo que integran aspectos sociales, económicos y ambientales. Representan un enfoque innovador que se basa en la protección, gestión y restauración de los ecosistemas naturales o modificados, con el objetivo de proporcionar servicios ecosistémicos, fomentar la biodiversidad y mejorar el bienestar humano. Deben ser rentables en relación con otras soluciones, comunicarse de manera fácil y convincente, además de ser medibles, verificables y replicables. Finalmente, deben diseñarse e implementarse de tal manera que respeten y refuercen los derechos de las comunidades sobre los recursos naturales, garantizar la participación ciudadana, el uso inteligente de recursos naturales e ingenieriles, y su integración en las políticas nacionales”.

2.5. Categorías y clasificación.

El Congreso Nacional de Medio Ambiente de 2018 (CONAMA 20-30)⁶² destacó, entre otros, los desafíos existentes en torno a la seguridad alimentaria y la disponibilidad de los recursos hídricos, estableciendo como alternativa a la confianza exclusiva en soluciones tecnológicas, la gestión integral de los sistemas socio-ecológicos a fin de mantener y potenciar los servicios ecosistémicos (SSEE). Hasta el momento, la mayoría de los estudios sobre SSEE tienden a enfocarse en uno o unos pocos servicios específicos⁶³.

Sin embargo, se debe adoptar una visión más holística que considere el concepto de Capital Natural, puesto que los ecosistemas están interconectados y ofrecen una gama diversa de beneficios. El término de “capital” se define como “las tierras y aguas de la

⁶¹ Ecosistemas y bienestar humano. Marco para la evaluación. Consultado en: Bienestar humano y servicios ecosistémicos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). [Microsoft Office Word - Document in Microsoft Internet Explorer \(millenniumassessment.org\)](#) (último acceso el 13 de julio de 2023).

⁶² CONGRESO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE (CONAMA). *Soluciones basadas en la naturaleza Grupo de trabajo GT-10*. Fundación Conama, 2018, pág. 6.

⁶³ ABSON, D., VON WEHRDEN, H., BAUMGÄRTNER, S., FISCHER, J., HANSPACH, J., HÄRDITZLE, W., et al., (2014). “Ecosystem services as a boundary object for sustainability”, en *Ecol. Econ.* 103, págs. 29-37.

Tierra y su biodiversidad”⁶⁴, mientras que otras definiciones incluyen únicamente componentes geológicos y biofísicos⁶⁵.

Existen varios enfoques de las SbN inspirados en los SSEE, que hemos ampliado con determinadas acciones referentes a la gestión de los recursos hídricos:

Categoría de enfoques de SbN	Ejemplos en la gestión eficiente de los recursos hídricos y energéticos
Enfoques de restauración de ecosistemas	Restauración ecológica; Ingeniería ecológica; Restauración del paisaje forestal.
Enfoques relacionados con ecosistemas específicos de la problemática	Mitigación basada en los ecosistemas; Servicios de adaptación climática; Reducción del riesgo de desastres basada en los ecosistemas.
Mitigación basada en los ecosistemas	Reducción del riesgo de desastres basada en los ecosistemas
Enfoques relacionados con la infraestructura	Infraestructura natural; Infraestructura verde
Enfoques de gestión basados en el ecosistema	Gestión integrada de los recursos hídricos
Enfoques de protección del ecosistema	Enfoques de conservación basados en áreas que incluyen el manejo de áreas protegidas.

Categorías de enfoques de SbN (basado parcialmente en Cohen-Shacham, et al., 2016⁶⁶)

2.5.1. Soluciones Basadas en la Naturaleza y Economía Circular.

La reutilización del agua emerge como una piedra angular en la gestión hídrica y la economía circular, presentando un nuevo enfoque a los anteriores que revoluciona la manera en que aprovechamos los recursos naturales.

El concepto de economía circular se encuentra definido en la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular como; “sistema económico en el que el valor de los productos, materiales y demás recursos de la economía dura el mayor tiempo posible, potenciando su uso eficiente en la producción y el consumo, reduciendo de este modo el impacto medioambiental de su uso, y reduciendo al mínimo

⁶⁴ DAILY, G.C., KAREIVA, P., POLASKY, S., RICKETTS, T.H., TALLIS, H., (2011). “Mainstreaming natural capital into decisions”, en KAREIVA, P., TALLIS, H., RICKETTS, T.H., DAILY, G.C., POLASKY, S. (Eds.), *Natural Capital, Theory & Practice of Mapping Ecosystem Services*. Oxford University Press, Oxford, UK, págs. 3-14.

⁶⁵ Natural Capital Coalition (2016), Webpage: What is Natural Capital? Natural Capital Coalition, London, UK.

⁶⁶ COHEN-SHACHAM, E., WALTERS, G., JANZEN, C. AND MAGINNIS, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*, Gland, Switzerland: IUCN, 97 páginas.

los residuos y la liberación de sustancias peligrosas en todas las fases del ciclo de vida, en su caso mediante la aplicación de la jerarquía de residuos”.

En este contexto, la reutilización del agua no será abordada como una Solución basada en la Naturaleza en sí misma, sino como el núcleo fundamental de una cadena de economía circular. En esta perspectiva, se utilizarán las Soluciones basadas en la Naturaleza de manera estratégica para enriquecer y mejorar la calidad del agua, optimizar el uso de energía asociado y, a la vez, revalorizar los subproductos y residuos generados. Por ejemplo, se explorará la posibilidad de emplear lodos de depuradora en procesos que potencien su valor como recursos, en sintonía con los principios de la economía circular.

El paradigma de economía circular aplicado a la gestión hídrica constituye un marco económico que aspira a eliminar residuos y mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible mediante la reutilización y el eco-diseño de infraestructuras. Su objetivo principal es la transición hacia una economía no lineal, cerrando los ciclos hídricos y reduciendo la dependencia del agua como recurso finito, lo cual se traduce en una maximización de la eficiencia y una minimización de los impactos ambientales.

Ambas perspectivas, economía circular y SbN, se enmarcan dentro del concepto más amplio de economía verde, tal como lo define el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 2011. La economía verde se caracteriza por mejorar el bienestar humano y la igualdad social, mientras que se reducen significativamente los riesgos medioambientales y la escasez ecológica. De hecho, los informes del PNUMA sobre la economía verde, como el Informe Global sobre la Economía Verde de 2011, resaltan su impacto social, proyectando la creación de 26 millones de empleos en todo el mundo para 2030, así como su impacto económico, con un crecimiento global estimado de un 0,8% al año.

En este contexto, la reutilización del agua establece una sinergia con las SbN para optimizar el uso de los servicios ecológicos y la conservación de los recursos hídricos. Además, promueve la reducción de la sobreexplotación de acuíferos, la mejora de la productividad de los vertidos, la eliminación de la contaminación por vertidos al dominio público y la garantía de caudales ecológicos⁶⁷.

2.6. Grados de intervención de las SbN.

Una vez que hemos definido el enfoque específico de SbN necesario para nuestro proyecto o acción, diversos autores, como LE ROUX⁶⁸, así como el propio el informe del CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente) de 2018, han establecido tres grados

⁶⁷ MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A., (2023). *La Economía Circular y el sector del agua en España, op. cit.*, pág. 49.

⁶⁸ LE ROUX, X., EGGERMONT, H., LANGE, H. & BIODIVERSA PARTNERS, (2016). *The BiodivERSA strategic research and innovation agenda 2017-2020. Biodiversity: a natural heritage to conserve, and a fundamental asset for ecosystem services and Nature-based Solutions tackling pressing societal challenges*, BiodivERSA, 86 págs. Recuperado de: <https://www.biodiversa.org/990/download>.

de intervención de SbN⁶⁹, clasificándolas en: intervención mínima, intervención media y gestión extensiva de ecosistemas.

Estas categorías reflejan distintos niveles de intervención en los ecosistemas, desde un enfoque más pasivo y respetuoso con el entorno natural hasta estrategias más activas que implican una creación o restauración más extensa de los ecosistemas. Cada tipología tiene sus ventajas y se adapta a diferentes contextos y necesidades, permitiendo una gestión más eficiente y adaptada a los desafíos particulares que enfrentamos en la gestión de los recursos hídricos.

Sin embargo, proponemos la adaptación de estas tres tipologías a la gestión eficiente del agua:

1.- Preservación de los Ecosistemas (PAE): Estrategia viable para la gestión hídrica, que busca mantener y mejorar los Servicios Ecosistémicos (SSEE) con una intervención mínima, lo que va más allá de la simple conservación y se enfoca en lograr un equilibrio entre el uso sostenible de los recursos hídricos y la protección de la biodiversidad.

Un ejemplo concreto que ilustra esta visión es el concepto de Reservas de la Biosfera, que abarca zonas especialmente protegidas para la conservación de la naturaleza, junto con áreas de transición y zonas de amortiguamiento donde las comunidades locales desarrollan actividades sostenibles. Estas áreas pueden incluir la restauración de humedales, la protección de cuencas hidrográficas y la promoción de prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente, lo que contribuye a una gestión hídrica más armoniosa y sostenible.

2.- Gestión Integral de los Ecosistemas: Se trata de una visión avanzada que desarrolla ecosistemas y paisajes multifuncionales, adoptando enfoques tanto extensivos como intensivos. Este enfoque busca armonizar las actividades económicas con los procesos naturales que ocurren en el entorno⁷⁰.

Un ejemplo concreto es la implementación de prácticas de agroforestería, que combinan la producción agrícola con la siembra de árboles y vegetación diversa. Esta técnica no solo mejora la calidad del suelo y protege los recursos hídricos, sino que también proporciona hábitats para la fauna y promueve una mayor biodiversidad. Además, la agroforestería puede ser beneficiosa para las comunidades locales al proporcionar alimentos y recursos naturales, al tiempo que disminuye la presión sobre los ecosistemas naturales.

3.- Gestión Extensiva de los Recursos Hídricos: Se concentra en la creación y/o modificación de ecosistemas para promover la sostenibilidad hídrica en diversas áreas, tanto urbanas como rurales. Implica la restauración de los espacios naturales, a fin de

⁶⁹ CONGRESO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE (CONAMA). *Soluciones basadas en la naturaleza Grupo de trabajo GT-10*. Fundación Conama, 2018, pág. 11.

⁷⁰ EGGERMONT, H., et al., (2015), "Nature-based solutions: New influence for Environmental Management and Research in Europe", *op. cit.*, págs. 243-248.

revitalizar áreas degradadas o contaminadas, y fomentar la presencia de espacios verdes, en busca de un entorno más saludable y resiliente para las comunidades locales.

Aunque la creación de corredores verdes, suele tener un enfoque más urbano, en la Gestión Extensiva de Ecosistemas en el contexto hídrico, se aplican estrategias específicas para restaurar cuencas hidrográficas, humedales y áreas ribereñas. Esto incluye la reintroducción de especies clave, revegetación de márgenes y la implementación de técnicas de restauración hidrológica.

La gestión hídrica sostenible y multifuncional también tiene un importante papel en la mejora de la calidad de vida de las poblaciones locales, al proporcionar acceso a agua limpia y segura, y alentar actividades turísticas centradas en la naturaleza.

2.7. SbN y organismos manipulados genéticamente (OMG).

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) representan un desafío en cuanto al uso de organismos y procesos manipulados genéticamente (OGM), así como a la utilización de desarrollos biomiméticos.

Por una parte, los desarrollos biomiméticos son enfoques y procesos de diseño que se inspiran en la naturaleza para resolver problemas y desarrollar tecnologías, productos o sistemas.

Así, por ejemplo, se han creado sistemas de drenaje urbano que imitan la capacidad de filtración y retención de humedales y bosques, reduciendo el riesgo de inundaciones y contaminación, o sistemas de filtración de agua inspirados en los procesos naturales de purificación, mejorando la calidad del agua potable y reduciendo la necesidad de tratamientos químicos. Ejemplos más conocidos pueden ser las aplicaciones inspiradas en los nanopelos de la flor de loto, dando lugar a tejidos repelentes a líquidos o el Proyecto Bosque del Sáhara imitando la interdependencia de un ecosistema para la reducción casi completa de residuos y cultivo de alimentos en ambientes desérticos, entre otros.

La biomimética también se aplica en la gestión de cuencas hidrográficas, buscando soluciones que imiten los mecanismos naturales de manejo del agua para evitar la degradación del suelo, la erosión y mejorar la retención y distribución del agua. Se ha desarrollado un ingenioso invento de generación de agua dulce que utiliza membranas especialmente diseñadas para capturar de manera continua la humedad presente en el ambiente. Este innovador enfoque toma inspiración de las estructuras tejidas por las arañas, cuya habilidad para atrapar gotas de rocío y partículas de agua ha sido emulada con maestría por los científicos detrás de este proyecto⁷¹. Estas soluciones no toman su base en recursos naturales *per se*, pero se inspiran en ellos para crear obras de ingeniería o diseños capaces de reproducir los servicios ecosistémicos.

⁷¹ Consultado en: [El invento español que extrae agua potable del aire: la misión de este ingeniero de 82 años \(elespanol.com\)](https://elespanol.com) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

Sin embargo, el debate deviene en si los organismos modificados genéticamente (OMG) pueden considerarse como soluciones basadas en la naturaleza, y cuál es el concepto de “naturaleza” o “natural”.

Para abordar estos desafíos, es necesario definir el marco regulador de los OMG. En primer término, la Comisión Europea ha proporcionado una definición (Anexo I, pág. 24) que engloba muchos ejemplos de SbN, que “implican la aplicación innovadora del conocimiento sobre la naturaleza, inspirada y respaldada por la naturaleza, y mantienen y mejoran el capital natural”. Es decir, deja la puerta abierta a la innovación inspirada en la naturaleza o con soporte en ella como pueden ser los procesos de modificación genética.

Sin embargo, en esta misma definición se excluyen “los métodos que alteran artificialmente la naturaleza, como los organismos genéticamente modificados”⁷². Sin embargo, ¿no altera igualmente la naturaleza mediante un enfoque o tipología de SbN extensiva empleando tecnología o infraestructura gris?

Esta diversidad en la definición podría no ser problemática siempre que se justifique y se interprete claramente en cada caso particular, como así sucede con las regulaciones europeas sobre OMG y su enfoque “caso por caso”.

Los OMG se encuentran regulados, por un lado, por la Directiva 98/81/CE del Consejo, de 26 de octubre de 1998, relativa a la utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente (que deroga la Directiva 90/219/CEE, de 23 de abril de 1990), que los define como⁷³: “Cualquier microorganismo cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en el apareamiento o la recombinación natural (...)”.

Con arreglo a esta definición y la disposición de su Anexo I, se produce una modificación genética siempre que se utilice la técnica de recombinación del ácido nucleico que genere combinaciones nuevas de material genético mediante la incorporación a un organismo hospedador en el que no se encuentren de forma natural pero puedan seguir reproduciéndose, entre otras. En este sentido, debemos diferenciar el concepto “transgénico” y “OMG”, que suelen utilizarse indistintamente. Los organismos modificados genéticamente (OMG) son aquellos cuyo ADN ha sido alterado artificialmente, pero puede realizarse con diversos métodos que, no solo implican la introducción de material genético, sino también mediante inactivación de genes o con la activación de los existentes con propiedades inesperadas⁷⁴.

⁷² COMISIÓN EUROPEA. 2015b. Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions & Re-naturing Cities - Final Report of the Horizon 2020 Expert Group. European Commission, Directorate General for Research and Innovation, Brussels, pág. 24.

⁷³ Véase art. 2 de la Directiva 98/81/CE del Consejo, de 26 de octubre de 1998, relativa a la utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente.

⁷⁴ Consultado en: [La diferencia entre organismo modificado genéticamente y un transgénico \(genotipia.com\)](http://La_diferencia_entre_organismo_modificado_geneticamente_y_un_transgenico_(genotipia.com)) (último acceso el 25 de agosto de 2023).

El término “transgénico”, engloba a los organismos en los cuales se ha introducido ADN externo, exógeno, en su genoma original. Esta distinción es crucial, ya que aunque todos los transgénicos son OMG, no todos los OMG son necesariamente transgénicos. El término “transgénico” se aplica a los organismos genéticamente modificados mediante la introducción de genes de especies no relacionadas. Esto implica que genes de una planta u organismo no emparentado se insertan en la planta receptora (por ejemplo, de un pez). Las secuencias reguladoras, que controlan la actividad de los genes, también pueden ser de origen diferente al organismo donante⁷⁵.

Por otra parte, el - relativamente nuevo - término “cisgénico”, hace referencia a los organismos modificados genéticamente al introducir genes de un organismo donante que es sexualmente compatible con el receptor. La tecnología de edición genética “CRISPR/Cas9”⁷⁶ representa una alternativa que no implica la creación de organismos transgénicos, ya que incorporan fragmentos de ADN de su misma especie en su genoma mediante ingeniería genética, permitiendo cortar y pegar genes de manera precisa⁷⁷. Opera de manera similar a cómo editamos un documento en un procesador de texto, seleccionamos el lugar exacto donde queremos hacer el corte y, entre esos puntos, insertamos un fragmento de ADN que tiene los mismos extremos, pero un contenido diferente en el centro. Esta secuencia de ADN insertada puede ser diseñada según distintas necesidades y objetivos; para agregar nuevo material genético o, incluso silenciar el existente⁷⁸.

Un ejemplo ilustrativo de esta tecnología es la modificación de cultivos para hacerlos más resistentes a enfermedades, plaguicidas o condiciones ambientales adversas, como las sequías. A pesar de que se produce la manipulación genética por medio de la introducción de genes, hay determinadas diferencias que han propiciado un cambio en la normativa en países como EEUU, puesto que no se comportan como los transgénicos y no comportan un ADN extraño. Sin embargo, la tecnología fundamental necesaria para desarrollar tanto plantas cisgénicas como transgénicas es la misma y se enfrentan a los desafíos principales de los OMG.

A nivel estatal, los OMG (y por tanto, transgénicos y cisgénicos) se regulan en la Ley 9/2003, de 25 de abril que regula el uso confinado, la liberación voluntaria y la comercialización de OMG y; el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, que aprueba el Reglamento General para su desarrollo y aplicación. Esta legislación establece las autorizaciones para la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de los OMG, analizando cada caso de forma individual. Es decir, se analiza cuidadosamente cada OMG por separado para comprender y mitigar sus posibles impactos negativos, y

⁷⁵ Consultado en: [¿Qué es la Cisgénesis? ¿Es menos peligrosa que la transgénesis? Boletín N° 461 de la RALLT | Biodiversidad en América Latina \(biodiversidadla.org\)](#) (último acceso el 25 de agosto de 2023).

⁷⁶ Consultado en: [Alimentos cisgénicos | APSAL - Asociación Profesionales de Salud y Alimentos](#) (último acceso el 25 de agosto de 2023).

⁷⁷ MURRAY J.D, MAGA, E.A., (2016). “Genetically engineered livestock for agriculture: a generation after the first transgenic animal research conference”, en *Transgenic Research*. Volumen 25, número 3 páginas 321-327.

⁷⁸ Consultado en: [Crispr/Cas9, la técnica que permite cortar y pegar genes como en un Word | Sobre La Tierra \(uba.ar\)](#) (último acceso el 23 de agosto de 2023).

no se otorga autorización de una fase posterior hasta no verificar que se cumplen todos los requerimientos.

La Ley 9/2003 define los OMG como aquellos organismos “con excepción de los seres humanos, cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en el apareamiento o en la recombinación natural, siempre que se utilicen las técnicas que reglamentariamente se establezcan”, pero a pesar de ello, desde algunos sectores se solicita una distinción entre los términos “transgénico” y “cisgénico” a nivel autorización, algo que impactaría en una posible diferenciación en su apreciación como SbN.

Precisamente por su carácter artificial, se aplican los principios de prevención y cautela en las actividades relacionadas. Estos principios buscan evitar posibles efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente que puedan derivar de la manipulación genética, bajo la base de autorizaciones para la realización de actividades de utilización confinada de riesgo moderado o alto⁷⁹, la liberación voluntaria de OMG con fines distintos a su comercialización, así como para la comercialización de estos o de productos que los contengan.

Ahora bien, si las SbN pueden apoyarse parcial o totalmente en tecnología sin dejar su esencia “natural”, combinarse con acciones ingenieriles en pro de la defensa, conservación o restauración del medio natural, e incluso aplicarse con un enfoque de intervención extensivo modificando plenamente los ecosistemas.

¿Por qué no se regula debidamente el concepto de SbN para dejar entrada a aquellos OMG que no constituyen riesgo inicial y están exceptuados de la normativa para sus autorizaciones?

Por ejemplo, el artículo 9 de la Ley 9/2003 nos recuerda que solo se someterán a autorización para la utilización confinada, las actividades de riesgo moderado o alto, o las de bajo riesgo cuando la Administración competente solicite información adicional que no se haya proporcionado o cuando se modifiquen las condiciones de la utilización confinada propuesta. Por otro lado, el art. 11 establece que queda prohibido restringir, impedir o prohibir la comercialización de OMG o de productos que los contengan, que hayan sido autorizados por otros Estados miembros.

¿Quiere decir que podemos importar un cisgénico pero no producirlo, cuando puede ser beneficioso para la optimización de los recursos en la agricultura y evitar la contaminación de las aguas?

Además, se garantiza que el público sea consultado antes de autorizar actividades de uso confinado, liberación voluntaria o comercialización de OMG o productos que los contengan⁸⁰, algo que no sucede en la práctica con las SbN como veremos en puntos

⁷⁹ Véase art. 7-9 de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente.

⁸⁰ Véase art. 20 de la Ley 09/2003, de 25 de abril.

posteriores. Los ciudadanos también tienen acceso a información sobre las liberaciones o comercializaciones aprobadas, lo que permite una mayor involucración y conciencia ciudadana en este ámbito regulado que puede ser una herramienta útil para la gestión hídrica, por ejemplo en el sector agrícola y la creación de biofertilizantes que reduzcan el uso de químicos, nitratos, metales pesados y otros compuestos contaminantes del agua.

El Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, excluye de su ámbito de aplicación la modificación genética obtenida por “técnicas de mutagénesis o de fusión (incluida la de protoplastos) de células vegetales”. También se excluyen las técnicas de fertilización “in vitro”, conjugación, transducción, transformación o cualquier otro proceso natural.

De estas exclusiones podemos concluir que la normativa rechaza que los OMG puedan tener una concepción “natural”, como es lógico. Sin embargo, las Soluciones basadas en la naturaleza (SbN) ofrecen una flexibilidad conceptual que les permite apoyarse en tecnología, siempre que prevalezca sobre el sentido antropogénico. Ante esta versatilidad y variedad de aproximaciones, surge la interrogante sobre la regulación adecuada del concepto de SbN.

¿Y si usáramos SbN clonadas? ¿Hablaríamos de lo mismo? La clonación animal es una técnica nueva en la producción de alimentos.

Por consiguiente, actualmente los alimentos derivados de clones de animales entran dentro del ámbito de aplicación del Reglamento sobre nuevos alimentos, algo que no ocurre con las semillas cisgénicas, por lo que deben seguir las autorizaciones y prohibiciones para su producción, pero – recordemos - no para la comercialización. Algo que es completamente incoherente.

Una regulación adecuada y bien fundamentada permitiría ampliar el alcance de las SbN, asegurando que tanto las intervenciones naturales como las tecnológicas puedan coexistir para abordar los desafíos ambientales de manera más efectiva y sostenible. Además, brindaría oportunidades para aprovechar al máximo el potencial de los OMG y otras tecnologías que podrían contribuir significativamente a la conservación y restauración de los recursos hídricos. Sin embargo, esta regulación debería ser cuidadosamente elaborada, tomando en cuenta las consideraciones éticas, científicas y de protección del medio ambiente, para garantizar que las acciones realizadas sean seguras y respetuosas con los valores fundamentales de la naturaleza y la sociedad.

III. Régimen jurídico.

3.1. Marco normativo de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

El rol fundamental de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para el agua se evidencia en la consecución de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, donde su

Objetivo 6 reconoce la importancia de garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento.

3.1.1. Las SbN y su conexión con la normativa de aguas.

A. Directiva Marco del Agua.

La Directiva 2000/60/CE⁸¹, también conocida como Directiva Marco del Agua (DMA), nos anuncia en su Preámbulo el problema base de la creciente presión que supone el “continuo crecimiento de la demanda de agua de buena calidad en cantidades suficientes (...) así como la necesidad de tomar medidas para proteger las aguas comunitarias tanto en términos cualitativos como cuantitativos”.

Además, hace referencia a la calidad de las aguas subterráneas y a su conectividad global con otros ecosistemas al indicar que “el estado cuantitativo de una masa de agua subterránea puede tener repercusiones en la calidad ecológica de las aguas superficiales y de los ecosistemas terrestres asociados con dicha masa de agua subterránea”.

Respecto al nexo WEF, su Considerando (16) nos anunciaba la necesidad de integrar la protección y la gestión sostenible del agua en otros ámbitos políticos comunitarios, tales como las políticas en materia de energía, agricultura, pesca, política regional y turismo, sentando las bases desde la Perspectiva del desarrollo territorial europeo. También nos alienta a enfocar el nexo “water-energy-food” (WEF) como un entorno mucho más amplio que comienza desde la protección de los recursos hídricos en la misma cuenca, pasando por el ciclo circular de su reutilización, y el importante papel en la agricultura evidenciado por datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

En este sentido, la doctrina⁸² ha proyectado un incremento en la demanda global de agua destinada al riego para el año 2050, entre un 23% y un 42% por encima del nivel registrado en 2010. Paralelamente, la FAO⁸³ ha estimado un aumento de aproximadamente un 5,5% en las extracciones para el período 2008-2050. A este respecto, y debido al enfoque holístico del nexo WEF, la DMA menciona que la “política de aguas (...) debe tener en cuenta la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos situados cerca de las costas y los estuarios o en golfos o mares relativamente cerrados, puesto que el equilibrio de todas estas zonas depende en buena medida de la calidad de las aguas

⁸¹ Véase Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Recuperada de: [BOE.es - DOUE-L-2000-82524 Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.](https://boe.es/boe/L-2000-82524-Directiva_2000/60/CE_del_Parlamento_Europeo_y_del_Consejo_de_23_de_octubre_de_2000_por_la_que_se_establece_un_marco_comunitario_de_actuacion_en_el_ambito_de_la_politica_de_aguas/) (último acceso el 01 de agosto de 2023).

⁸² BUREK, et. al., (2016). *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg, Austria, pág. 41.

⁸³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), 2011a. *El estado de los recursos mundiales de tierra y agua para la agricultura y la alimentación: manejar los sistemas en riesgo*, Londres. Recuperado de: www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf (último acceso el 02 de agosto de 2023).

continentales que fluyen hacia ellas. La protección del estado de las aguas en las cuencas hidrográficas proporcionará beneficios económicos (...)»⁸⁴.

De acuerdo con el Considerando (23), la necesidad de proteger la conexión entre ecosistemas y la importancia de los humedales, repercute y ayuda en la consecución de una buena calidad de las aguas; “proteger los ecosistemas acuáticos así como los ecosistemas terrestres y los humedales que dependen directamente de ellos (...)”. Aunque esto, desde la perspectiva de las SbN consideramos que no es exactamente así, puesto que son las masas de agua subterránea y superficial las que dependen, aunque estén interrelacionadas, del buen funcionamiento de los humedales⁸⁵.

Aunque la DMA esté enfocada en evitar la contaminación del agua desde la reducción (pero no desde la eliminación) progresiva de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias, menciona la posibilidad de aplicar medidas complementarias especificadas en su Anexo VI, Parte B y que incluyen (aunque sin denominarlas como tal) algunas SbN como; la nueva creación y restauración de humedales, el fomento de una producción agrícola adaptada, como cultivos de bajas necesidades hídricas en zonas afectadas por la sequía y técnicas de riego economizadoras de agua.

Además, nos aporta interesantes estrategias para gestionar la regulación de las SbN en nuestro ordenamiento jurídico. Conforme a sus preceptos⁸⁶, la consecución del buen estado de las aguas se debe realizar desde cada cuenca hidrográfica, con el fin de armonizar las medidas destinadas tanto a las aguas superficiales como a las aguas subterráneas pertenecientes a un mismo sistema ecológico, hidrológico e hidrogeológico. Este enfoque integrador debe adoptarse a la hora de regular las SbN, así como garantizar la coherencia y la coordinación entre las estrategias europeas y los planes nacionales de gestión entre las diferentes administraciones competentes⁸⁷.

Lo que sí está claro es que la DMA es muy versátil para la adopción de las SbN como medidas para invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración de cualquier contaminante de los recursos hídricos⁸⁸, puesto que se basan en “no contaminar más” o no resultar de su aplicación consecuencias negativas, como dispone el art. 11.6 de la DMA.

La integración de consideraciones relacionadas con las SbN en la gestión de las cuencas hidrográficas se presenta como un enfoque para mejorar la calidad del agua, al mitigar los efectos de las presiones hidromorfológicas y reducir las consecuencias de eventos extremos como inundaciones y sequías. Adicionalmente, ofrecen opciones económicamente viables para mejorar la aplicación de la Directiva sobre la protección de

⁸⁴ Véase Considerando (17) de la Directiva 2000/60/CE (DMA).

⁸⁵ Véase art. 1 de la Directiva 2000/60/CE (DMA).

⁸⁶ Véase Considerando (33) de la Directiva 2000/60/CE (DMA).

⁸⁷ Consultado en: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Consejo Económico y Social Europeo y el Comité de las Regiones. Una estrategia de la UE sobre la adaptación al cambio climático. COM (2013) 216 final. 2013, Bruselas. Recuperado de: eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301 (último acceso el 01 de agosto de 2023).

⁸⁸ Véase arts. 4.b (iii) y 11.2c) de la Directiva 2000/60/CE (DMA).

las aguas subterráneas⁸⁹ y la Directiva relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

B.- Directiva 2006/118/CE, sobre protección de las aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas son la principal fuente de suministro de agua potable y deben ser protegidas de modo que se evite el deterioro en su calidad⁹⁰, para reducir el nivel de tratamiento de purificación necesario según los apartados 2 y 3 del artículo 7 de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua (DMA).

La disponibilidad de agua (particularmente, la escasez) está influenciada por la calidad del agua. Por ejemplo, la mejora de la calidad del agua permite su reutilización previo tratamiento de purificación⁹¹, haciendo del ciclo del agua un sistema circular que comienza con la aplicación de SbN desde la cuenca para poder obtener sus beneficios en consumo humano y agricultura.

La Directiva 2006/118/CE, no regula de forma expresa el concepto de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), pero indica en su Anexo II, Parte A que se deberán tomar en consideración, para establecer los valores umbral de contaminación de las aguas subterráneas, aspectos como sus interacciones con los ecosistemas acuáticos asociados, así como los ecosistemas terrestres que dependen de ellas, y las características hidrogeológicas de las masas de agua. Evidentemente, como indica MOLINA GIMÉNEZ⁹², la mayor dificultad de regeneración de las aguas subterráneas, se une a los problemas de intrusión marina en el litoral (la explotación intensiva de acuíferos costeros provoca el desplazamiento hacia el continente de la interfaz agua dulce/agua salada), la gran importancia del regadío en España, unida a la extensión territorial que abarca, hace que la contaminación derivada de la agricultura sea la principal causa del deterioro ambiental de las aguas subterráneas.

Es importante reseñar que la falta de resiliencia territorial y la urbanización irresponsable sobre áreas naturales de evacuación puede llevar a la alteración del flujo natural del agua y la acumulación de contaminantes⁹³, ante la incapacidad de ciertas áreas para enfrentar y adaptarse a los cambios, actuando *contra natura*. A este respecto, la DMA indica que, a la hora de la protección de los recursos hídricos, debemos tener en cuenta las

⁸⁹ Véase Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006 relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

⁹⁰ Véase Considerandos (2) y (3) de la Directiva 2006/118/CE, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

⁹¹ WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París, UNESCO. Pág. 43. Recuperado de: [Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2020: agua y cambio climático - UNESCO Biblioteca Digital](#) (último acceso el 25 de agosto de 2023).

⁹² MOLINA GIMÉNEZ, A. "La protección jurídica de las aguas subterráneas ante pesticidas y nitratos", en IAgua. Consultado en: [La protección jurídica de las aguas subterráneas ante pesticidas y nitratos | iAgua](#) (último acceso: 25 de agosto de 2023).

⁹³ RIBAS PALOM, A., SAURÍ PUJOL, D., (2022). "Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategias en la gestión del riesgo de inundación", en *Cuadernos de Geografía 108-109*, València, págs. 819-832.

condiciones de escorrentía natural del agua⁹⁴ dentro del ciclo hidrológico, pero parece que se nos olvida (y a la normativa también) la escorrentía artificial o provocada por este tipo de factores, incluida la agricultura intensiva, y es algo que debe reflejarse.

El abuso de regadío en zonas inapropiadas puede ocasionar un uso ineficiente de los recursos hídricos y una mayor lixiviación de contaminantes hacia las aguas subterráneas. Así, el art. 30 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, establece que “el Ministerio de Medio Ambiente impulsará, (...) la limitación del empleo de especies vegetales fuertemente demandantes de agua (...).

Al hilo de la protección de las aguas subterráneas, la Directiva 2006/118/CE fomenta, en su artículo 6, la utilización de las mejores prácticas conocidas, entre ellas, las mejores prácticas ambientales y técnicas disponibles, con el fin de alcanzar el objetivo de prevenir o limitar las entradas de contaminantes en las aguas subterráneas, lo que daría posibilidad a la implementación de las SbN y su aplicación más amplia en la Política Agraria Común (PAC). Este objetivo se establece de acuerdo con el inciso i) de la letra b) del apartado 1 del Artículo 4 de la Directiva 2000/60/CE (DMA).

La Directiva se destaca por su flexibilidad en la incorporación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). Esto se evidencia en el artículo 6, el cual exime a los Estados miembros de la obligación de prevenir la contaminación de aguas subterráneas cuando esta sea resultado de acciones en aguas superficiales, con el propósito de mitigar efectos de inundaciones y sequías, así como para la gestión de aguas y cursos internacionales. Esta disposición no solo es aconsejable en términos de SbN, sino que se vuelve una necesidad apremiante. Estas actividades, que engloban diversas acciones como corte, dragado, traslado y almacenamiento de los sedimentos presentes en las aguas superficiales, se llevarán a cabo en el marco de este enfoque normativo.

En tal sentido, la incorporación de las SbN emerge como una estrategia clave y pertinente para salvaguardar la calidad y el equilibrio de las aguas subterráneas, sin menoscabo de la gestión de las aguas superficiales y su utilización para enfrentar desafíos relacionados con inundaciones y sequías.

C.- Directiva 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas para consumo humano.

Es imperativo contextualizar la identificación de un sector poblacional que, como se ha observado en la Iniciativa Popular “Right2Water”⁹⁵, confronta la carencia de acceso a suministros de agua aptos para el consumo humano⁹⁶. Esta circunstancia adquiere una dimensión aún más relevante al considerar que el acceso a agua de calidad, no solo es un componente esencial para la salud pública, sino que también está en consonancia con el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6 de la Agenda 2030 establecido por las Naciones Unidas.

⁹⁴ Véase Considerando (34) de la Directiva 2000/60/CE.

⁹⁵ Consultado en: [SEC-17-001 success story right2water ES.pdf \(europa.eu\)](#) (último acceso el 02 de agosto de 2023).

⁹⁶ Véase art. 16 de la Directiva (UE) 2020/2184.

A ello se suma, la creciente inquietud respecto a las repercusiones sobre la salud de la presencia en agua para consumo humano de ciertos compuestos emergentes como los que poseen propiedades de alteración endocrina, productos farmacéuticos y microplásticos, así como la necesidad de examinarlos e incorporarlos a una “lista de observación” en la actual Directiva.

En el art. 13.8 se establece la obligatoriedad de implementar medidas preventivas, medidas de atenuación o un control adecuado en las zonas de captación de aguas, para evitar su contaminación con estos compuestos. Aunque, lo cierto, es que, resulta esencial abordar estos problemas desde varias perspectivas; mediante la aplicación de SbN, al ser necesarias para cumplir los objetivos de la Directiva (UE) 2020/2184, y; con la gestión integral de los recursos hídricos. Esta gestión integral del agua se manifiesta en el Considerando (15) de la Directiva (UE) 2020/2184 al establecer que los métodos para detectar factores de riesgo en aguas para consumo humano, no pueden limitarse al control en los puntos de origen, sino mediante la aplicación de un método integral que cubra toda la cadena de suministro hídrica, desde la zona de captación, extracción, tratamiento, almacenamiento y distribución hasta el punto de cumplimiento.

Esta Directiva es una oportunidad para regular las SbN desde un punto de vista amplio, como medida eficaz para el cumplimiento de sus objetivos, en concreto lo definido en el art. 9.3. e) al indicar que es posible usar químicos y sistemas de filtración para purificar el agua antes de que podamos beberla. Sin embargo, deben ser efectivos, seguros y manejados de manera adecuada, por lo que los materiales y medios de filtración utilizados en el sistema de suministro y que entran en contacto con aguas destinadas al consumo humano deben cumplir unos mínimos higiénicos⁹⁷, como: a) no poner en peligro, directa ni indirectamente, la protección de la salud humana; b) no afectar negativamente al color, el olor o el sabor del agua; c) no favorecer la proliferación microbiana, y; d) no filtrar contaminantes en el agua en niveles superiores a lo necesario para el fin previsto de dicho material.

El art. 4 establece que las medidas a adoptar para que las aguas para consumo humano sean salubres y limpias, no pueden permitir, directa o indirectamente, el deterioro de la calidad actual de las aguas ni aumentar su contaminación, en consonancia con las características de las SbN.

Además, se deberán conseguir los requisitos que marca el Anexo I, Parte C, puesto que la seguridad de las aguas destinadas al consumo humano no solo implica la ausencia de sustancias y microorganismos nocivos, sino también la presencia de una cantidad determinada de minerales naturales y elementos esenciales, que se pueden obtener mediante la aplicación de SbN. En esta línea, el uso prolongado de agua desmineralizada o de agua muy pobre en elementos esenciales como el calcio y el magnesio puede poner en peligro la salud humana. También es esencial que el agua contenga una cantidad determinada de dichos minerales para que no sea ni agresiva ni corrosiva. En este caso,

⁹⁷ Véase arts. 11 y 12 de la Directiva (UE) 2020/2184.

las SbN, como la filtración natural a través de humedales, o incluso el uso de lodos de depuradora en la agricultura, podrían ayudar a mantener los minerales necesarios en el agua de manera sostenible.

Si tenemos en cuenta lo que indica el Considerando (48), “A fin de adaptar la presente Directiva al progreso científico y técnico (...)”, no cabe duda que debe adaptarse no solo con tecnología, sino con innovación basada en la naturaleza.

D.- Directiva 2006/7/CE, de 15 de febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño.

A pesar de no mencionar las SbN, presenta una gran versatilidad a la hora de la inclusión en su articulado para prevenir la contaminación de aguas destinadas a estos otros usos.

Dentro del ámbito del tratamiento de aguas residuales, se aplican igualmente soluciones de infraestructura verde innovadoras que destacan por sus beneficios multidimensionales, así como por su demostrada eficacia y rentabilidad⁹⁸. Así, por ejemplo, los humedales artificiales integrados, un ejemplo de infraestructura verde, pueden contribuir a la consecución de los objetivos de las políticas de la UE en los ámbitos del tratamiento de aguas residuales y la protección de las aguas de baño. Estas iniciativas exhiben un potencial considerable para abordar de manera integral los desafíos de la gestión sostenible del recurso hídrico. Por consiguiente, merecen ser objeto de una atención y respaldo ampliados en el marco de la planificación y ejecución de políticas y programas afines que posteriormente analizaremos.

E.- Reforma legislativa de la Ley de Aguas (TRLA).

Como establece el Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España (LVGA)⁹⁹, la Ley de Aguas de 1985 (Ley 29/1985) se modificó para alinearse con la nueva realidad política y administrativa del derecho comunitario. Esta adaptación conllevó la adopción de un nuevo objetivo: la salvaguardia del medio ambiente (artículos 13.3 y 38.1). No obstante, a lo largo del tiempo, la Ley de 1985 sufrió diversas enmiendas que culminaron en la consolidación del Texto Refundido de la Ley de Aguas de 2001 (TRLA).

En este contexto, es evidente la necesidad de llevar a cabo una reforma que no solo aborde las deficiencias existentes, sino que sea una herramienta eficaz para la aplicación de las SbN, como:

- Definición y Reconocimiento de las SbN:

⁹⁸ COMISIÓN EUROPEA, 2013. Communication from the Commission to the European Parliaments, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital {COM (2013) 249 final}, Bruselas, pág. 7.

⁹⁹ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. Libro Verde titulado: *Gobernanza del Agua: Hacia una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Unión Europea*, pág. 19.

Incluir una definición clara y precisa de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en la Ley, reconociendo su valor como enfoque para la gestión sostenible del agua y la consecución de los objetivos medioambientales de su art. 92bis.

- **Incorporación de las SbN en la Planificación:**

Establecer la integración de las SbN en los procesos de planificación hidrológica y en la elaboración de los planes hidrológicos de demarcación, concretamente en el contenido establecido en el art. 42 TRLA.

Por otro lado, determinados conceptos incluidos en Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional (LPH) y, que trascienden de su propio objeto¹⁰⁰, deberían formar parte de la Ley de Aguas como; normativa específica sobre sequías, acuíferos compartidos entre varias cuencas hidrográficas, reservas ambientales, información hidrológica o especificaciones sobre los caudales ecológicos. Como dato a mejorar, el concepto de sequía y su regulación prácticamente carecen de mención en el Texto Refundido de la Ley de Aguas. También debería integrar la definición precisa sobre los caudales ecológicos y su relación con las SbN a fin de determinar su medición e incidencia en los mismos para su condicionamiento.

La legislación del agua debe hacer referencia a la utilización de recursos no convencionales para la protección de los recursos hídricos, como son la desalinización y reutilización, así como las Soluciones basadas en la Naturaleza, para alcanzar sus objetivos y principios rectores del art. 14¹⁰¹. Mientras que el Libro Verde de la Gobernanza del Agua propone la redacción de un nuevo artículo 13.7¹⁰², consideramos que introducir las SbN dentro del artículo dedicado a la “desalación” no es el lugar más adecuado.

- **Priorización en la Gestión:**

Establecer criterios para priorizar el uso de SbN en la gestión del agua, especialmente en áreas donde las soluciones naturales puedan ofrecer ventajas frente a enfoques convencionales. En este contexto, sería posible evitar la aplicación de los artículos 100 y siguientes del TRLA al categorizar la recarga artificial de acuíferos como vertido, ya que mediante la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), dicha acción podría llevarse a cabo de manera natural y sostenible.

Por otro lado, determinadas acciones como el objetivo de la Ley de recoger las normas básicas de protección¹⁰³, la obligación de no alterar los cauces privados en detrimento del interés público¹⁰⁴, las zonas de policía de las riberas y sus usos¹⁰⁵, los trabajos de protección de márgenes o medidas de protección de masas de agua subterránea en riesgo

¹⁰⁰ Véase arts. 1 a 13 del TRLA.

¹⁰¹ Art. 14.3 TRLA: “Compatibilidad de la gestión pública del agua con la ordenación del territorio, la conservación y protección del medio ambiente y la restauración de la naturaleza”.

¹⁰² Véase página 41.

¹⁰³ Véase art. 2 del TRLA.

¹⁰⁴ Véase art. 5.2. del TRLA.

¹⁰⁵ Véase art. 6 del TRLA.

de no alcanzar el buen estado cuantitativo o químico (art. 56 TRLA), pueden adaptarse al empleo de SbN para la preservación de las masas de agua.

Asimismo, la gestión de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) debe ser completamente integrada con otras políticas sectoriales, tal como lo prescribe el artículo 11 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE). Así, por ejemplo, en el art. 11 del TRLA se establece que los Organismos de cuenca tienen la responsabilidad de proporcionar información pertinente sobre avenidas a las Administraciones competentes en ordenación del territorio y urbanismo. Esta colaboración posibilitará la inclusión efectiva de la información en la planificación del suelo, especialmente en las decisiones relacionadas con los usos en zonas propensas a inundaciones. Si bien es cierto que la Ley de Aguas (TRLA) indica que “la política del agua está al servicio de las estrategias y planes sectoriales”¹⁰⁶, se trata de una subordinación mejorable.

Por otro lado, no se ha alcanzado la integración completa desde la Ordenación del Territorio. Como se ha visto, la legislación de aguas mantiene el enfoque de cuenca en su integridad¹⁰⁷, algo que no sucede en los usos del suelo, y en políticas como el urbanismo, donde se llevan a cabo únicamente a una sola escala: administración correspondiente (como el municipio o la comunidad autónoma)¹⁰⁸, aunque se pretenda garantizar la unidad interadministrativa con artículos como el 41.4; “Los planes hidrológicos se elaborarán en coordinación con las diferentes planificaciones sectoriales que les afecten (...)”.

- Fomento de la Restauración de ecosistemas:

Promover la restauración y conservación de ecosistemas acuáticos y terrestres que contribuyan al ciclo hidrológico y mejoren la calidad del agua, mediante la reforma de determinadas exenciones de autorización de uso. En este sentido, el art. 54.2 TRLA otorga a los titulares de los predios la posibilidad de aprovechar aguas de manantial y subterráneas, cuando el volumen total anual no sobrepase los 7.000 metros cúbicos.

En estos casos, podría ser una buena puerta de entrada para condicionar su aplicación, sin mediar autorización administrativa, al empleo de SbN para mejorar la calidad y disposición del recurso. Sin embargo, al no constituir masas de agua relevantes, podría reformarse el art. 79.3 TRLA para promover un sistema simplificado de autorizaciones en estos casos.

- Actualización del régimen concesional:

Por otro lado, respecto a las concesiones, el art. 55.2 condiciona o limita el uso del dominio público hidráulico para garantizar su explotación racional, pero sin aclarar que la disponibilidad de caudales está limitada por causas naturales o puede ser mejorada con SbN. Se asume la responsabilidad de los titulares, estableciendo indemnizaciones cuando la modificación de caudales genere perjuicios a unos aprovechamientos en favor de otros, pero no se determina la forma de prevenirlo ni las causas que lo limitan.

¹⁰⁶ Véase art. 40.2. del TRLA.

¹⁰⁷ Véase art. 14.2 del TRLA.

¹⁰⁸ The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España. Retos y Oportunidades*. Pág. 17.

También se podría condicionar el otorgamiento y caducidad¹⁰⁹ de concesiones a la aplicación de SbN, modificándose el art. 55.5; “A tal efecto, los titulares de las concesiones administrativas de aguas (...), estarán obligados a instalar y mantener los correspondientes sistemas de medición que garanticen información precisa sobre los caudales de agua (...)”.

A este respecto, se podrá establecer la obligación de informar de manera telemática y periódica de las mediciones y características de las SbN empleadas como medidas correctoras¹¹⁰ adoptadas (uso de biofertilizantes y biopesticidas en la agricultura, etc.). De esta manera, se podría conectar el marco legal para ajustar y renovar los caudales ecológicos de acuerdo con los cambios en los recursos hídricos, así como considerar los caudales de las concesiones en función de las previsiones de los planes hidrológicos y las medidas de los planes de sequía.

Otra disposición que afecta a las SbN es la relativa al art. 65.2. TRLA, donde se indica que las concesiones para el abastecimiento de poblaciones y regadíos podrán revisarse cuando el objeto de la concesión puede cumplirse con una menor dotación o una mejora de la técnica de utilización del recurso, como es el caso de las técnicas de riego eficiente o aplicación de innovación sostenible en el uso del agua para agricultura. Se establece que las Confederaciones Hidrográficas realizarán auditorías y controles de las concesiones¹¹¹, a fin de comprobar la eficiencia de la gestión y utilización de los recursos hídricos, sin embargo, el Libro Verde de la Gobernanza del Agua ya asegura una falta de personal en la Administración para llevar a cabo una gestión hídrica eficiente.

- Participación y Colaboración:

Como apunta MITECO desde su manual “Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España. Retos y Oportunidades”¹¹², el enfoque de gobernanza debe extenderse más allá de considerar solo municipios o ciudades de forma aislada, abarcando toda la cuenca como un ámbito completo para el análisis y la implementación de las SbN. Esto implica tener en cuenta a todos los usuarios y componentes de la cuenca hidrográfica, los ecosistemas, así como asentamientos rurales y urbanos.

Primero, porque los usuarios pueden aportar conocimiento, de forma activa, en el diseño de los proyectos de SbN, y en segundo lugar, se configuran como elementos pasivos que experimentarán los efectos directos e indirectos de los proyectos de SbN. Por ello, los proyectos deben ser evaluados previamente, para elegir soluciones que sean integradoras y que no dejen a ninguna parte desfavorecida.

Este escenario se debería adaptar en el TRLA mediante una modificación de su articulado para incluir la participación de distintos tipos de actores, organizaciones y la presencia (o

¹⁰⁹ Modificándose el art. 66 TRLA.

¹¹⁰ Modificándose los arts. 92 y ss. TRLA.

¹¹¹ Véase art. 94 TRLA “Policía de aguas”.

¹¹² The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit., pág. 16.

voz) de expertos en los Organismos de cuenca y del Consejo Nacional del Agua, con la ampliación del art. 19.2. TRLA.

Asimismo, los existentes órganos de participación como el Consejo Nacional del Agua (CNA), los Consejos de Agua de la Demarcación (CAD), y los órganos de gestión participada, parece no ser suficientes por sus múltiples deficiencias: (i) Su composición limita su efectividad para actuar como auténticos órganos de consulta y participación; (ii) la representación municipal, responsable de los servicios esenciales de abastecimiento y saneamiento, es accesoria; (iii) la representación de los usuarios está limitada a aquellos que cuentan con concesiones, siendo las comunidades de usuarios (regantes) y la última parte de la cadena quien puede asesorar de forma práctica; (iv) la presencia de conocimiento experto en el CNA a través de Colegios profesionales, instituciones y asociaciones científicas es limitada. Es preciso desarrollar la revolución ciencia-tecnología¹¹³.

Un hecho que pone en evidencia la falta de información y participación de la ciudadanía, es la creciente judicialización¹¹⁴ de asuntos para la resolución de conflictos derivados. Por ejemplo, el Real Decreto 21/2016 por el que se aprueban los Planes de gestión del riesgo de inundación de las cuencas internas de Andalucía, cuenta con 12 recursos, en relación a la declaración de no urbanizables de numerosos terrenos en muchos municipios. El Tribunal Supremo ha anulado recientemente este Real Decreto.

En este sentido, se precisa crear un sistema de resolución de conflictos aplicado a las SbN. Una manera es la mediación¹¹⁵, como el Mapa colaborativo de los conflictos del agua en Andalucía¹¹⁶, o la Iniciativa Social de Mediación de los conflictos del agua en Aragón. En un futuro donde el cambio climático afectará la cantidad de agua disponible, es probable que haya más problemas y conflictos relacionados con su uso. Por eso, sería útil tener estructuras permanentes para identificar, entender, prevenir y manejar estos conflictos unidos a las SbN.

La Agenda 2030 y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible resaltan la necesidad de fomentar espacios de corresponsabilidad social para hacer frente a estos retos, reforzando el concepto de cooperación (Meta 17.6), la garantía de instituciones eficaces y transparentes (Meta 16.6) y la adopción en todos los niveles de decisiones inclusivas, participativas y representativas que respondan a las necesidades (Meta 16.7).

En diversa literatura se destaca la creación de un banco de conocimiento como las iniciativas de Ecosystems Knowledge Network (Red de Conocimiento sobre

¹¹³ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. *Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España*, op. cit. págs. 24-25.

¹¹⁴ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. *Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España*, op. cit. pág. 25.

¹¹⁵ MONGE, C., VERÓN, J.J., (2019). *La iniciativa social de mediación en los conflictos del agua en Aragón*. Prensas de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 144 páginas.

¹¹⁶ Consultado en: [Mapa colaborativo de los conflictos del agua en Andalucía \(redandaluzaagua.org\)](https://redandaluzaagua.org) (último acceso el 22 de agosto de 2023).

Ecosistemas)¹¹⁷ y la plataforma CaBA (Catchment Based Approach)¹¹⁸ en el Reino Unido. Pero nosotros proponemos la creación de un verdadero patrimonio, no basado únicamente en casos de éxito, sino en conocimiento ancestral que provenga del medio rural, pudiendo integrarse con el mundo académico, mediante la creación de un órgano consultivo. Como se indica en el LVGA, hablando de formas más sencillas de involucrar a la ciudadanía, es utilizar encuestas para fomentar el debate antes de tomar una decisión, como las “encuestas deliberativas” o el “jurado ciudadano” que se han desarrollado en Andalucía por el IESA/CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)¹¹⁹.

MITECO¹²⁰ destaca otras alternativas como el voluntariado, la organización de cursos formativos para el personal de la Administración, Universidades y empresas del agua, la adopción de un catálogo de SbN a fin de adoptarse por los órganos correspondientes para la promoción de su uso y transmisión del conocimiento, creación de un premio o la inclusión de las SbN en los currículos de los grados y másteres, normalizando su empleo, para actualizar a profesionales que ya estén ejerciendo.

- **Formación y Capacitación:**

Incluir disposiciones para la formación y capacitación de profesionales y técnicos en la conceptualización, diseño y ejecución de SbN, para garantizar su implementación adecuada.

Una acción que podría surtir efecto es el voluntariado¹²¹ en la gestión de recursos hídricos como herramienta que complementa la labor de las administraciones y profesionales. Sin embargo, la falta de financiación pública ha afectado a estos programas. Para fortalecer el papel del voluntariado en la gestión del agua y las SbN, se proponen acciones como mejorar la coordinación entre entidades sociales y administraciones, asegurar financiación estable para mantener los programas de voluntariado y fomentar alianzas entre diferentes programas y entidades sociales.

- **Información y Sensibilización:**

Si de algo adolece el TRLA es de concretar como objetivo un acceso amplio, público y electrónico a la información, elemento fundamental para la promoción de la participación público-privada, la corresponsabilidad y la consecución de los objetivos de protección y los objetivos medioambientales¹²². En esta línea, el artículo¹²³ que regula el Registro de Aguas debe ser modificado, al establecer únicamente que este será “público” y los trámites se canalizarán por el organismo de cuenca. Siguiendo lo dispuesto en numerosa

¹¹⁷ Consultado en: [Wellbeing and prosperity for everyone through a healthy natural environment - Ecosystems Knowledge Network](#) (último acceso el 23 de agosto de 2023).

¹¹⁸ Consultado en: [Home - CaBA \(catchmentbasedapproach.org\)](#) (último acceso el 23 de agosto de 2023).

¹¹⁹ Consultado en: [Microsoft Word - Informe JC 2010 \(juntadeandalucia.es\)](#) (último acceso el 22 de agosto de 2023).

¹²⁰ The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit., pág. 11.

¹²¹ Regulado mediante la Ley 45/2015 de Voluntariado.

¹²² Véase arts. 92 y ss. TRLA.

¹²³ Véase art. 80.2 del TRLA; “El Registro de Aguas tendrá carácter público, pudiendo interesarse del Organismo de cuenca las oportunas certificaciones sobre su contenido”.

normativa, la legislación debe adaptarse a los avances en innovación y regular un verdadero Registro electrónico, a ser posible con aplicación de tecnologías como blockchain, Big Data o IA, para la mejor administración de los datos y aporte de información.

La sensibilización ambiental, mucho menos en materia de SbN no se encuentra regulada, por disponer la ley un enfoque muy hidráulico. Deberían integrarse acciones para reforzar la formación acerca de SbN, la educación y difusión de las SbN en códigos de buenas prácticas agrarias. Esto sería posible, en primer lugar, contando con la información necesaria, y por otro lado, el personal adecuado, suficiente y formado para ello. Desafortunadamente, se precisa una modificación en nuestra estructura institucional para que esto suceda, como trataremos en el apartado cuatro de este estudio.

Por otro lado, como establece el LVGA, el acceso a la información es limitada porque, a criterio del MITERD, solo se recoge parcialmente en el Sistema de Información de Aguas Subterráneas (SIAS), debido a la escasez de los puntos de medición, la ineficiencia de los procedimientos de muestreo y las interrupciones de las series de datos entre 2008 y 2013. Además, la falta de un inventario de pozos y el desconocimiento de actividad extractiva aumentan las deficiencias en la preservación de los recursos hídricos y la posibilidad de aplicar eficientemente las SbN.

Por último, la información y el conocimiento sobre el agua en España, se encuentra diseminada entre varios organismos como;

Los Organismos de Cuenca, que tienen redes de monitoreo pero falta de personal;

- IGME, que puede crear infraestructura de información pero no gestionarla,
- Universidades, donde la Ley de Contratos del Sector Público (Ley 9/2017) dificulta la colaboración entre centros de conocimiento y entidades gubernamentales;
- centros de investigación (CSIC),
- organismos públicos (CEH-CEDEX y TRAGSATEC),
- empresas privadas y consultoras (contratadas ante la escasez de funcionarios e hidrogeólogos en los organismos de cuenca),
- asociaciones de usuarios, fundaciones y colegios profesionales¹²⁴.

▪ Promoción de Investigación y Desarrollo:

Fomentar la investigación científica y el desarrollo de tecnologías innovadoras relacionadas con SbN para abordar los desafíos hidrológicos de manera más efectiva.

Sin embargo, la evolución en la aplicación de soluciones alternativas e innovadoras debe ir acompañada con los desarrollos tecnológicos para aprovechar al máximo su potencial. Contar con información adecuada y suficiente sobre el uso de SbN y estado de las aguas

¹²⁴ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. Libro Verde titulado: *Gobernanza del Agua: Hacia una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Unión Europea*, págs. 29 y ss.

es relevante, pero la aplicación de tecnología para multiplicar y gestionar este conocimiento, es esencial.

El Libro Verde de la Gobernanza del Agua nos habla de crear un repositorio de datos compartidos para aprovechar la información existente y garantizar la seguridad en la publicación de datos. Se puede normalizar tanto los datos como los métodos de acceso y compartición a través de un estándar de API abierto (open API 3.0), lo que permitiría incluso la conexión en tiempo real y actualizaciones automatizadas entre diversas fuentes. Para aumentar la transparencia en el sector y establecer metas comunes, se sugiere crear visualizaciones sobre el cumplimiento de requisitos legales, como las Directivas, el estado de las aguas y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Con el fin de captar datos en tiempo real y con mayor detalle, se propone expandir las redes de sensores en masas de agua, incluyendo parámetros de calidad y otras medidas críticas. Se podría considerar la utilización de redes 5G como medio de comunicación en los próximos años. Además, se plantea la creación de una entidad encargada de almacenar, anonimizar y gestionar los datos del agua provenientes del “smart metering”¹²⁵ y “smart grid”¹²⁶. Adicionalmente, se sugiere avanzar en la aplicación de técnicas de big data y modelado para la gestión de datos de agua, especialmente en lo referente al consumo, suministro y gestión. Se propone desarrollar capacidades de análisis avanzado para tomar decisiones basadas en evidencias en la planificación y gestión del recurso hídrico.

Si bien, estos recursos, que resultan muy útiles e interesantes para centralizar datos, facilitar la estandarización y ofrecer un nivel inicial de transparencia, pueden apoyarse y crearse desde la base de blockchain, esa gran olvidada de las propuestas del libro Verde de la Gobernanza del Agua o los sistemas de biomonitorio y administración de la calidad del agua basados en la comunidad (gobernanza participativa).

Así, proponemos en este estudio aplicar biomonitorio, por su papel importante en la concientización de las comunidades¹²⁷. Como ejemplo contamos con el sistema de puntuación “mini-SASS” (siglas en inglés para la Evaluación de Mini Arroyos) en Sudáfrica, para llevar a cabo la supervisión y gestión comunitaria de la calidad del agua,

¹²⁵ El Smart Metering es uno de los sistemas claves de las Smart Cities del futuro. Aúnan tecnología y participación a través del impulso del Internet de las Cosas (IoT). En este caso, el Smart Metering se basa en el uso de Smart Meters o telecontadores. Consultado en iAgua: [IoT y Smart Metering, herramientas para visibilizar los problemas ocultos del agua | iAgua](#) (último acceso el 27 de agosto de 2023).

¹²⁶ Una Smart Grid es una red eléctrica inteligente que puede integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios, asegurando un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro. Consultado en: [España avanza en el desarrollo de las Smart Grids | iAgua](#) (último acceso el 27 de agosto de 2023).

¹²⁷ ACEVES-BUENO, E., ADELEYE, A. S., BRADLEY, D., BRANDT, W. T., CALLERY, P., FERAUD, M., GARNER, K. L., GENTRY, R., HUANG, Y., MCCULLOUGH, I., PEARLMAN, I., SUTHERLAND, S. A., WILKINSON, W., YANG, Y., ZINK, T., ANDERSON, S. E. y TAGUE, C., (2015). “Citizen Science as an approach for overcoming insufficient monitoring and inadequate stakeholder buy-in in adaptive management: Criteria and evidence”, en *Ecosystems*, vol. 18, núm. 3, págs. 493-506.

fomentando la participación activa en la administración de los recursos hídricos¹²⁸. Este sistema se basa en la supervisión de invertebrados mediante el índice SASS¹²⁹ e indicadores biológicos suplementarios basados en peces, vegetación ribereña y diatomeas, que se han incorporado al Programa de Monitoreo sobre el Estado Ecológico de los Ríos de Sudáfrica. Este programa, involucra a dos departamentos gubernamentales, una agencia de investigación y varias organizaciones de la sociedad civil, por lo que, ejemplifica la gestión colaborativa de los recursos hídricos¹³⁰. Estos indicadores biológicos se emplean para supervisar la salud de los ríos, evaluar el estado del entorno, determinar las necesidades de agua y clasificar los recursos hídricos en categorías de gestión.

El biomonitoreo se convierte en una herramienta accesible para la observación ciudadana, que se integra con los conocimientos tradicionales y gana cada vez más importancia en la gestión del agua, especialmente gracias a los avances tecnológicos en envío de datos, procesamiento y visualización¹³¹.

Por otro lado, la tecnología blockchain es un sistema descentralizado y seguro de registro digital que permite la creación, almacenamiento y validación de registros de datos de manera inmutable y transparente a través de una red de participantes. Cada registro de datos, conocido como “bloque”, se enlaza de manera criptográfica con el bloque anterior, formando una cadena continua de bloques, de ahí su nombre “blockchain” (cadena de bloques). Esta tecnología ofrece una solución confiable para garantizar la integridad, autenticidad y transparencia de los datos sin depender de una autoridad central.

La gestión del agua es una esfera en la que la tecnología blockchain puede aportar importantes ventajas, si la unimos a las propuestas anteriores para tener el máximo rendimiento de la información de las SbN, podemos obtener:

Seguimiento de datos y transacciones: Blockchain puede utilizarse para registrar de manera transparente y segura los datos relacionados con el uso del agua, como la cantidad de agua extraída, la calidad del agua y los resultados de las acciones de SbN implementadas. Esto ayudaría a rastrear la información desde su origen hasta su destino final, lo que facilita la verificación y asegura la integridad de los datos.

Registro de derechos de agua: La tecnología blockchain puede utilizarse para crear registros digitales inmutables de los derechos de agua y las concesiones, garantizando la

¹²⁸ GRAHAM, P. M., DICKENS, C. W. S y TAYLOR, R. J., (2004). “MiniSASS, a novel technique for community participation in river health monitoring and management”, en *African Journal of Aquatic Sciences*, vol. 29, núm. 1, págs. 25-35.

¹²⁹ DICKENS, C. W. S. y GRAHAM, P. M., (2002). “The South African Scoring System (SASS) Version 5: Rapid bioassessment method for rivers”, en *African Journal of Aquatic Science*, vol. 27, núm. 1, págs. 1-10.

¹³⁰.DEPARTAMENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO DE SUDÁFRICA (DWA). *River Eco-status Monitoring Programme*. Sitio web del DWA: www.dwa.gov.za/IWQS/rhp/default.aspx (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

¹³¹ BUYTAERT, W., ZULKAFI, Z., GRAINGER, S., ACOSTA, L., ALEMIE, T. C., BASTIAENSEN, J., DE BIÈVRE, B., et. al., (2014). “Citizen Science in hydrology and water resources: Opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development”, en *Frontiers in Earth Science*, vol. 2, núm. 26.

autenticidad y evitando la duplicación o el fraude en la asignación de recursos hídricos. Asimismo, podrán registrarse las acciones recopiladas en el art. 65.2. TRLA, en referencia a la modificación de la concesión por la mejora de la técnica de utilización del recurso con SbN. Los datos estarían interconectados entre administraciones, y si lo acompañamos de un smart contract, podríamos ejecutar directamente supuestos de pagos.

Transacciones de agua: Blockchain permite la creación de contratos inteligentes que automatizan y verifican transacciones de agua, como el intercambio o la compra de derechos de agua entre diferentes actores. Estos contratos pueden ejecutarse automáticamente una vez que se cumplen ciertas condiciones predefinidas.

Monitoreo en tiempo real: Al utilizar sensores conectados a la red blockchain, es posible recopilar y transmitir datos en tiempo real sobre la calidad y cantidad del agua mediante utilización de sistemas inteligentes de riesgo, por ejemplo. Estos datos se pueden compartir de manera confiable y accesible para diferentes partes interesadas.

Verificación de acciones de SbN: Las acciones de SbN, como la restauración de humedales o la reforestación de áreas cercanas a fuentes de agua, pueden ser registradas en la cadena de bloques. Esto permite verificar de manera transparente la implementación de estas acciones y su impacto en la mejora de la calidad y la cantidad de agua, que incidan directamente en caudales ecológicos o concesiones.

Participación ciudadana y transparencia: Blockchain puede empoderar a la ciudadanía al proporcionar acceso a información confiable y actualizada sobre la gestión del agua y las acciones de SbN. Los datos inmutables y transparentes fomentan la confianza y permiten una mayor participación en la toma de decisiones relacionadas con el agua.

Registro de huellas hídricas: Blockchain puede utilizarse para crear registros de huellas hídricas de productos y actividades, lo que ayuda a los consumidores a tomar decisiones informadas y sostenibles en relación con el uso del agua.

Los primeros vestigios de blockchain en nuestro ordenamiento jurídico, aparecen precisamente para prohibir blockchain. Algo que no deja de ser curioso y que podemos observar en el R.D-Ley 14/2019, de medidas urgentes por razones de seguridad pública en materia de administración digital, contratación sector público y telecomunicaciones¹³². Sin embargo, existe actualmente un reciente desarrollo normativo en esta materia, en el

¹³² “Disposición adicional sexta. Sistemas de identificación y firma previstos en los artículos 9.2 c) y 10.2 c). 1. No obstante lo dispuesto en los artículos 9.2 c) y 10.2 c) de la presente Ley, en las relaciones de los interesados con los sujetos sometidos al ámbito de aplicación de esta Ley, no serán admisibles en ningún caso y, por lo tanto, no podrán ser autorizados, los sistemas de identificación basados en tecnologías de registro distribuido y los sistemas de firma basados en los anteriores, en tanto que no sean objeto de regulación específica por el Estado en el marco del Derecho de la Unión Europea”.

cual no vamos a entrar, y que comporta una de las materias que más interrogantes nos plantea como es la prueba procesal¹³³, aceptada por nuestros tribunales.

El escollo con el que topamos en este punto es la capacidad de inversión para contar con la formación, estructura y tecnologías adecuadas, así como la interoperabilidad de las redes para que los datos sean reutilizables y compartibles en adecuados parámetros de calidad. La interoperabilidad y la seguridad son básicas para el tratamiento masivo y automatizado de datos¹³⁴, ya que no basta con un uso intensivo de la tecnología, sino utilizar convenientemente los instrumentos y datos dentro de los sistemas existentes como Sinac, Registro de aguas y Nabia. La interoperabilidad es un principio estructural del nuevo modelo de administración electrónica, “(...) Tanto es así, que sin interoperabilidad no hay posibilidad de comunicación electrónica entre las plataformas y aplicaciones que las Administraciones y administrados utilizan para realizar procedimientos electrónicos, por lo que la regulación jurídica de la interoperabilidad y su garantía, (...), es fundamental para el correcto desarrollo del modelo de gestión documental electrónico del nuevo procedimiento (especialmente en relación a la interacción e interconexión de archivos para el intercambio electrónico de datos y documentos entre Administraciones)”¹³⁵

3.1.2. Las SbN y su enfoque europeo e internacional.

Como establece WWAP- ONU Agua¹³⁶, se puede trazar una línea de tiempo a través de la agenda de investigación, prestando atención a las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) o términos similares, que comenzaron a surgir alrededor de 1990 en concordancia con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible de 1992. De esta conferencia surgieron acuerdos importantes, como el Convenio sobre la Diversidad Biológica¹³⁷, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación¹³⁸ y el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)¹³⁹.

¹³³ HERNÁNDEZ RAMOS, E.M., “Validez de la prueba en blockchain”, en *Economist & Jurist*, 13591. Recuperado de: [Validez de la prueba en Blockchain | E&J \(economistjurist.es\)](https://www.economistjurist.es/validez-de-la-prueba-en-blockchain/) (último acceso el 22 de agosto de 2023).

¹³⁴ CANTÓ LÓPEZ, T., (2017). “Administración pública y participación activa del ciudadano en la gestión de la ciudad inteligente”, en PIÑAR MAÑAS, J.L. (dir.), *Smart cities. Derecho y técnica para una ciudad más habitable*, Editorial Reus, Madrid, págs. 33-52.

¹³⁵ MARTÍNEZ GUTIÉRREZ, R., (2017). “Relaciones interadministrativas por medios electrónicos. Interoperabilidad”, en GAMERO CASADO, E. (dir.). *Tratado de Procedimiento Administrativo Común y Régimen Jurídico Básico del Sector Público*, Tirant lo Blanch, Valencia, tomo II, págs. 2891-2932.

¹³⁶ WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*, op. cit., págs. 39 y ss.

¹³⁷ Convenio sobre la Diversidad Biológica. Naciones Unidas, 1992. Recuperado de: [cbd-es.pdf](https://www.cbd-es.pdf) (último acceso el 3 de agosto de 2023).

¹³⁸ Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África, 1994. Recuperado de: [UNCCD Convention text SPA.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/2019/05/Convention_text_SPA.pdf) (último acceso el 03 de agosto de 2023).

¹³⁹ La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Hoy en día, tiene una membresía casi universal. Los 197 países que han ratificado la Convención se denominan Partes en la Convención. La CMNUCC es una “Convención de Río”, una de las dos abiertas a la firma en la “Cumbre de la Tierra de Río” en 1992. Las otras dos convenciones que salieron de Río son el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica y la Convención de Lucha contra la Desertificación. Los tres están intrínsecamente vinculados. Consultado en: [Qué es la Convención Marco](https://www.unfccc.int/kyoto-protocol)

Estos esfuerzos se intensificaron especialmente en el período desde el año 2000 hasta el 2005 en adelante, con una creciente atención en torno al concepto de servicios ecosistémicos que culminó con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio en 2005.

Previamente al año 2010, el enfoque del Convenio sobre la Diversidad Biológica en relación al agua dulce se centró en gran medida en la mitigación de los impactos de la gestión hídrica en la biodiversidad. Sin embargo, se produjo un importante avance al vincular de manera más explícita la biodiversidad con el desarrollo. Esto se evidenció en la adopción de la referencia a los servicios ecosistémicos relacionados con el agua bajo la Meta 14 de Biodiversidad de Aichi en 2010; “Para 2020, se han restaurado y salvaguardado los ecosistemas que proporcionan servicios esenciales, incluidos los servicios relacionados con el agua y que contribuyen a la salud, los medios de vida y el bienestar (...)”¹⁴⁰.

Como se manifiesta en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018, esta fue la primera manifestación directa de la conexión entre los ecosistemas y el agua en el marco global de desarrollo sostenible. Este reconocimiento quedó plasmado en el documento definitivo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Río+20) de 2012, titulado “El futuro que queremos”. En su párrafo 122 se establece claramente: “Reconocemos la función crucial de los ecosistemas en el mantenimiento de la cantidad y calidad del agua, y respaldamos enfoques sostenibles para la protección y gestión de estos ecosistemas dentro de las fronteras nacionales respectivas”.

En relación al cambio climático, las Soluciones Basadas en la Naturaleza son esenciales para abordar sus impactos. Los efectos del cambio climático están fuertemente ligados a la hidrología y los recursos hídricos. Por ende, la gestión basada en los ecosistemas se perfila como un medio clave para adaptarse al mismo, y especialmente, en relación al agua. Las SbN han ido ganando reconocimiento progresivo en diversos foros. Por ejemplo, se han incorporado en medidas de prevención y restauración para abordar la degradación de la tierra bajo la “Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación” (CNULD). Además, su importancia ha sido resaltada en el contexto de la reducción del riesgo de desastres y en la seguridad alimentaria global. Durante su 12^a Conferencia de las Partes en 2015, la CNULD adoptó un enfoque estratégico en sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La relevancia de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) también ha sido reconocida en la agenda global de seguridad alimentaria. Este reconocimiento se manifiesta, por ejemplo, en el Marco Estratégico Revisado 2010-2019 de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el cual fue

[de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | CMNUCC \(unfccc.int\)](#) (último acceso el 03 de agosto de 2023).

¹⁴⁰ Véase Convenio para la Diversidad Biológica (CBD), párrafo 13.

respaldado por la Conferencia de la FAO en junio de 2013¹⁴¹. Además, los Principios Voluntarios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los Sistemas Alimentarios, aprobados por el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial en octubre de 2014, incorporan enfoques similares a los de las SbN. El Principio 6 establece la importancia de “conservar y gestionar de manera sostenible los recursos naturales, aumentar la resiliencia y reducir los riesgos de desastres”¹⁴², lo cual refuerza aún más la consideración y aplicación de soluciones basadas en la naturaleza en el ámbito de la seguridad alimentaria a nivel global.

En 2019, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) publicó el informe "El medio ambiente en Europa. Estado y perspectivas 2020" (SOER)¹⁴³, revelando resultados preocupantes. Dicho informe resaltó la magnitud sin precedentes de los desafíos climáticos y medioambientales que enfrenta la Unión Europea (UE), enfatizando la urgencia de adoptar medidas concertadas para abordarlos.

A lo largo de las últimas décadas, las políticas medioambientales de la UE han demostrado ser efectivas, logrando beneficios significativos mediante la implementación de políticas estratégicas y objetivos ambiciosos, lo que ha permitido reducir de manera efectiva las presiones sobre el medio ambiente. No obstante, persisten desafíos importantes relacionados con la utilización insostenible de los recursos hídricos, la calidad de las aguas y la gestión de sus riesgos acrecentados con el cambio climático.

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son esenciales para enfrentar el cambio climático. De hecho, ONU-Agua subrayó que los efectos del cambio climático afectan en gran medida la forma en que fluye y se almacena el agua¹⁴⁴, siendo esenciales las variaciones en el ciclo del agua para la mayoría de los cambios relacionados con el cambio climático en los entornos naturales y en la calidad de vida de las personas¹⁴⁵. Esto significa que la gestión de los ecosistemas debe ser el enfoque principal para adaptarse al cambio climático, y aquí es donde las SbN desempeñan un papel crucial, especialmente en la gestión del agua.

Un ejemplo concreto de cómo utilizamos enfoques basados en la naturaleza para abordar el cambio climático es la "Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y

¹⁴¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), 2014a. *Construir una visión común para una alimentación y una agricultura sostenibles: Principios y enfoques*, Roma.

¹⁴² COMMITTEE ON WORLD FOOD SECURITY (CFS), 2014. *Principles for Responsible Investment in Agriculture and Food Systems*. CFS fortyfirst session: Making a difference in food security and nutrition. Rome.

¹⁴³ AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (AEMA), 2019. *The European environment. State and outlook 2020: Knowledge for transition to a sustainable Europe* ("El medio ambiente en Europa. Estado y perspectivas 2020: conocimiento para la transición hacia una Europa sostenible").

¹⁴⁴ NACIONES UNIDAS, ONU-Agua. 2010. *Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water*. Policy Brief, Executive Summary-pág. 3.

¹⁴⁵ SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Informe preparado para la Comisión de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas (CNUDS). Research Triangle Park (NC)/Washington DC, Sigma XI/Fundación de las Naciones Unidas.

degradación forestal" (REDD+). Esta estrategia se centra principalmente en reducir las emisiones de gases que contribuyen al cambio climático al cuidar nuestros bosques. Aunque su objetivo principal es mitigar el cambio climático, hay una conexión importante con la adaptación al cambio climático debido a cómo los árboles influyen en el ciclo del agua.

Además, alrededor de una cuarta parte de los gases de efecto invernadero que afectan al clima provienen de cambios en la forma en que usamos la tierra¹⁴⁶. La degradación de la tierra y la pérdida de agua están relacionadas con muchos problemas, como la disminución de la calidad del suelo. Por ejemplo, las turberas, que son humedales especiales, desempeñan un papel vital en cómo fluye el agua, pero cuando se drenan, liberan grandes cantidades de gases que afectan al clima¹⁴⁷.

En respuesta a estos desafíos, la Comisión Europea adoptó el Pacto Verde Europeo el 11 de diciembre de 2019. Uno de sus objetivos es el de proteger y mejorar el capital natural de la UE, algo que impacta en el bienestar y salud de las personas. Además, la Comisión Europea ha tomado una serie de iniciativas estratégicas, como el Plan de Acción para la Economía Circular, la Estrategia sobre Biodiversidad para 2030, y la Estrategia “De la Granja a la Mesa” (Farm to Fork), para garantizar una producción alimentaria sostenible y segura en toda la cadena de suministro, desde la producción agrícola hasta el consumo final.

Conforme al artículo 192, apartado 3, del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE), los programas generales de acción en materia de medio ambiente han sido fundamentales para la actuación de la Unión en el ámbito del clima y el medio ambiente desde 1973. En este sentido, la adopción del Séptimo Programa de Acción en materia de Medio Ambiente (VII PMA), Decisión nº 1386/2013/UE, fija los objetivos prioritarios para 2050 en el contexto “Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta”, algo imprescindible, teniendo en cuenta que “para 2050 harían falta casi 3 planetas Tierra para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener los modos de vida actuales”¹⁴⁸.

Si tenemos en cuenta que las SbN representan beneficios sociales, ambientales y económicos, así como la conservación y mejora de la biodiversidad, la resiliencia y el bienestar humano, el VII PMA de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), presenta la flexibilidad suficiente para que las políticas nacionales

¹⁴⁶ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), 2014b. *Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Emisiones por usos y absorciones por pozos*. División de estadística de la FAO. Documento de trabajo serie ESS/14-02, Roma. www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

¹⁴⁷ Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silviu, M. and Stringer, L. (eds.). 2008. *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*. Global Environment Centre/Wetlands International. Petaling Jaya, Malaysia/Wageningen, the Netherlands, págs. 60-98.

¹⁴⁸ MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A (2023). *La Economía Circular y el sector del agua en España, op. cit.*, pág. 17.

adopten las SbN dentro de sus ordenamientos. En relación al nuevo VIII PMA¹⁴⁹, su art. 1.2 establece como objetivo principal “acelerar la transición hacia una economía climáticamente neutra, eficiente en el uso de los recursos, limpia y circular (...), y respalda los objetivos climáticos y medioambientales del Pacto Verde Europeo y sus iniciativas”. Por otro lado, también ha comunicado el compromiso en afinar las directrices para la mejora de la legislación y las herramientas de apoyo, con el propósito de abordar de manera más precisa las cuestiones vinculadas a la sostenibilidad y la innovación¹⁵⁰. Este enfoque se orienta a asegurar que todas las iniciativas de la Unión Europea cumplan plenamente con el mandato de “no ocasionarás daños”.

En este contexto, las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) emergen como un componente esencial de la estrategia ambiental de la UE, por cumplir las características indicadas y contar con un enfoque innovador que se adapta al objetivo del VIII PMA; contemplándose expresamente en al art. 3.1.h);

“aprovechar plenamente las soluciones naturales y la innovación social”,

En este sentido, su artículo 2 hace referencia a los objetivos que lograrían alcanzar las soluciones naturales basadas en la innovación, con énfasis en la protección, conservación y recuperación de la biodiversidad en el agua, suelo, bosques, agua dulce, humedales y ecosistemas marinos.

3.1.3. SbN y normativa para la prevención de riesgos e inundaciones.

La mención de las Soluciones basadas en la Naturaleza no solo las encontramos en estos instrumentos, sino también en los propios de los riesgos a evitar mediante su aplicación, como la Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE), en la que se ha observado un notorio énfasis en la implementación de medidas no estructurales (a diferencia del uso de infraestructura convencional o “gris”) para la prevención de inundaciones.

La Directiva no menciona expresamente el concepto SbN pero son constantes las recomendaciones que se hacen acerca de optar por las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como medidas a promover en la mejora de la gestión del riesgo de inundación frente a las medidas estructurales convencionales (embalses, canalizaciones, muros de contención). Sin embargo, no las desplaza, sino que son complementarias.

Así, por ejemplo, en el art. 4 de la Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE) se prevé la evaluación preliminar del riesgo de inundaciones sobre la base del análisis de la topografía, la localización de los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas generales, incluidas las llanuras aluviales como zonas de retención naturales. Precisamente, con el auge del factor urbanizador se han ocupado zonas

¹⁴⁹ COMISIÓN EUROPEA, 2020. *Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2030*. 2020, Bruselas.

¹⁵⁰ COMISIÓN EUROPEA, 2020. *Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2030*. 2020, Bruselas. Pág. 5.

inundables volviéndolas artificiales y casi invisibles, así como la modificación de parámetros hidrológicos como la escorrentía superficial o la evapotranspiración¹⁵¹.

Reseñar, que la incorporación al diseño urbano de soluciones basadas en la naturaleza, como las estrategias y diseños de los sistemas de drenaje y la gestión integral del ciclo hidrológico, como evitar el soterramiento y pavimentación de torrentes y ramblas, forma parte de las líneas de actuación de la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas. Asimismo, el Plan Nacional de adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 recoge en su Línea de acción 3.4., en la “gestión coordinada y contingente de los riesgos por inundaciones”, la recuperación de la morfología y dinámica natural de los cauces, mediante el fomento de soluciones basadas en la naturaleza (SbN).

Como nota, y en esta misma línea, la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional establece en su artículo 28.3, que el Ministerio de Medio Ambiente promoverá convenios de colaboración con las Administraciones para eliminar construcciones e instalaciones ubicadas en el dominio público hidráulico y zonas inundables que representen un grave riesgo para las personas, bienes y la protección de dichos espacios. La tendencia hacia la infraestructura “verde y azul” parece poner en entredicho la eficiencia de la infraestructura hidráulica o “gris”, que parece no evitar en demasía las catástrofes derivadas de la falta de resiliencia territorial, haciendo necesaria la vuelta a conceptos como la “recuperación de espacios fluviales”.

También se realizan alusiones en el art. 7 al establecer que “los Estados miembros establecerán objetivos adecuados de gestión del riesgo de inundación (...), centrandose en (...) iniciativas no estructurales o en la reducción de la probabilidad de las inundaciones”. En su apartado 3, enfatiza que “los planes de gestión del riesgo de inundación podrán incluir, asimismo, la promoción de prácticas de uso sostenible del suelo, la mejora de la retención de aguas y la inundación controlada de determinadas zonas en caso de inundación”.

Por ello, y en referencia a la infraestructura verde, tal y como se define por la Comisión Europea¹⁵², emerge como una alternativa eficaz al disminuir la dependencia de estructuras artificiales, cuyo establecimiento y mantenimiento demanda costosas erogaciones y se favorece una mayor resiliencia ante amenazas como el agotamiento de recursos naturales y la degradación de las aguas.

3.1.4. La vinculación de las SbN con la Agenda 2030 y sus ODS.

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) han sido diseñadas con la inclusión de los tres pilares fundamentales para la implementación de los Objetivos de Desarrollo

¹⁵¹ RIBAS PALOM, A., SAURÍ PUJOL, D., “Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategias en la gestión del riesgo de inundación”, en *Cuadernos de Geografía 108-109*, págs. 819-832, València 2022.

¹⁵² COMISIÓN EUROPEA, 2013. Communication from the Commission to the European Parliaments, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital {COM (2013) 249 final}, Bruselas.

Sostenible (ODS)¹⁵³: indivisibilidad, que implica que un objetivo no debe ser alcanzado a expensas de otros; inclusión, que busca no dejar a ningún individuo fuera del proceso; y aceleración, que se concentra en acciones que generan múltiples beneficios para el desarrollo.

La Meta 14 de Biodiversidad de Aichi y los resultados obtenidos en la Cumbre de Río+20 contribuyeron a la integración de los ecosistemas en el ODS 6, a través de su Meta 6.6: “Proteger y restaurar, para 2020, ecosistemas relacionados con el agua, incluyendo montañas, bosques, humedales, ríos, acuíferos y lagos”. Este reconocimiento del papel esencial de los ecosistemas en el logro del Objetivo 6 y sus metas refleja la conciencia de los Estados miembros sobre las interconexiones sustanciales entre los ecosistemas y los recursos hídricos¹⁵⁴.

La Meta 6.3., hace referencia a la economía circular de los recursos hídricos y el papel de la reutilización al fijar como meta “de aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”. Esta Meta, se encuentra conectada con la 6.a. con la creación de programas destinados a la implementación de sistemas de captación de agua, desalinización, optimización de la utilización de recursos hídricos, la gestión y tratamiento de aguas residuales, la promoción de prácticas de reciclado y, por último, la adopción de tecnologías avanzadas de reutilización hídrica, que bien podrán considerarse innovaciones aplicadas a las SbN.

Además de los objetivos relacionados con la vida submarina (Objetivo 14) y su Meta 14.1¹⁵⁵, la 14.2 “(...) incluso fortaleciendo su resiliencia, y adoptar medidas para restaurarlos (...)”, así como los relacionados con los ecosistemas terrestres (Objetivo 15), también encuentran mención en otros ODS, en particular en el contexto de la seguridad alimentaria. Asimismo, los ecosistemas se enlazan con el recurso hídrico en la Meta 6.6 y en la Meta 15.3, esta última específicamente relacionada con la degradación de la tierra, sequías e inundaciones.

El mayor potencial de las SbN para mejorar la disponibilidad de agua, en comparación con otras opciones, está en la agricultura, a través de aumentos de eficiencia en los sistemas de secano y regadío, y es una buena forma de alcanzar la Meta 2.4; “Para 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio

¹⁵³ Consultados en: [Portada - Desarrollo Sostenible \(un.org\)](#) (último acceso el 03 de agosto de 2023).

¹⁵⁴ WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*, op. cit., pág. 43. Recuperado de: [Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2020: agua y cambio climático - UNESCO Biblioteca Digital](#) (último acceso el 27 de agosto de 2023).

¹⁵⁵ ; “(...) prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la polución por nutrientes”.

climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra”.

La innovación y la necesidad de adaptación de la normativa a los avances tecnológicos en agricultura, también se encuentra reflejada en las Metas 2.5 y 2.a “Aumentar (...), la investigación agrícola y los servicios de extensión, el desarrollo tecnológico y los bancos de genes de plantas y ganado (...)”. La protección y gestión sostenible del agua se entrelaza con otros Objetivos como el Objetivo 3 (salud y bienestar), y sus Metas 3.3, a fin de combatir enfermedades transmitidas por el agua, y 3.9., en la reducción de muertes y enfermedades producidas por la contaminación del aire, el agua y el suelo.

Estos cambios, al igual que la gestión integral del agua, deben comenzar desde el origen, mediante la educación adecuada para promover el desarrollo y los estilos de vida sostenibles (Meta 4.7), el acceso y desarrollo de energía asequible y no contaminante (Objetivo 7), así como desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre modalidades de Consumo y Producción Sostenibles (Meta 8.4.).

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) ofrecen un enfoque prometedor para enfrentar los desafíos de disponibilidad de agua en zonas urbanas. En contraste con otras alternativas, las SbN demuestran su capacidad para contribuir significativamente al logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 11, que busca establecer ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Los beneficios complementarios de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) llevan a mitigar los efectos adversos de las prácticas agrícolas en los ecosistemas y generan oportunidades relevantes para cumplir el Objetivo 12 (Producción y consumo responsables) y su Meta 12.2.; “(...) gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales”, y 12.4 en relación a la sustitución de químicos en agricultura para reducir la contaminación de aguas subterráneas; “(...) lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida (...)”.

El Objetivo 15 se concentra en la salvaguarda, regeneración y empleo responsable de los ecosistemas terrestres, incluyendo la administración sostenible de los recursos forestales y la lucha contra la desertificación y la degradación de las áreas terrestres. Recordemos que la degradación del ecosistema “es la causa subyacente de la desertificación, las SbN son el único medio factible para combatirla a gran escala”, como indica el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018. Además, menciona que los ecosistemas desempeñan un papel significativo en la disponibilidad de agua, en especial, la interacción entre el suelo y la vegetación es crucial para determinar cómo se distribuye la precipitación. Esto afecta la absorción en la tierra, la recarga de aguas subterráneas, el flujo superficial y la retención de humedad en las zonas radicales de las plantas (lo cual es crucial en la agricultura), y la liberación de agua a la atmósfera a través de la evaporación.

La Agenda 2030 evidencia la interdependencia entre el bienestar humano y los recursos naturales, subrayando la importancia de abordar de manera holística las facetas social, económica y medioambiental del desarrollo sostenible. Como hemos visto, la interconexión entre múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en relación con cuestiones hídricas plantea un desafío para la discreción de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en abordar específicamente la escasez de agua. Esto resalta la necesidad de considerar las SbN dentro de un enfoque holístico y más amplio que abarque la gestión integrada de recursos terrestres y acuáticos.

3.2.5. Planes y Estrategias.

En el contexto normativo español, aunque no existe una regulación específica exclusiva para las SbN, nuestro marco legal permite su integración armoniosa dentro de las normativas existentes. Es destacable que, dentro de la ley 42/2007 de patrimonio natural y biodiversidad, ya se encuentran reguladas las infraestructuras verdes¹⁵⁶, en su Capítulo III, artículo 15, representando un valioso punto de partida para el desarrollo de SbN en nuestro país.

La Estrategia Estatal de Infraestructura Verde que establece la Ley 42/2007, no hace más que verificar la conexión de los ecosistemas y su salubridad, tanto terrestres (espacios protegidos, hábitats y especies en peligro, áreas de montaña, cursos fluviales, humedales y vías pecuarias, entre otros aspectos), como marinos, con el buen estado y disponibilidad de los recursos hídricos. La finalidad de esta Estrategia es garantizar la conectividad y funcionalidad de los ecosistemas, así como la mitigación y adaptación al cambio climático, la restauración de áreas degradadas y la desfragmentación de zonas clave para la conectividad.

A este respecto, la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Directiva Hábitats), menciona en su artículo 6.3¹⁵⁷ y el Preámbulo¹⁵⁸ los criterios para la conservación en línea con la coherencia general de las especies y hábitats. Asimismo, somete a la Evaluación de Impacto Ambiental a determinados sitios que, aunque no estén directamente relacionados con la ejecución de un proyecto, puedan tener un impacto en

¹⁵⁶ The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit., pág. 14.

¹⁵⁷ Artículo 6.3. “Cualquier plan o proyecto que, sin tener relación directa con la gestión del lugar o sin ser necesario para la misma, pueda afectar de forma apreciable a los citados lugares, ya sea individualmente o en combinación con otros planes y proyectos, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar. A la vista de las conclusiones de la evaluación de las repercusiones en el lugar y supeditado a lo dispuesto en el apartado 4, las autoridades nacionales competentes sólo se declararán de acuerdo con dicho plan o proyecto tras haberse asegurado de que no causará perjuicio a la integridad del lugar en cuestión y, si procede, tras haberlo sometido a información pública”.

¹⁵⁸ Preámbulo: El preámbulo indica que “(...) conviene aplicar, en cada zona designada, las medidas necesarias habida cuenta de los objetivos de conservación establecido” y “cualquier plan o programa que pueda afectar de manera significativa a los objetivos de conservación de un lugar que ha sido designado o que lo será en el futuro deberá ser objeto de una evaluación conviene aplicar, en cada zona apropiada”.

los ecosistemas del área en cuestión. La interconexión es fundamental, ya que los impactos ambientales pueden propagarse a lo largo de diversos sectores, como tierra, agua, mar, atmósfera y recursos biológicos, como señaló JUSTE RUIZ¹⁵⁹.

Según la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, modificada por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, en su art. 1.1.b) y anexo VI, los estudios de impacto ambiental (EsIA) deberán presentar un examen de alternativas del proyecto que resulten ambientalmente más adecuadas y técnicamente viables.

Por tanto, en los EsIA se considerarán como alternativas a examen las soluciones basadas en la naturaleza, entendidas como el uso de funciones de los ecosistemas para resolver los problemas como una opción frente a soluciones tecnológicas convencionales. Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (“EIA”) abordan problemas como la fragmentación de hábitats, la transformación de áreas en parches aislados y la pérdida de biodiversidad debido a barreras que afectan la migración y movilidad de especies.

Para entender la fragmentación, definida por QUAMMEN¹⁶⁰, podemos imaginar un tapete persa cortado en pedazos. Aunque los pedazos sumen la misma área, la riqueza del tapete se pierde. Un ecosistema es una trama de especies y relaciones, y al fragmentarla se generan problemas, especialmente en los recursos hídricos.

Esto es lo que se pretende prevenir con la aplicación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), promovidas en España a través de diferentes estrategias y planes. Algunas de las principales regulaciones y marcos de referencia son los siguientes:

1.- La Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas: Esta estrategia, entró en vigor el 14 de julio de 2021 mediante la Orden PCM/735/2021¹⁶¹ y, que en su Preámbulo ya avanza que;

“La infraestructura verde es importante porque es una herramienta que aporta beneficios ecológicos, económicos y sociales mediante soluciones naturales, y

¹⁵⁹ JUSTE RUÍZ, J, y CASTILLO DAUDÍ, M., (2005). *La protección del medio ambiente en el ámbito internacional y en la Unión Europea*, Tirant Lo Blanch, Valencia.

¹⁶⁰ QUAMMEN, D., *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*, Scribner, Nueva York, pág. 1. TRADUCCIÓN: “Empecemos imaginando una fina alfombra persa y un cuchillo de caza. La alfombra mide doce pies por dieciocho, digamos. Eso nos da 216 pies cuadrados de material tejido continuo. Nos pusimos a cortar la carpa en treinta y seis pedazos iguales, cada uno un rectángulo de dos pies por tres. [...] Cuando terminamos de cortar, medimos las piezas individuales, las sumamos y descubrimos que, he aquí, todavía hay casi 216 pies cuadrados de cosas reconocibles como alfombras. Pero ¿a qué equivale? ¿Tenemos treinta y seis bonitas alfombras persas? No. Todo lo que nos queda son tres docenas de fragmentos irregulares, cada uno sin valor y comenzando a desmoronarse. Ahora saca la misma lógica al aire libre y comienza a explicar por qué el tigre, *Panthera Tigris*, ha desaparecido de la isla de Bali [...] Sugiere por qué el jaguar, el puma y cuarenta y cinco especies de aves han sido extirpadas de un lugar llamada isla de Barro Colorado, y por qué una miriada de otras criaturas está misteriosamente ausente de una miriada de otros sitios. Un ecosistema es un tapiz de especies y relaciones. Corte una sección, aisle esa sección y surge el problema de desmoronarse”.

¹⁶¹ Consultada en: boe.es/eli/es/o/2021/07/09/pcm735/dof/spa/pdf (último acceso el 03 de agosto de 2023).

puede ayudar a comprender el valor de los beneficios que la naturaleza proporciona a la sociedad humana y a movilizar inversiones para sostenerlos y reforzarlos; asimismo contribuye a evitar la dependencia de infraestructuras cuya construcción es costosa, y puede contribuir de manera significativa a la aplicación efectiva de todas las políticas cuando algunos o todos los objetivos deseados pueden conseguirse, parcial o totalmente, mediante soluciones basadas en la naturaleza”.

El Anexo de dicha Estrategia recoge las SbN en su punto 2.3.3. y 9.3 al establecer como meta la restauración de hábitats y ecosistemas de áreas clave para favorecer la biodiversidad, la conectividad o la provisión de servicios de los ecosistemas, “priorizando soluciones basadas en la naturaleza”.

A lo largo de todo el documento se evidencia el carácter integrador de la infraestructura verde, junto con las SbN y otros conceptos como conectividad o capital natural, a la hora de conservar los ecosistemas. Se indica que se ha logrado la consolidación de la Infraestructura Verde a través de la planificación y ordenación territorial (local, metropolitana, comarcal, regional y nacional), modelos de gobernanza que aseguran la coordinación entre administraciones y territorios, la plena incorporación en los procesos de evaluación ambiental de planes, programas y proyectos territoriales, así como la sensibilización social.

Sin embargo, solo se ha realizado a escala “Infraestructura Verde”, debiendo establecerse a todos los niveles y de forma integral en toda la cadena de abastecimiento, almacenamiento y tratamiento de recursos hídricos.

La Línea de Actuación 1.03 de la Estrategia Nacional, se enfoca en fortalecer y mejorar la conectividad en espacios fluviales, así como prevenir su pérdida. Desde las distintas Administraciones Públicas con competencias en recursos hídricos, esta Estrategia y los objetivos de la Directiva Marco del Agua guiarán la promoción del mantenimiento, mejora y fortalecimiento de la conectividad hidromorfológica, biológica y ecológica en espacios fluviales. Esto implica abordar la continuidad longitudinal, conectividad transversal y conexión vertical en estos espacios, considerando los procesos fluviales y los obstáculos existentes, por medio de lo que señala su punto 10.; “Aplicación de soluciones basadas a la naturaleza para la gestión de riesgos hídricos e hidrometeorológicos (como recuperación de llanuras inundables, entre otras)”.

2.- Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad:

Este plan establece las líneas de actuación para la conservación y protección del patrimonio natural y la biodiversidad en España. Incluye medidas para promover las SbN y su integración en la gestión del territorio. En línea con la Estrategia de la Unión Europea sobre Biodiversidad hasta 2020, aprobada en 2011, que reconoce las soluciones basadas en la naturaleza, como la preservación y restauración de humedales, turberas y zonas costeras, junto con la gestión sostenible de áreas marinas, pastizales y suelos agrícolas y forestales, como un aliado fundamental en la lucha contra el cambio climático.

3.- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático: Este plan aborda la adaptación al cambio climático en España y reconoce las SbN como una herramienta efectiva para aumentar la resiliencia frente a los impactos del cambio climático. Incluye entre sus principios orientadores el enfoque ecosistémico y la búsqueda de soluciones basadas en la naturaleza (apartado 5.3), para su aplicación en la estabilización y la protección de la línea de costa frente a los riesgos climáticos (apartado 7.7.), acción forestal (apartado 7.5) y en la reducción de riegos de desastres (apartado 7.15.).

4.- Planificación hidrológica: En el marco de la Directiva Marco del Agua, se desarrollan los planes de gestión a nivel de cuenca hidrográfica en España. Los planes de gestión de las cuencas hidrográficas ya están teniendo en cuenta la evaluación de cómo el cambio climático podría impactar en los recursos naturales de agua en cada área, como lo establece en el Reglamento de la Planificación Hidrológica¹⁶², incluyendo medidas como la restauración de ríos y humedales, la creación de zonas de infiltración y la promoción de técnicas de drenaje sostenible.

Sin embargo, aunque es una buena base de inicio, los efectos del cambio climático se extienden más allá de la disponibilidad de recursos hídricos, afectando a su gestión, la calidad del agua y la de los ecosistemas, así como la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos, debiendo ser considerados estos efectos en la planificación y gestión hidrológica junto a las SbN.

Por ello, se necesita fortalecer el conocimiento en determinadas materias para respaldar los planes hidrológicos de cuenca con SbN como; la reducción del oxígeno en ecosistemas y recursos, los efectos de los cambios en el régimen hidrológico en el ciclo de vida de las especies, transformación de los ecosistemas por reducción de aportes de aguas subterráneas, aumento en la concentración de contaminantes debido a reducción de aportes naturales, mayor eutrofización por incremento de contaminantes y temperatura, inundación de zonas húmedas litorales y desplazamiento de cuña salina en aguas subterráneas, cambios en hábitats de especies naturales en la cuenca hidrográfica y afectaciones a la vegetación de ribera.

El Plan Hidrológico Nacional se abre a la innovación en materia de recursos hídricos, según lo indica el artículo 34.1. Este plan permite acciones de investigación y desarrollo (I+D) en el programa de conocimiento y mejora de los recursos hídricos, enfocándose en campos que sean considerados prioritarios en la planificación hidrológica. Se hace especial hincapié en la gestión, preservación de la calidad y uso sostenible del agua, con el objetivo de mejorar el conocimiento, tecnologías y procesos relacionados con este recurso vital. Entre estos objetivos, definidos en su art. 2, destaca la gestión sostenible de la oferta de agua para asegurar su disponibilidad a largo plazo, en consonancia con el respeto al medio ambiente y otros recursos naturales¹⁶³. Todo ello, puede conseguirse por medio de las SbN, algo en lo que la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, es bastante flexible.

¹⁶² El Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, establece dicha obligación en su artículo 11.4.

¹⁶³ Véase art. 2 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

En este contexto, tanto el Plan Hidrológico Nacional como cada Plan Hidrológico de Cuenca deberían respaldar explícitamente la asunción de las SbN, asegurando así una coordinación efectiva en sus objetivos. No obstante, debe liderarse desde los Planes de Cuenca, puesto que la Ley del Plan Hidrológico Nacional establece los principios esenciales de coordinación para los Planes Hidrológicos de Cuenca, enfocándose en aspectos que han sido insuficientemente abordados o que requieren una uniformidad en sus soluciones a nivel nacional. Por ejemplo, se abordan cuestiones relativas a las transferencias de recursos hidráulicos entre diferentes ámbitos territoriales de los Planes Hidrológicos de cuenca.

Por medio de las transferencias (trasvases), se logra fomentar el desarrollo económico en zonas con escasez de agua, pero al mismo tiempo se preserva la disponibilidad de los caudales cedentes mediante la implementación de una tasa destinada a compensar ambientalmente a la cuenca cedente¹⁶⁴. Una forma efectiva de invertir los ingresos derivados de dicha tasa sería destinándolos a la implementación de SbN, ya que estos no solo benefician a las regiones con escasez de agua, proporcionándoles herramientas para la preservación y mejora de la calidad del recurso, sino que también brindan un apoyo adicional para garantizar el abastecimiento y disponibilidad de agua mediante el ciclo de reutilización de aguas residuales.

El propio Plan, aunque se centra en la transferencia del agua, establece otras medidas complementarias a las transferencias (que no recogen los Planes Hidrológicos de Cuenca) como; la canalización y escorrentía del agua de lluvia; la reposición artificial de aguas subterráneas, así como programas I + D para su fomento.

Un ejemplo de cómo las SbN ayudarían a la coordinación entre administraciones es en el caso de los acuíferos compartidos. De forma general cuando existe transporte mediante conducción artificial entre los mismos, se considera que hay transferencia de recursos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de Cuenca, con los requisitos que conlleva¹⁶⁵. Las SbN aplicadas no implican transporte alguno¹⁶⁶.

También serían una buena herramienta en la gestión de las sequías, ya que el Plan Hidrológico Nacional solo establece dos escenarios; (i) la posibilidad de que la Administración del Estado (para cuencas intracomunitarias) establezca indicadores hidrológicos que permitan prever estas situaciones y que sirvan de referencia general a los Organismos de cuenca para la declaración formal de situaciones de alerta y eventual sequía y, (ii) lo anterior da lugar a la elaboración de planes especiales por los Organismos de cuenca en los ámbitos de sus Planes Hidrológicos de cuenca correspondientes. Como vemos, la Ley del Plan Hidrológico Nacional no define medidas concretas, mucho menos SbN para dar solución a estos problemas.

¹⁶⁴ Véase arts. 12 y ss de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

¹⁶⁵ Véase arts. 12 y ss. de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

¹⁶⁶ Véase art. 8 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

Los Planes Hidrológicos son la herramienta idónea para la promoción de las SbN, como ya especifica la DMA en su art. 4.4. d) al identificar que en el plan hidrológico de cuenca figurará un resumen de las medidas exigidas con arreglo al artículo 11 que se consideran necesarias para devolver las masas de agua progresivamente al estado exigido. El art. 11 hace referencia al establecimiento de un programa de medidas para cada demarcación hidrológica en cumplimiento de los objetivos medioambientales de la DMA¹⁶⁷.

Además de ello, se le da importancia a la conservación de los humedales, cuando el art. 31 determina que, tanto el Ministerio de Medio Ambiente como las Comunidades Autónomas trabajarán conjuntamente para fomentar la recuperación de los humedales, regenerando sus ecosistemas y garantizando su existencia en el futuro. Sin embargo, este monitoreo no sirve de nada sin soluciones efectivas para complementar el uso sostenible y coherente, como pueden ser las SbN.

Además, las campañas de comunicación reflejadas en el art. 32, no solo deberían contener buenas prácticas para fomentar el ahorro, sino buenas prácticas sostenibles a nivel de uso de bio-productos (biofertilizantes, biopesticidas y bioestimulantes) agrícolas que no contaminen los acuíferos, técnicas de riego y utilización de tecnologías para la optimización del agua, como ya avanza el propio precepto al indicar “*que incluyan la elaboración y difusión de un catálogo de buenas prácticas y de las mejores tecnologías disponibles*”.

De la misma manera, que el RD 47/2022¹⁶⁸, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias (RDN) obliga a las comunidades autónomas a aportar el contenido de los programas de actuación a los procedimientos de elaboración de los planes hidrológicos de cuenca, una regulación expresa sobre SbN aseguraría la coordinación entre la Dirección General del Agua¹⁶⁹ y las comunidades autónomas.

5.- Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia (2021-2023): En el cual más del 37% se destina a la transición ecológica. Este plan se basa en diez políticas clave, incluyendo el impulso a infraestructuras y ecosistemas resilientes, que recibirá el 12% de los recursos para proyectos de conservación y restauración de biodiversidad, como el Plan

¹⁶⁷ Véase art. 4 de la Directiva 2000/60/ce del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

¹⁶⁸ El mencionado RD 47/2022, supone la transposición en España de la Directiva del Consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991 (denominada como “Directiva Nitratos”), cuyo principal requisito es que los Estados miembros deben establecer zonas vulnerables a la contaminación por nitratos y adoptar programas de acción para reducir la contaminación en dichas zonas. Estos programas de acción deben incluir medidas para reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenados, establecer períodos de prohibición de la aplicación de los mismos y limitar la carga ganadera en las zonas vulnerables. Además, los Estados miembros deben establecer programas de seguimiento y control de la calidad del agua para comprobar si se están alcanzando los objetivos de calidad establecidos. Los resultados de este seguimiento se deben incluir en informes que se deben enviar a la Comisión Europea cada cuatro años.

¹⁶⁹ Dependiente del MITERD, vemos una clara coordinación interadministrativa entre los organismos de cuenca y la administración hidráulica autonómica, con los órganos competentes de las CCAA en materia de elaboración de planes de actuación en virtud del RD 47/2022, de 18 de enero.

de Conservación y Restauración de Ecosistemas. Para este propósito, se creará un Fondo para la recuperación y resiliencia ecológica, movilizándolo inversiones verdes y azules y promoviendo soluciones basadas en la naturaleza.

Además de estas normativas específicas, existen otras regulaciones a nivel regional y local que pueden abordar las SbN, como los planes de ordenación del territorio, los planes de gestión de espacios naturales protegidos y las políticas de desarrollo sostenible de las ciudades. Así, por ejemplo, la Comunidad Autónoma de Andalucía ha aprobado el Plan Director para mejorar la Conectividad Ecológica en la región. Este plan se basa en una estrategia de Infraestructura Verde y tiene como objetivo principal garantizar y mejorar, en la medida de lo posible, la conectividad ecológica en la Comunidad. Para lograrlo, se prioriza el uso de soluciones basadas en la naturaleza, como la Infraestructura Verde y la restauración ecológica.

Por otro lado, como impulsa el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), el “Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España” abarca los principios de buena gobernanza aplicados a la gestión del recurso hídrico. Esta iniciativa representa una oportunidad para fomentar diversos instrumentos, incluyendo modelos de gobernanza participativos, que son esenciales para el desarrollo de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).

En conclusión, estos procesos esenciales, incluyendo la Estrategia Española de Cambio Climático y la nueva PAC, son fundamentales para respaldar y fortalecer la implementación de las SbN y así avanzar hacia una gestión sostenible y eficiente de los recursos hídricos en España.

3.2. Fundamentos Jurídicos de la Agricultura Sostenible.

La Directiva Marco del Agua (DMA) y la Política Agraria Común (PAC) se encuentran entrelazadas en términos legales mediante la normativa de la Unión Europea (UE). La DMA establece un marco para la gestión de las aguas superficiales y subterráneas¹⁷⁰, mientras que la PAC proporciona apoyo financiero a los agricultores para que adopten prácticas agrícolas sostenibles.

Ambas políticas están estrechamente relacionadas, ya que la agricultura puede tener un impacto significativo en la calidad del agua. Por ejemplo, el uso de fertilizantes y pesticidas puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, por lo que la DMA y la PAC trabajan juntas para reducir el impacto de la agricultura en el medio ambiente.

En primer lugar, la actividad agrícola involucra la administración de nutrientes en el suelo para aumentar su fertilidad y estimular el desarrollo de las plantas. En este contexto, los fertilizantes constituyen una de las herramientas empleadas para proveer estos nutrientes, y pueden tener origen tanto natural como sintético, incluyendo los conocidos fertilizantes químicos. El primer problema que se plantea, es que, bajo la Directiva Nitratos, los

¹⁷⁰ Véase art. 1. Objeto. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

fertilizantes químicos y los denominados biofertilizantes, ya sean naturales y elaborados a base de plantas con un número reducido de químicos, o los lodos de depuradora – que incluso reducen la presencia de metales pesados en el compuesto – se regulan bajo el mismo paraguas; el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, así como el Real Decreto 506/2013, de 26 de junio, sobre productos fertilizantes.

La contaminación más común relacionada con los fertilizantes agrícolas es causada por el nitrato. Este componente puede filtrarse hacia fuentes de agua cercanas, lo que lleva a su eutrofización¹⁷¹ y al deterioro de la calidad del agua en general.

En España, se ha observado una disminución del 60% de humedales en el transcurso del último siglo. Estos ecosistemas poseen la capacidad de eliminar hasta 2 kg de nitrógeno por hectárea al día del agua, por lo cual su declive genera un efecto perjudicial en la calidad del agua. Una vez más, reiteramos la aplicación de las SbN desde un enfoque integral, un enfoque que comienza desde la cuenca, pasando por la utilización en plantas de reutilización hídrica y finalmente, la utilización de las SbN como buenas prácticas agrarias que favorezcan la consecución de los objetivos de la nueva PAC.

A este respecto, la Política Agraria Común (PAC), ha establecido medidas para la gestión eficiente del riego a través de su régimen de pagos directos y su régimen de desarrollo rural¹⁷². La Unión está dispuesta a remunerar al agricultor por la prestación de estos servicios ambientales complementarios (o servicios ecosistémicos públicos), mediante un sistema de ayudas básicas a la renta para la sostenibilidad – ABRS – como establece el art. 16 Reglamento PEPAC. El agricultor es, además, recompensado por ir más allá de los requisitos obligatorios en relación con los compromisos agroambientales o climáticos contraídos (ecoregímenes y ayudas asociadas a la producción, mediante pagos directos verdes, y/o; Desarrollo Rural: medidas agroambientales y climáticas).

Antes de abordar el funcionamiento de la PAC, consideramos útil mencionar el Programa de Reservas para la Conservación (CRP) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) que tiene como objetivo retirar tierras ambientalmente sensibles de la producción agrícola y restaurar pastizales y árboles, con el propósito de proteger la calidad del agua, reducir la erosión y fomentar el hábitat de la fauna. Hasta agosto de 2016, cerca de 100,000 km² se habían inscrito en el CRP. La participación de los

¹⁷¹ Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la eutrofización provoca el crecimiento acelerado de fitoplancton y otras especies de flora acuática causando trastornos en el equilibrio del ecosistema acuático. En ocasiones este crecimiento es tan brusco que puede ser invasivo y se manifiesta en forma de floraciones, proliferaciones o "bloom". Además de alterar al ecosistema, las floraciones causan efectos negativos a la calidad del agua. Así, pueden aparecer y dominar ciertas especies como las cianobacterias, capaces de segregar toxinas al agua (microcistinas). La turbidez y materia en suspensión aumentan impidiendo el paso de la luz a capas profundas; se reduce el oxígeno disuelto, hasta agotamiento o anoxia, que puede alternar con estados de sobresaturación; se generan malos olores por emisión de metano y sulfuro de hidrógeno; aumenta el volumen de fangos orgánicos en el lecho, etc. Todos estos cambios alteran la vida acuática, siendo muy relevante la anoxia que causa mortandad de peces. La eutrofización, además puede producir el incremento significativo de la vegetación asociada a los cauces y favorecer el desarrollo de especies invasoras, etc.

¹⁷² Reglamento (UE) 2021/2115 de la PAC. [Publications Office \(europa.eu\)](https://publications-office.europa.eu)

agricultores en el programa es voluntaria, ya que involucra tierras de su propiedad. Los agricultores ofrecen sus terrenos para inscripción, y la Agencia de Servicios Agrícolas evalúa y clasifica las ofertas basándose en un índice de beneficios ambientales. Este índice considera factores como los hábitats para la vida silvestre, mejoras en la calidad del agua mediante la reducción de la erosión y la escorrentía, disminución de la erosión en la finca, beneficios a largo plazo, mejoras en la calidad del aire y costos. Como contraprestación por retirar tierras y llevar a cabo la restauración, los agricultores reciben pagos de alquiler y asistencia para costos compartidos en contratos de 10 a 15 años. Las tarifas de alquiler se basan en las tasas locales para tierras secas de cultivo, y los costos compartidos cubren hasta el 50% de los gastos para implementar prácticas de conservación aprobadas. El programa destina aproximadamente 2,000 millones de dólares anuales para arrendamiento y costos compartidos a los agricultores.

Los resultados del programa han demostrado reducciones significativas en la escorrentía de nitrógeno y fósforo de las explotaciones agrícolas, superando el 90% y el 80%, respectivamente. Se han restaurado más de 110,000 km² de humedales y la erosión del suelo ha disminuido en 180 millones de toneladas anuales. Además, se estima que se capturan en promedio 49 millones de toneladas equivalentes de CO₂ al año. Este enfoque no solo beneficia al medio ambiente, sino que también mejora la resiliencia, sostenibilidad y productividad de las operaciones agrícolas¹⁷³.

Al margen de esto, en el marco de la PAC, cada país elabora regímenes ecológicos a fin de brindar apoyo e incentivos a los agricultores que apliquen estas prácticas beneficiosas adicionales, y se componen de:

A. Condicionalidad reforzada.

El sistema obligatorio de “condicionalidad reforzada”¹⁷⁴, es un conjunto de obligaciones que se deben cumplir para que los agricultores y beneficiarios no sean objeto de sanción administrativa y no vean reducidas las ayudas solicitadas. Se compone de 11 Requisitos Legales de Gestión (RLG) que incluyen, entre otras, la Directiva Nitratos, Directiva Marco del Agua¹⁷⁵ y Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas¹⁷⁶, así como el cumplimiento de 10 Buenas Condiciones Agrícolas y Medioambientales (BCAM)¹⁷⁷, entre las que se encuentra el cumplimiento de la fertilización sostenible.

¹⁷³ Agencia de Servicio Agrícola del Departamento de Agricultura de los EE.UU. (2008; 2016).

¹⁷⁴ Reglamento (UE) 2021/2115 PAC, en sus artículos 12 y 13 (condicionalidad): En el artículo 12 se determina que los Estados miembros incluirán en sus Planes estratégicos PAC, un sistema de condicionalidad basado en el cumplimiento de los requisitos legales de gestión según el Derecho de la Unión y las normas BCAM enumeradas en el anexo III, en relación con los siguientes ámbitos:

- a) el clima y el medio ambiente, incluidos el agua, el suelo y la biodiversidad de los ecosistemas;
- b) la salud pública y la fitosanidad;
- c) el bienestar animal.

Los planes estratégicos de la PAC incluirán normas sobre un sistema efectivo y proporcionado de sanciones administrativas, aplicables en caso de incumplimiento de estos mandatos.

¹⁷⁵ Nuevo requerimiento en la PAC 2023-2027.

¹⁷⁶ Nuevo requerimiento en la PAC 2023-2027.

¹⁷⁷ De acuerdo a lo establecido en el Anexo III del Reglamento PAC.

En España, el Real Decreto 1049/2022, de 27 de diciembre¹⁷⁸, por el que se establecen las normas para la aplicación de la condicionalidad reforzada y de la condicionalidad social, establece los requisitos a cumplir por las personas beneficiarias, que son los RLG que figuran en el Anexo I (RLG 1 y 2; cumplimiento de la DMA y Directiva Nitratos y RLG 8; Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas) y los BCAM del anexo II¹⁷⁹. Entre ellos figura el mantenimiento de los pastos permanentes (BCAM 1), protección de humedales y turberas (BCAM 2), creación de franjas de protección en los márgenes de los ríos (BCAM 4; conservando la cubierta vegetal y evitando el uso de fertilizantes y fitosanitarios), Gestión de la labranza, reduciendo el riesgo de degradación y erosión del suelo (BCAM 5), cobertura mínima del suelo para evitar suelos desnudos en los períodos más sensibles (BCAM 6), rotación de cultivos (BCAM 7), porcentaje mínimo de la superficie agrícola dedicada a superficies y elementos no productivos (BCAM 8; tierras en barbecho, franjas de protección de los cauces, conservándose elementos del paisaje como lindes, charcas, lagunas, estanques y abrevaderos naturales, islas y enclaves de vegetación natural o roca y terrazas de retención). El BCAM 10 está dedicado a la fertilización sostenible, debiendo realizar un registro de las actividades de aporte de nutrientes, elaborar un plan de abonado para cada unidad de producción, la aplicación localizada de purines y el enterrado de estiércoles sólidos en las áreas agrícolas.

Una mayor integración con los mecanismos de la Política Agraria Común (PAC) tendría el potencial de movilizar recursos financieros para las SbN. La reciente reforma de la PAC para el período posterior a 2020 se alinea con el respaldo a actividades agroforestales, el desarrollo de una agricultura que incorpore servicios medioambientales y la promoción de prácticas agrícolas multifuncionales. En este contexto, varias iniciativas dentro del ámbito de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), como las estrategias de conservación del suelo, la implementación de sistemas agroforestales y las prácticas agrícolas sostenibles, podrían acceder a financiamiento a través de esta herramienta, brindando incentivos adicionales.

Sin embargo, no se recogen otras prácticas agrícolas basadas en SbN que podrían evitar determinados tipos de contaminación y procurar calidad y disponibilidad de los recursos hídricos, así como líneas de actuación ante catástrofes y sequías.

¹⁷⁸ Real Decreto 1049/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen las normas para la aplicación de la condicionalidad reforzada y de la condicionalidad social que deben cumplir las personas beneficiarias de las ayudas en el marco de la Política Agrícola Común que reciban pagos directos, determinados pagos anuales de desarrollo rural y del Programa de Opciones Específicas por la Lejanía y la Insularidad (POSEI).

¹⁷⁹ Véase art. 3.1. del Real Decreto 1049/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen las normas para la aplicación de la condicionalidad reforzada y de la condicionalidad social.

En la Comunidad Valenciana, la Orden 5/2023, de 8 de marzo¹⁸⁰, establece en su artículo 11 los requisitos de obtención de la ayuda básica a la renta¹⁸¹.

B. Eco regímenes.

Por otro lado, el agricultor también es recompensado por cumplir otros compromisos voluntarios como los eco regímenes, que muestran una serie de prácticas concretas que incluyen, por ejemplo, prácticas para la limitación de fugas de nutrientes. Son compromisos de suscripción voluntaria para los agricultores, sobre los objetivos específicos de la PAC, establecidos en su artículo 6.

En España, el art. 24 del Real Decreto 1048/2022, de 27 de diciembre¹⁸², establece 9 eco regímenes. Para acogerse a ellos, se podrán realizar estas prácticas:

- a) Agricultura de Carbono; pastoreo extensivo, siembra directa, cubierta vegetal espontánea o sembrada o cubierta inerte.
- b) Agroecología; rotación de cultivos con especies mejorantes, establecimiento de espacios de biodiversidad y/o la gestión de la lámina de agua.

En la normativa autonómica valenciana, el art. 17 de la Orden 05/2023, establece los requisitos para la solicitud de eco regímenes o “regímenes a favor del clima y el medio ambiente”.

Los compromisos de gestión se regulan en artículo 20 y siguientes de la Orden 05/2023, siendo los vinculados a la protección del agua, los establecidos en la Sección 4ª: “Compromisos de gestión agroambiental en agricultura ecológica”.

C. Dimensión social.

Asimismo, la dimensión social de la agricultura debe promocionar el empleo¹⁸³ y la conservación de la calidad medioambiental de las zonas rurales. La PAC busca abordar la falta de oportunidades laborales atractivas, capacidades tecnológicas e innovadoras, y

¹⁸⁰ Orden 5/2023, de 8 de marzo, de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, por la que se establecen las bases reguladoras aplicables al conjunto de intervenciones incluidas en la solicitud única en el Plan Estratégico de la Política Agrícola Común (PEPAC).

¹⁸¹ Art. 11 de la Orden 05/2023: “Las personas titulares de derechos de pago, para poder cobrar los importes correspondientes, deberán cumplir los requisitos establecidos en el Real decreto 1048/2022, de 27 de diciembre, sobre la aplicación, a partir de 2023, de las intervenciones en forma de pagos directos y el establecimiento de requisitos comunes en el marco del Plan Estratégico de la Política Agrícola Común, y la regulación de la solicitud única del sistema integrado de gestión y control. (...)”.

¹⁸² Real Decreto 1048/2022, de 27 de diciembre, sobre la aplicación, a partir de 2023, de las intervenciones en forma de pagos directos y el establecimiento de requisitos comunes en el marco del Plan Estratégico de la Política Agrícola Común, y la regulación de la solicitud única del sistema integrado de gestión y control.

¹⁸³ En el RD 1049/2022 se determina en su artículo 18 que, independientemente de la obligatoriedad de toda la normativa vigente en materia laboral, las personas beneficiarias de ayudas deberán cumplir las disposiciones relativas a empleo, salud y seguridad de los trabajadores que figuran en el anexo III del mencionado RD.

la migración significativa de la población joven. Sería muy favorable implementar los desarrollos de las SbN en agricultura desde estos entornos, donde no solo se elaboren y produzcan compuestos naturales que suplan los productos químicos, sino se traten, forme y elaboren los documentos necesarios para promocionar el uso de las SbN en el medio agrario. Asimismo, de igual manera que hemos detallado en la reutilización del agua como parte de la economía circular, también debe fomentarse en el campo, aprovechando los residuos alimentarios, lo cual también contribuye a una gestión más razonable del consumo de agua al generar subproductos.

D. Retos a solventar.

A pesar de la amplia normativa existente para disminuir la contaminación de fuentes agrarias, parece que el problema de contaminación por nitratos no ha hecho más que empeorar.

Esto puede ser debido a la aplicación tardía de las disposiciones relativas a la designación de Zonas Vulnerables (ZVN) establecidas en la Directiva Nitratos y el RD 47/2022 (RDN), la omisión de declaraciones adecuadas de áreas de vulnerabilidad, la presencia de una red de monitoreo deficiente y poco sólida, la aprobación de programas de acción con deficiencias sustanciales y la carencia de medidas complementarias o reforzadas en situaciones que lo requieren. Otro de los problemas es la falta de régimen sancionador por incumplimiento de la Administración en el cumplimiento de estas medidas, tan solo promovido por instancias superiores de la Comisión Europea contra España (C-239/12, C-486/14, C-195/17 o C-293/17).

Por otro lado, se debería trabajar en la elaboración de Códigos de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA) que recojan SbN que permitan reducir o eliminar (el RD 47/2022 en su artículo 1¹⁸⁴, se limita a establecer “medidas necesarias”), los niveles de nitratos en nuestras masas de agua. El RD 47/2022 establece la obligatoriedad de estos Códigos, a diferencia de lo establecido en la Directiva Nitratos, pero no refleja aspectos como la nutrición sostenible del suelo, haciendo difícil la formación e información al agricultor en nuevas técnicas que permitan el cumplimiento de la PAC.

Por otro lado, la formación y concienciación de la que hacen gala numerosas normativas, incluyendo el Plan Hidrológico Nacional o el artículo 4.1.b) de la Directiva Nitratos, también debería recaer en los diversos usos y beneficios del uso de SbN por parte de los agricultores, existencia de las mismas y establecimiento dentro de los CBP establecidos. Siendo todavía más interesante la creación de “bancos de conocimiento” y transferencia de prácticas por los propios agricultores, conocedores del estado geomorfológico del suelo y determinados condicionantes que pueden ser utilizados para la gestión eficiente de los recursos hídricos.

¹⁸⁴ Art. 1 RDN: “Este real decreto tiene por objeto establecer las medidas necesarias para reducir la contaminación de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas, causada por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, y actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de esa clase”.

Por último, los biofertilizantes, bioestimulantes o los lodos de depuradora como parte de las SbN, han experimentado cambios significativos en su regulación al ser incluidos en el nuevo Reglamento UE 2019/1009, con expresa mención a los mismos y trámites ajustados a su composición y beneficios. Anteriormente se regulaban bajo el Reglamento (CE) 2003/2003, pero presentaba deficiencias al cubrir únicamente los productos fertilizantes inorgánicos convencionales. Con la nueva enmienda, el Anexo II del Reglamento UE 2019/1009, define y amplía los componentes de los biofertilizantes y bioestimulantes, así como otros tipos de abono con origen compost, enmiendas del suelo, biofertilizantes con materia orgánica, plantas y extractos naturales, o los generados a partir de las corrientes de residuos o mediante una combinación de ambos.

Los biopesticidas no corren la misma suerte y siguen bajo los requerimientos del Reglamento (CE) N° 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios. Este reglamento establece las normas y procedimientos para la autorización, comercialización y uso de los productos fitosanitarios en la Unión Europea, con el objetivo de garantizar un alto nivel de protección de la salud humana y del medio ambiente, aunque dificulta los trámites para la comercialización de biopesticidas, de origen no químico.

Con los ajustes normativos adecuados, se contribuiría a la aplicación de la estrategia europea “de la granja a la mesa” alineada con la Estrategia de Biodiversidad para 2030, englobadas en el Pacto Verde Europeo, que se encaminan a afrontar este problema. Así lo indica la propia Directiva Nitratos, en su art. 8; “los Anexos (...) podrán ser adaptados al progreso científico y técnico (...)”, una forma de incluir en los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias las medidas basadas en SbN tan necesarias para combatir los efectos del cambio climático en los recursos hídricos.

IV. Ámbito institucional

El diseño del marco de gobernanza del agua debe aspirar a lograr una coordinación entre las acciones gubernamentales en todos los ámbitos en los que el agua desempeña un papel crucial, ya sea en el sector agrícola, urbano, energético, industrial, entre otros.

Conozcamos las principales interrelaciones en el ámbito de las SbN que debemos de mejorar y tener en cuenta en las regulaciones, conociendo previamente la actual estructura de la gestión del agua en España.

4.1. La estructura actual de la Gobernanza del Agua.

Como establece el LVGA¹⁸⁵, la estructura en el ámbito hídrico se fundamenta en la unidad de gestión de la demarcación hidrográfica, abarcando la totalidad del ciclo hidrológico, lo cual engloba tanto las aguas continentales como las costeras, y todo ello regido por el concepto de Dominio Público Hídrico (DPH).

¹⁸⁵ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. Libro Verde titulado: *Gobernanza del Agua: Hacia una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Unión Europea*, págs. 14 a 16.

Debido a que el agua se considera un recurso de dominio público, su acceso se encuentra regulado por leyes que establecen cuáles usos pueden ser realizados libremente y cuáles requieren de concesiones específicas. La responsabilidad de la gestión integral del agua en demarcaciones intercomunitarias recae en la Administración General del Estado, mientras que en las demarcaciones intracomunitarias esta responsabilidad es asumida por las Comunidades Autónomas (CCAA).

A nivel estatal, el artículo 149 de la CE establece que el Estado tiene la autoridad exclusiva para establecer las reglas básicas que protegen el medio ambiente y regular la forma en que se usan y se otorgan los recursos y usos del agua cuando los cursos de agua cruzan más de una región autónoma. También tiene responsabilidad en proyectos públicos de importancia general o que afectan a más de una comunidad autónoma, entre otras áreas.

Las Confederaciones Hidrográficas son las encargadas de administrar el agua en las cuencas hidrográficas, y de ellas dependen las comunidades de usuarios que son entidades públicas. Todo esto está bajo el control de la Dirección General del Agua, que maneja la mayoría de los fondos invertidos en proyectos relacionados con el agua por parte del Gobierno central.

Como nos recuerda el Libro Verde de la Gobernanza del Agua¹⁸⁶, la Dirección General del Agua establece una coordinación específica con las unidades de los Ministerios especializados y en el marco del Consejo Nacional del Agua (CNA). Sus acciones se desarrollan con el respaldo del Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), así como instituciones académicas notables como universidades, el Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Para llevar a cabo la implementación de proyectos y obras, así como la preparación de planes y programas, la Dirección General del Agua se apoya en recursos propios y en entidades como TRAGSA, las empresas públicas ACUAES y ACUAMED, así como empresas especializadas en ingeniería, consultoría y construcción. Este enfoque colaborativo y multidisciplinario asegura un enfoque sólido y diverso en la gestión integral del recurso hídrico.

Por otra parte, el artículo 148 de la CE establece que las Comunidades Autónomas pueden asumir competencias en áreas como ordenación del territorio, agricultura, medio ambiente, turismo, sanidad e higiene. También pueden tener responsabilidad en proyectos, construcción y operación de sistemas de aprovechamientos hídricos, canales y regadíos que sean de interés para la Comunidad Autónoma.

En las materias no atribuidas expresamente al Estado, las CCAA pueden recibir competencias de acuerdo con sus estatutos de autonomía. Esto ha dado lugar a que algunas CCAA tengan poder ejecutivo en cuestiones de gestión del dominio público

¹⁸⁶ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. Libro Verde titulado: *Gobernanza del Agua: Hacia una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Unión Europea*, pág. 15.

hídrico dentro de sus territorios, conforme a las disposiciones del Real Decreto-Ley 12/2011, con modificaciones posteriores introducidas por el RDL 17/2012. La legislación autonómica referente a aguas ha enfatizado la planificación y gestión autonómica del abastecimiento urbano a nivel supramunicipal. Similarmente, se ha actuado en términos de saneamiento y depuración, donde muchas CCAA cuentan con leyes que regulan estos servicios e incorporan el concepto de canon de saneamiento. Tanto las autoridades sanitarias autonómicas como las estatales comparten la responsabilidad de controlar la calidad del agua potable y gestionar sistemas de información relacionados.

La normativa establece la necesidad de monitorear tanto el estado químico como ecológico de las aguas superficiales y, de igual manera, evaluar el estado químico y cuantitativo de las aguas subterráneas. Además, se exige una supervisión constante de la calidad del agua en áreas especialmente protegidas, como son aquellas destinadas al abastecimiento de poblaciones, así como las aguas impactadas por nitratos provenientes de la agricultura. También, se debe vigilar las zonas sensibles que podrían verse afectadas por nutrientes de origen urbano y, las áreas de baño.

En lo que concierne al suministro de agua potable y saneamiento en los hogares, dicha competencia recae en los municipios, independientemente de su tamaño y situación financiera. Esto se estipula en la Ley Reguladora de las Bases de Régimen Local de 1985, y se considera un servicio público obligatorio.

4.2. Interrelaciones administrativas por sectores.

Como hemos podido vislumbrar, la interacción entre las diferentes instancias administrativas (nacional, autonómica y local) en relación a la gestión del agua resalta la ausencia de medidas exclusivas de una sola entidad. Esta dinámica plantea un desafío crítico en términos de coordinación interadministrativa, por lo que queda trabajo por hacer para lograr la completa coordinación en materia de SbN.

Para facilitar estas labores, en este estudio exponemos las principales acciones para la protección de los recursos hídricos mediante la aplicación de SbN y sus interrelaciones administrativas, siguiendo la línea establecida en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030.

4.2.1. Gestión del contingente por sequías.

En España, la administración de riesgos vinculados a sequías se realiza mediante los Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía (PES), regulados en el art. 27 de la Ley del Plan Hidrológico Nacional. Aunque para las cuencas intracomunitarias esta medida no es obligatoria, muchas de ellas también optan por desarrollar sus propios PES.

Los municipios con una población superior a 20.000 habitantes igualmente desarrollan estrategias de respuesta ante episodios de sequía, en estrecha colaboración con los planes

específicos de sequía delineados por las entidades encargadas de la gestión de cuencas hidrográficas.

Los mencionados PES (Planes especiales) recogen los contingentes de sequía por falta de precipitaciones y la derivada de la escasez. Para abordar este desafío, los organismos de cuenca, después de llevar a cabo evaluaciones de riesgo, se enfocarían en impulsar las SbN, de forma no excluyente con otras opciones. Estas estrategias aportarían prioridad a la protección de los recursos de aguas subterráneas, y proporcionarían los márgenes y la capacidad necesaria para responder ante episodios de sequía. Tanto los PES como los PHC deben actuar de forma coordinada, precisando una estrategia de coordinación entre las administraciones intervinientes: Organismos de cuenca, CCAA en planes de cuencas intracomunitarias, Dirección General del Agua (MITERD), con la colaboración de la Oficina Española del Cambio Climático (OECC), Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)¹⁸⁷.

Recordemos que según el citado art. 27, los PES serán enviados por los organismos de cuenca al Ministerio de Medio Ambiente para su aprobación.

4.1.2. Gestión de los riesgos por inundaciones.

Se realiza por medio de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones (PGRI). Dentro de las estrategias de adaptación, se destacarían las soluciones inspiradas en la naturaleza (SbN). Estas soluciones no solo atenderán el riesgo de inundación, sino que también generarán beneficios adicionales para objetivos como salvaguardar la calidad del agua, recargar los acuíferos y fomentar conexiones ecológicas.

La gestión del riesgo de inundación involucra diversas áreas de la gestión pública, como el pronóstico del clima, la planificación urbana y territorial, la protección civil, así como la administración de las zonas hídricas y costeras, cada una gestionada por distintos niveles de gobierno. Por esta razón, la coordinación y la coherencia en la formulación de objetivos de adaptación resultan cruciales en el manejo de eventos extremos de este tipo, que se prevé que aumentarán en frecuencia e intensidad en el futuro.

La planificación de la gestión de riesgos de inundaciones debe ir coordinada con los Planes Hidrológicos de Cuenca y: Organismos de cuenca, CCAA en planes de cuencas intracomunitarias, Dirección General del Agua (MITERD), OECC, Dirección General de Costa y Mar (MITERD), AEMET, Dirección General de protección Civil y Emergencias (DGPCE) y las CCAA¹⁸⁸.

4.1.3. Mejora del estado de las masas de agua y los ecosistemas acuáticos.

Lograr y mantener un estado saludable en las masas de agua y sus ecosistemas relacionados, aumenta la resiliencia ante los impactos del cambio climático. El agua desempeña un papel fundamental en la salud de los ecosistemas y, éstos a su vez, regulan

¹⁸⁷ Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, pág. 105 y ss.

¹⁸⁸ Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, pág. 111.

el ciclo del agua en todas sus etapas y niveles, dependiendo de su estructura y condición de conservación.

Las SbN deben ir encaminadas a la restauración de la forma y el movimiento natural de los cursos de agua, devolver meandros al río, volver a conectar áreas de inundación, devolver su aspecto natural a los cauces, proteger áreas de humedales, promover la continuidad del flujo del río y recuperar los bosques a lo largo de los ríos. Estas medidas tienen varios beneficios, como reducir el riesgo de inundaciones, mejorar la diversidad biológica y la condición de los ecosistemas, recargar los depósitos de agua subterránea, preservar la calidad del agua, prevenir la erosión y fortalecer la estructura del suelo.

Respecto al agua subterránea, se le da especial prioridad, al ser muy costosos los procesos tradicionales para su depuración. Tiene un papel fundamental en el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, aportando caudal base de los sistemas fluviales, y su deterioro pone en riesgo el estado ambiental de las aguas superficiales.

Es importante fijar con claridad la coordinación entre: Organismos de cuenca y Dirección General del Agua (MITERD), CCAA en planes de cuencas intracomunitarias, con el apoyo de la OECC, Dirección General de Costa y Mar (MITERD) e IGME.

En línea con la Directiva Marco del Agua (DMA) y la Directiva de Inundaciones, el LVGA nos recuerda que, el MITERD está llevando a cabo la elaboración de una Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. Esta estrategia engloba una serie de acciones con el propósito de preservar y revitalizar la salud de nuestros cuerpos de agua, reducir los riesgos derivados de inundaciones, realzar su herencia cultural, promover el uso sensato de los espacios fluviales y estimular el desarrollo sostenible de las áreas rurales, donde habría una buena oportunidad de coordinación de las SbN.

4.1.4. Gestión del ciclo integral del agua.

Es esencial lograr una coordinación entre las diversas Administraciones responsables de la provisión del ciclo urbano del agua, desde la cuenca hidrográfica hasta donde se descargan los vertidos.

Las medidas de adaptación, junto con la implementación de SbN, afectarán a las infraestructuras hidráulicas como la regulación, distribución, saneamiento, depuración y reutilización, la promoción de la eficiencia energética, incluyendo la integración de fuentes de energía renovable, así como la optimización y valorización de los residuos y subproductos para la mejora de los recursos hídricos.

Los Planes Hidrológicos de Cuenca del cuarto ciclo de planificación (2027-2033) incluyen un análisis de los riesgos causados por el cambio climático y un plan a largo plazo para adaptarse a estos riesgos en cada región. Sin embargo, serán necesarios cambios legales que detallen lo que se debe hacer en relación a la evaluación de riesgos y las estrategias de adaptación en la planificación del agua a nivel de cada cuenca.

Estas medidas de adaptación serán formuladas desde una perspectiva integral de gestión del agua y el territorio, incentivando la coordinación con la planificación del uso del territorio. Por lo que se deberán coordinar organismos como: Organismos de cuenca,

CCAA en planes de cuencas intracomunitarias, DG Agua con apoyo de OECC y Dirección General de Costa y Mar (MITERD).

4.3. Modelos de Gobernanza para SbN.

Conforme a la definición establecida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)¹⁸⁹, la Gobernanza del Agua consiste en un conjunto de procesos políticos, institucionales y administrativos, mediante los cuales las entidades gubernamentales y las partes involucradas concilian sus intereses, inquietudes y requisitos. El propósito de estos procesos es tomar y llevar a cabo decisiones que conduzcan a la consecución de los objetivos establecidos en la política hídrica.

En este documento de análisis, hemos planteado cuestionamientos acerca de la adecuación del modelo de gobernanza actual para cumplir con los nuevos propósitos de la transición hidrológica. Estos propósitos abarcan la aplicación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en busca de asegurar la seguridad hídrica, facilitar la adaptación al cambio climático y promover la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

Por otra parte, el Manifiesto de las soluciones basadas en la naturaleza para el clima¹⁹⁰ sostiene que las SbN podrían representar más de un tercio de las acciones más efectivas de mitigación climática requeridas hasta 2030 para mantener el aumento de temperatura global por debajo de 2°C¹⁹¹. Se estima que su potencial de mitigación natural es de 10-12 gigatoneladas de CO₂ al año. Si se invierte adecuadamente en estas soluciones, no solo se disminuirían los impactos del cambio climático, sino que también se fomentaría la generación de empleos, la resistencia de los medios de subsistencia y la reducción de la pobreza.

Podrían ampliarse exponencialmente si se les aporta el valor que merecen y reciben la inversión adecuada. Para ello, debemos maximizar la contribución de la naturaleza en la gestión de los recursos hídricos, especialmente, y en la acción climática de forma general.

Para ello, es fundamental que los líderes internacionales aseguren que las SbN son tomadas en cuenta en las decisiones y establezcan procesos de gobernanza que tengan como objetivo detener la degradación de la naturaleza. Los miembros de la Coalición NBS en la Cumbre tienen enfoque en cuatro áreas prioritarias, tres de ellas relacionadas con el modelo de gobernanza:

1. Impulsar y fusionar las Soluciones Basadas en la Naturaleza (NBS) en la estructura de toma de decisiones a nivel nacional, abarcando planes de gobernanza y políticas:

¹⁸⁹ Consultado en: [The OECD Water Governance Programme - water](#) (Último acceso el 21 de agosto de 2023).

¹⁹⁰ Cumbre de Acción Climática de la ONU. 2019.

¹⁹¹ Consultado en: [EGR_2017.pdf \(unep.org\)](#) (último acceso el 10 de agosto de 2023).

A modo de ejemplo de su aplicación en políticas, Estados Unidos ha tomado en consideración la integración de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como elementos esenciales de la infraestructura crítica. En la actualidad, el Congreso de la 116ª legislatura ha introducido algunas de estas soluciones en diversas leyes, tales como la Ley de Líneas Costeras Vivas de 2019, la Ley de Protección Climática y la Ley de Transporte Estadounidense de 2019.

Esta orientación se basa en la evaluación realizada por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), que establece que se requerían 4.6 billones de dólares hasta 2025 para llevar a cabo reparaciones directas en la infraestructura gris de Estados Unidos, la cual ha recibido una calificación de D+ debido a su deterioro.

2. Reforzar la cooperación regional e internacional:

Un hito relevante en este contexto es la creación de un Grupo de Amigos de las Soluciones basadas en la Naturaleza (GOF4NBS) tras la Cumbre de Acción Climática de septiembre de 2019. Esta coalición, propuesta como resultado de la cumbre, tiene como propósito estimular la colaboración entre naciones y actores no estatales, alentando un movimiento amplio en torno a las SbN. El enfoque multidimensional de esta estrategia, que abarca tanto la esfera diplomática como la movilización ciudadana, se entrelaza con agendas de cooperación y desarrollo, consolidando así un marco integral de acción hacia el logro de objetivos compartidos¹⁹².

3. Cambiar el modelo de gobernanza a nivel nacional e internacional, y la financiación:

La Ocean Risk and Resilience Action Alliance (Alianza de Acción para el Riesgo y la Resiliencia Oceánica) es una colaboración que tiene como objetivo fortalecer la resiliencia de las áreas marinas y oceánicas protegidas. Su enfoque radica en impulsar la inversión en el capital natural costero, utilizando productos financieros innovadores que promueven la combinación de financiamiento y la inversión privada. Este enfoque busca direccionar los fondos hacia las regiones y comunidades que más lo necesitan. Entre los miembros actuales de esta alianza se encuentran AXA XL, Ocean Unite, Global Resilience Partnership y el Gobierno de Canadá. Juntos, trabajan en la creación de soluciones financieras novedosas para abordar los desafíos relacionados con el riesgo y la resiliencia en los entornos oceánicos¹⁹³.

4. Ampliación de las SBN para la mitigación, resiliencia y adaptación:

¹⁹² Cumbre de Acción Climática de las Naciones Unidas (2019). Informe del Secretario General de las Naciones Unidas. Recuperado de:

https://www.un.org/es/climatechange/assets/pdf/SG_Report_Summit.pdf

¹⁹³ Ocean Risk and Resilience Action Alliance. (s.f.). About Us. Recuperado de: <https://www.oceanriskalliance.org/about-us/>

El Manifiesto hace especial hincapié en las SbN para preservar y recuperar recursos de agua dulce, así como la salud de los ecosistemas marinos y oceánicos, desarrollar sistemas agrícolas y alimentarios sostenibles, asegurando que la naturaleza contribuya al desarrollo sostenible, promoviendo infraestructuras naturales y transiciones equitativas en zonas rurales.

V. Instrumentos de implementación

5.1. Catálogo de SbN a nivel de fuente.

En primer lugar, abordaremos el tema de las SbN desde una perspectiva centrada en la fuente, por su impacto directo en la calidad del agua y, consecuentemente, en la reducción de costos asociados a su posterior tratamiento ¹⁹⁴ y en los gastos de expansión o construcción de nuevas instalaciones de depuración¹⁹⁵.

Las características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas (o biomas terrestres) tienen un papel fundamental en el ciclo del agua. Por eso, vamos a centrarnos en la aplicación de SbN, no únicamente en el agua, sino en el paisaje, la vegetación, los suelos y los humedales, puesto que todos ellos ejercen una gran influencia en todo el ciclo hidrológico. Además, influyen en la formación del suelo, la erosión, el transporte y depósito de sedimentos, afectando en la hidrología general¹⁹⁶. Adicionalmente, el ciclo del agua también conlleva flujos de energía que son impulsados por la naturaleza. Así, por ejemplo, el calor latente de la evaporación tiene la capacidad de generar efectos de enfriamiento, muy útiles en entornos industriales y agrícolas.

1. Restauración y creación de Humedales:

Los humedales se encuentran definidos, de una forma amplia, en la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB, 1992) y en la Convención de Ramsar sobre Humedales (1971) como aquellas “áreas de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, tanto naturales como artificiales, permanentes o temporales, de aguas estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”¹⁹⁷. Por tanto, los “humedales” incluyen ríos, lagos, embalses, manglares y suelos permanentemente saturados (especialmente turberas), entre otros tipos.

Lo que resulta preocupante es su alarmante disminución a nivel mundial, ya que estos ecosistemas desempeñan un papel esencial en la mejora y filtrado de la calidad del agua. Se estima que se ha perdido entre el 64% y el 71%, de la extensión total de humedales desde el año

¹⁹⁴ GARTNER, T., MULLIGAN, J., SCHMIDT, R. y GUNN, J. (Eds.), (2013). *Natural Infrastructure: Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States*. World Resources Institute (WRI), Washington DC, pág. 3.

¹⁹⁵ WITTMER, H., BERGHÖFER, A., SUKHDEV, P., (2010). Economía de los ecosistemas y de la biodiversidad (TEEB), porque no podemos arriesgarnos a considerar la naturaleza como algo garantizado, PNUMA.

¹⁹⁶ WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*, op. cit., pág. 3.

¹⁹⁷ Véase artículo 1 de la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB, 1992).

1900¹⁹⁸, lo que resulta muy significativo. Esta pérdida no solo afecta negativamente a la salud de los ecosistemas acuáticos, sino que también repercute en la capacidad de los humedales para proporcionar servicios ecosistémicos como la retención de agua y su purificación natural, la retención de agua durante inundaciones y el mantenimiento del flujo hídrico en épocas de sequía. La restauración de humedales puede incluir la reintroducción de especies animales para lograr resultados completos.

Un estudio enfocado en los humedales existentes en fincas del Reino Unido e Irlanda¹⁹⁹, ha revelado que la mayoría de humedales agrícolas favorecen la eliminación de diversos contaminantes, como nitrógeno total, amonio, nitratos, nitritos, fósforo reactivo total y soluble, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno y sólidos en suspensión. Siendo un factor clave en el nexo WEF al contribuir a la mejora de agua-energía-alimentación.

Por otra parte, el Estuario del Escalda, Bélgica, utiliza un humedal natural para absorber y ralentizar el flujo de fuertes lluvias, reduciendo así los riesgos de inundaciones²⁰⁰, o el ejemplo de la adaptación al cambio climático en la ciudad de Londres²⁰¹.

Aunque los humedales pueden eliminar un 20-60% de los metales en el agua y atrapar y retener un 80-90% del sedimento de la escorrentía, su eficacia en la eliminación de sustancias tóxicas de pesticidas, vertidos industriales y actividades mineras es menos conocida. Se ha descubierto que algunas plantas de los humedales acumulan metales pesados en sus tejidos a 100.000 veces la concentración que se encuentra en el agua circundante²⁰². Por lo tanto, es importante reconocer la capacidad limitada de carga de los ecosistemas y actuar desde enfoques híbridos con tecnologías de tratamiento de agua convencionales.

2. Cobertura vegetal (Riparian Buffer Zones):

La cobertura vegetal engloba aproximadamente el 72% de la extensión terrestre global²⁰³, una práctica que mitiga la escorrentía de nutrientes y sedimentos hacia los cuerpos de agua mediante el establecimiento estratégico de zonas de amortiguamiento vegetal en las orillas de los ríos. Con ella, no solo protegemos la salud hídrica, sino que contribuimos a preservar la biodiversidad y el equilibrio ecológico en los entornos fluviales. Un ejemplo local es la implantación de setos para evitar la escorrentía hacia el Mar Menor, cumpliendo lo previsto en Ley 1/2018, de 7 de

¹⁹⁸ DAVIDSON, N. C., (2014). "How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area", en *Marine and Freshwater Research*, vol. 65, núm. 10, págs. 934-941.

¹⁹⁹ NEWMAN, J. R., DUENAS-LOPEZ, M., ACREMAN, M. C., PALMER-FELGATE, E. J., VERHOEVEN, J. T. A., SCHOLZ, M. y MALTBY, E. (2015), *Do On-Farm Natural, Restored, Managed and Constructed Wetlands Mitigate Agricultural Pollution in Great Britain and Ireland?: A Systematic Review*, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), London.

²⁰⁰ MORRIS, J.T., (2007). "Ecological engineering in intertidal saltmarshes", en *Hydrobiologia* 577, págs. 161-168.

²⁰¹ JONES, S., SOMPER, C., (2014). "The role of green infrastructure in climate change adaptation in London", en *The Geographical Journal*, 180, págs. 191-196.

²⁰² SKOV, H., (2015). "UN Convention on Wetlands (RAMSAR): Implications for Human Health", en ELIAS, S.A. (Ed.), *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Amsterdam, Elsevier, pág. 501.

²⁰³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN/GRUPO TÉCNICO INTERGUBERNAMENTAL DE SUELOS (FAO/GTIS), 2015. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Informe principal*, Roma.

febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor²⁰⁴.

Pero no solo obtenemos los beneficios mencionados, los servicios que nos ofrece van mucho más allá. Así, el Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua 2018²⁰⁵, nos explica las funciones que tiene la planta junto a todos los elementos que la conforman. Por ejemplo, los tallos y las hojas interceptan las precipitaciones y la humedad contenida en las masas nubosas. Las raíces, inciden en la configuración y salud del suelo, a la vez que moldean el almacenamiento y la accesibilidad del recurso hídrico en el sustrato terrestre, orientando tanto la infiltración como la percolación de las aguas subterráneas.

Por ello, no deberíamos considerar a la vegetación como “consumidor” de agua, sino como un “reciclador” de agua²⁰⁶. En base a lo anterior, existen áreas donde la vegetación es la principal o única fuente de agua superficial local, actuando como una herramienta para recolectar agua de las nubes cuando no hay precipitación de manera estacional²⁰⁷.

La supresión de la cobertura vegetal conlleva la probabilidad de intensificar la escasez de agua en zonas áridas, la degradación de los terrenos y un proceso de desertificación más pronunciado²⁰⁸, como podría ser nuestra zona del litoral mediterráneo. También es útil recordar que evitar la acumulación de sedimentos y la contaminación en los cuerpos de agua tiene una importancia significativa en la eficiencia energética de las plantas de tratamiento de aguas residuales y su posible reutilización. En estos procesos, mantener una calidad adecuada del agua es esencial para optimizar la generación de energía y otros aspectos operativos del nexo WEF.

3. Reforestación de Cuencas Hidrográficas:

Esta SbN se refiere al proceso de plantar árboles y vegetación en las áreas que conforman una cuenca hidrográfica para disminuir la escorrentía superficial, aumentar la capacidad de infiltración del agua en el suelo, preservar o mejorar la calidad del agua en los cursos fluviales, reducir la erosión y mantener un ambiente saludable para la fauna y flora acuáticas.

Según WWAP-ONU agua, la cuenca como unidad se ajusta mejor a la gestión de aguas superficiales y subterráneas, pero los recientes avances en hidrología han puesto de manifiesto el nuevo concepto de “cuencas atmosféricas” o “cuencas de precipitación”, por la interconexión vegetación-suelo-agua. En este sentido también hablamos de reciclaje de humedad, a la gestión natural de los procesos de evaporación-precipitación que conforman las plantas y su relación

²⁰⁴ Consultado en: [Las barreras vegetales, una herramienta de protección para el mar Menor | iAgua](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

²⁰⁵ WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*, op. cit., pág. 28.

²⁰⁶ ARAGÃO, L. E. O. C., (2012). “Environmental Science: The rainforest’s water pump”, en *Nature*, vol. 489, págs. 217-218.

²⁰⁷ HILDEBRANDT, A. y ELTAHIR, E. A., (2006). “Forest on the edge: Seasonal cloud forest in Oman creates its own ecological niche”, en *Geophysical Research Letters*, vol. 33, núm. 11.

²⁰⁸ KEYS, P. W., WANG-ERLANDSSON, L. y GORDON, L. J., (2016). “Revealing invisible water: Moisture recycling as an ecosystem service”, en *PLoS ONE*, vol. 11, núm. 3.

con suelos saludables. Por ejemplo, a través de los procesos de transpiración de la planta, se ejerce una influencia sobre la disponibilidad de agua y los patrones climáticos. Como ejemplo de ello, citamos la evaporación en la cuenca del río Congo, que actúa como factor esencial en la generación de precipitaciones en la región del Sahel. De la misma manera, en la cuenca del Río de la Plata en Uruguay y Argentina, se destaca que aproximadamente el 70%²⁰⁹ de las precipitaciones provienen de la evaporación proveniente de la selva amazónica.

Esto evidencia las implicaciones más allá de las fronteras geográficas inmediatas en el suministro hídrico, por lo que no hablamos de cuenca hidrográfica, sino de cuenca atmosférica, algo que debería adoptarse a nivel legal y de gobernanza en los nuevos retos de cambio climático. Además, el cambio climático y sus efectos en la deforestación, pueden incidir de manera significativa en el ciclo hidrológico, lo que a su vez amenaza la producción agrícola y energética en áreas situadas más allá de los límites de la cuenca.

¿Estaríamos hablando de un efecto mariposa hídrico? Se ha hablado sobre un posible efecto mariposa climático en diversos medios²¹⁰, pero debemos comenzar a plantearnos este efecto a nivel hídrico como un todo que afecta no solo a las masas de agua, sino que está interrelacionado con toda la estructura del planeta, y afecta a nuestra supervivencia (abastecimiento, salud y alimentos).

4. Recuperación de Humedales Costeros:

Esta SbN consiste en la restauración de humedales costeros y estuarios con el objetivo de filtrar el agua, proteger la costa y proporcionar hábitats para la vida silvestre. Generalmente nos centramos en las masas de agua continentales, que cubren solamente alrededor del 2.6% de la superficie terrestre, olvidándonos de los ecosistemas costeros que cumplen un papel importante en todo el ciclo hidrológico.

La preservación de las aguas continentales se justifica por su contribución a procesos hidrológicos críticos, como la recarga y liberación de aguas subterráneas, la modificación de los caudales fluviales, la estabilización de sedimentos y la mejora de la calidad del agua (WWAP-ONU Agua).

Pero no nos olvidemos de los humedales costeros como los manglares que, junto con las marismas en menor medida, ejercen la capacidad de disminuir la energía de las olas y las corrientes, proporcionando estabilidad mediante sus sistemas radiculares y reduciendo los riesgos asociados con inundaciones causadas por eventos de mareas torrenciales. Estos humedales costeros representan así un componente clave en la Resiliencia ante Riesgos de Desastres (RRD), sin olvidar que aportan beneficios mundiales por un valor de 170.000 millones de dólares de los EE. UU., en servicios de los ecosistemas²¹¹.

²⁰⁹ VAN DER ENT, R. J., SAVENIJE, H. H. G., SCHAEFLI, B. y STEELE-DUNNE, S. C. (2010). "Origin and fate of atmospheric moisture over continents", en *Water Resources Research*, vol. 49, núm. 9.

²¹⁰ Consultado en: [¿Un efecto mariposa climático? Los cambios de temperatura del Pacífico se sienten en todo el mundo | Euronews](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

²¹¹ Consultado en: [Nature-based Solutions | IUCN](#) (último acceso el 04 de Septiembre de 2023).

5. Estabilización del estado del suelo:

La dinámica del agua en su interacción con el suelo va más allá de la vegetación y el clima, involucrando la composición interna y estructural del mismo. Imaginemos el suelo como una esponja con perforaciones, donde la organización de dichas perforaciones resulta igualmente significativa que las plantas que habitan en él. La salud y vitalidad de los suelos, incluyendo su capacidad para mantener nutrientes, ejerce gran influencia en la calidad del agua, impactando especialmente en entornos agrícolas.

Tan solo un pequeño 0.05% del agua se encuentra en la capa superior del suelo, pero es en esta capa donde la actividad biológica es alta, donde los flujos de agua y energía a través del suelo están interconectados y obtenemos un equilibrio entre la tierra-agua-energía del planeta. La conexión entre el suelo y la vegetación es como una pieza clave en un rompecabezas. Decide qué sucede con la lluvia al caer al suelo; si se filtra para recargar el agua subterránea, si forma corrientes en la superficie o si queda almacenada donde crecen las raíces de las plantas (esto es especialmente importante para la agricultura).

Este sistema también recicla el agua, devolviéndola al aire a través de la evaporación. Es como si la naturaleza tuviera su propio ciclo de reciclaje hídrico, como hemos comentado anteriormente. Según diversos autores²¹², las medidas de conservación y restauración de tierras, lograrían la reducción del 10% de sedimentos y nutrientes (como el fósforo) en las cuencas hidrográficas que abarcan aproximadamente el 37% de la superficie terrestre no helada a nivel global (equivalente a 4,8 millones de Km²).

6. Cuencas de control hídrico:

Las cuencas de control hídrico y sedimentos, especialmente las de las zonas más pronunciadas, son muy eficaces para dirigir la escorrentía. Estas cuencas están diseñadas para capturar, retener y luego liberar el agua de manera controlada, ya sea a través de una salida de tubería o mediante infiltración. En este proceso, se logra evitar la erosión, la sedimentación gradual de partículas y una mejor absorción de nutrientes por parte de la vegetación del terreno.

Otra alternativa es la implementación de estructuras de biorretención. Estas estructuras, rellenas con tierra, mantillo y vegetación²¹³, son diseñadas para retener la escorrentía y permitir que se infiltre a través de un lecho filtrante. Este proceso se apoya en reacciones biológicas y bioquímicas en el suelo, así como en la influencia de las raíces de las plantas en la zona. Estas soluciones muestran la sinergia entre ingeniería verde/gris y la naturaleza, combinando tecnología inteligente con el poder de la vegetación y los procesos naturales.

7. Uso de enfoques paisajísticos:

²¹² ABELL, R., et. al., (2017). *Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection*. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA, 245 págs.

²¹³ Consultado en: [Componentes de un área de biorretención – SuD Sostenible](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

Este enfoque se basa en la aplicación de enfoques estructurales en el paisaje, como la construcción de pequeñas áreas deprimidas para recoger el agua de lluvia o la utilización de recursos hídricos subaprovechados. Asimismo, también se basa en la construcción de terrazas o bancales en laderas para reducir la escorrentía y mejorar la infiltración del agua en los terrenos agrícolas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que algunos de estos enfoques podrían operar como formas reducidas de infraestructura tradicional o híbrida (verde/gris) para ser más eficientes.

Podemos mencionar el caso de la entidad no gubernamental Tarun Bharat Sangh en Rajasthan, en India. Durante el período de 1985 a 1986, las lluvias extraordinariamente escasas y una tala excesiva provocaron severas sequías en Rajasthan. El nivel del agua subterránea había disminuido peligrosamente y partes de la región fueron designadas como “zonas oscuras”, lo que implicaba restricciones en la extracción de agua subterránea. Como respuesta a esta situación, Tarun Bharat Sangh lideró la restauración a nivel de paisaje de los ciclos de agua locales. Además, se realizó desde un enfoque de género, guiándose por mujeres, conocedoras de los ciclos al haber sido las responsables de proveer de agua potable a sus familias tradicionalmente. Desde una gobernanza colaborativa, los enfoques de recuperación se basaron en estructuras de recolección de agua a pequeña escala, junto con la revitalización de bosques y suelos, especialmente en las cuencas superiores, con el propósito de mejorar la recarga de aguas subterráneas²¹⁴.

Este esfuerzo tuvo un gran impacto: Alrededor de 1.000 pueblos en todo el estado experimentaron una revitalización del suministro de agua; cinco ríos, que solían secarse después de la temporada de lluvias, volvieron a fluir y la pesca se recuperó; el nivel freático aumentó aproximadamente seis metros; la tierra cultivable productiva creció del 20% al 80%; la cubierta forestal, incluso en áreas de cultivo, que ayuda a conservar la integridad y la capacidad de retención de agua del suelo, aumentó en un 33%; y se observó el regreso de la vida silvestre, incluyendo especies como el antílope y el leopardo²¹⁵.

Este ejemplo, pone en evidencia que los sistemas de recolección de agua de lluvia previstos en las ciudades²¹⁶, deben aplicarse mediante un enfoque paisajístico, con infraestructura híbrida, en las áreas agrícolas y cuencas hidrográficas.

8. Sistemas de Drenaje Natural:

La restauración y conservación de sistemas de drenaje natural como pantanos y lagunas para filtrar y purificar el agua antes de que entre en los cuerpos de agua, constituye otra eficiente SbN.

²¹⁴ SINGH, R. (2016). *Water Security and Climate Change: Challenges and Opportunities in Asia*, Discurso inaugural en el Instituto Asiático de Tecnología, Bangkok, 29 de noviembre - 1 de diciembre de 2016.

²¹⁵ EVERARD, M., (2015). “Community-based groundwater and ecosystem restoration in semi-arid north Rajasthan: Socio-economic progress and lessons for groundwater-dependent areas”, en *Ecosystem Services*, vol. 16, págs. 125-135.

²¹⁶ Consultado en: [Sistemas de Captación de Agua de Lluvia \(SCALL\) - CityAdapt](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

La gestión adecuada de estos sistemas, unida a los bosques, humedales, pastizales, suelos y cultivos representa una valiosa “infraestructura verde” que está intrínsecamente ligada a la mejora de la protección de las fuentes de agua. Estos ecosistemas desempeñan un interesante papel al regular los flujos hídricos, mantener la calidad del agua y reducir la carga de sedimentos. Esto se logra al prevenir la erosión del suelo y al capturar y retener contaminantes presentes en el entorno acuático²¹⁷.

Los pavimentos permeables son otra forma de mejorar la calidad del agua. Los pavimentos permeables permiten que el agua se filtre directamente en el suelo en lugar de generar escorrentía superficial. Esto ayuda a reducir la erosión del terreno y la contaminación, ya que evita que el agua arrastre sedimentos y contaminantes hacia los cuerpos de agua. Al aumentar la infiltración, se recargan los acuíferos subterráneos y se mejora la disponibilidad de agua en el subsuelo²¹⁸.

9. Biomonitorio.

El biomonitorio es una técnica utilizada para evaluar la salud y la calidad de un ecosistema utilizando organismos vivos como indicadores. En lugar de medir directamente los contaminantes o parámetros ambientales, el biomonitorio observa cómo los organismos responden a las condiciones del entorno.

Cuando se produce la entrada de un contaminante o se desencadena un evento que altera las condiciones ecológicas en un sistema acuático, ya sea de origen natural (como incendios forestales, deslizamientos, sequías, inundaciones, etc.) o de origen humano (dragado, construcción de presas, contaminación, etc.), se desencadenan cambios en los organismos y en la composición de las comunidades. La magnitud de estos cambios está directamente relacionada con la duración de la perturbación, su intensidad y su naturaleza²¹⁹.

El sistema de puntuación “mini-SASS” (Evaluación de Mini Arroyos) en Sudáfrica, se basa en la supervisión de invertebrados e indicadores biológicos suplementarios basados en peces, vegetación ribereña y diatomeas. Sin embargo, no todos los organismos pueden funcionar como bioindicadores en los ecosistemas acuáticos, puesto que no todos reúnen las condiciones para ser considerados biomonitores²²⁰.

²¹⁷ PARTENARIADO PNUMA-DHI/UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA/THE NATURE CONSERVANCY, PNUMA-DHI/IUCN/TNC. 2014. *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Management Approaches for Water- Related Infrastructure Projects*, págs. 66 y ss.

²¹⁸ BARRINGTON, S., y BROWN, A., (2013). “An evaluation of porous pavement systems for treatment of urban stormwater runoff”, en *Water Research*, 47 (10), págs. 3323-3330.

²¹⁹ DOMÍNGUEZ, E., GIORGI, A., Y GÓMEZ, N. (Comps.) (2020). *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: Bases para el análisis de la integridad ecológica*. Editorial Eudeba, pág. 60.

²²⁰ DOMÍNGUEZ, E., GIORGI, A., Y GÓMEZ, N. (Comps.) (2020). *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina*, op. cit., pág. 58.

La *Daphnia*, un crustáceo de agua dulce²²¹, se utiliza para el monitoreo de la toxicidad del agua, ya que reacciona rápidamente a los contaminantes. Esta respuesta rápida permite la detección temprana de incidentes de contaminación. Además, también es común emplear algas como biotest para realizar un monitoreo en línea, especialmente enfocado en sustancias tóxicas como herbicidas. UNESCO-WHO-UNEP²²², nos proporciona un cuadro con grupos de organismos acuáticos empleados como indicadores biológicos, ventajas y desventajas de su empleo. Entre ellos, se encuentran bacterias, protozoos, algas, macroinvertebrados, macrófitas y peces.

10. Biorremediación Acuática:

La biorremediación acuática es una aplicación SbN que utiliza plantas acuáticas y microorganismos para eliminar contaminantes del agua, lo que conlleva a la mejora de la calidad del agua y la salud ecológica de los cuerpos hídricos.

La capacidad de las plantas acuáticas para absorber, acumular y metabolizar contaminantes como metales pesados, nutrientes en exceso y sustancias químicas tóxicas es notable. Por ejemplo, la Posidonia (*Posidonia oceánica*), una planta acuática endémica del Mediterráneo que desempeña un papel fundamental en el ecosistema marino. Sirve como hábitat para numerosos organismos, mejora la calidad del agua al depurarla, produce oxígeno en cantidades significativas, actúa como almacén de carbono, previene la erosión costera y, en resumen, es un indicador clave de la calidad ambiental del entorno marino²²³.

Los microorganismos beneficiosos pueden descomponer contaminantes orgánicos complejos en productos menos tóxicos o inofensivos. Un ejemplo destacado es la mycorremediación²²⁴ o uso de hongos para degradar o bioacumular contaminantes, o la utilización de utilizar micelio fúngico para la restauración de entornos y ecosistemas degradados.

Algunos tipos de cepas fúngicas y sus propiedades para degradar contaminantes son; *Pleurotus ostreatus* (Plásticos oxo biodegradables); *Lentinula edodes* (2,4 dichlorophenol); *Pleurotus pulmonarius* (Residuos radioactivos con base celulósica); *Jelly sp.* *Schizophyllum commune*, *Polyporus sp.* (verde malaquita); *Pleurotus pulmonarius* (petróleo); *Melanized fungi* (metales pesados, radionucleidos); *Pleurotus platypus*, *Agaricus bisporus*, *Calocybe* (Cobre, Zinc, Hierro, Cadmio, Plomo, Niquel)²²⁵.

11. Siembra de Agua:

²²¹ Consultado en: [USO DE DAPHNIA MAGNA COMO BIOINDICADOR DE TOXICIDAD EN EL EFLUENTE DEL PARQUE INDUSTRIAL RIO SECO - Exámen - Hector Castro Aquize \(clubensayos.com\)](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

²²² CHAPMAN, D., WORLD HEALTH ORGANIZATION, UNESCO & UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (1996). *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, en CHAPMAN, D. (Ed.), 2nd ed. E & FN Spon, págs. 217 y ss.

²²³ Consultado en: [La posidonia, una planta al rescate del Mediterráneo \(nationalgeographic.com.es\)](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

²²⁴ SINGH, H. 2006. *Mycoremediation: Fungal Bioremediation*, Wiley Interscience, Noviembre 2006, 624 páginas.

²²⁵ Consultado en: [MICORREMEDIACIÓN. ¿PUEDEN LOS HONGOS AYUDAR A SALVAR EL MUNDO? - Biomarmt :: Microbial Technologies \(biomarmt.com\)](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

La recarga artificial de acuíferos, aunque puede parecer una técnica moderna, tiene profundas raíces en la historia y se basa en principios de prácticas ancestrales. Esta técnica implica una serie de acciones humanas destinadas a dirigir y almacenar agua en áreas específicas, fomentando su infiltración en el subsuelo y, de esta manera, recargar artificialmente los acuíferos. La idea central era canalizar cuidadosamente el agua para promover su infiltración en el suelo (lo que podríamos comparar con la siembra) y, en consecuencia, asegurar una fuente de agua disponible en fechas posteriores (similar a la cosecha)²²⁶.

Durante siglos, Sierra Nevada en Granada ha albergado una infraestructura singular que despierta interés: las acequias de careos²²⁷. Aunque algunos estudios remontan su origen a la época romana, fue en el periodo andalusí cuando se estableció una compleja red de estas acequias, que se extendían por diversas distancias para capturar el agua de lluvia y del deshielo, y luego permitir su infiltración en los acuíferos. Esta red, con más de 750 kilómetros de longitud, funciona como un sistema de "siembra" del agua proveniente del deshielo de Sierra Nevada, lo que posibilita su "cosecha" en las temporadas secas. Las acequias de careos son construidas con materiales locales y su flexibilidad les permite adaptarse a las condiciones cambiantes, sin necesidad de un consumo energético significativo. Aprovechan el poder autodepurador del suelo, contribuyendo a mantener la calidad del agua, generan beneficios económicos y, al mismo tiempo, fomentan la biodiversidad en la región.

En los Andes peruanos, existe una práctica ancestral conocida como "amunas"²²⁸, que busca recolectar agua para aumentar el caudal de los manantiales. Las condiciones geográficas en los Andes peruanos (la cordillera andina está compuesta por rocas volcánicas fracturadas que permiten un rápido flujo del agua), hacen que estas amunas sean particularmente efectivas. La antigua civilización Inca utilizaba las amunas como un medio para rastrear el recorrido del agua. Depositaban semillas de quínoa en las amunas, y cuando estas crecían en lugares donde no habían sido plantadas, indicaba el punto de cosecha del agua.

12. Rehabilitación de pastizales y arbustos:

A pesar de que los bosques son los que más se han empleado como estrategias de restauración, en determinadas áreas son los pastizales los que consiguen mayores beneficios en relación a la protección del agua. Esto puede ser debido que, por un lado, son característicos de zonas donde las condiciones climáticas resultan ser insuficientemente húmedas o excesivamente frías para albergar bosques. Por otro lado, extensas superficies de bosques y humedales se han convertido en pastizales, muchas veces impulsado por el pastoreo y el cultivo. Esta transformación del paisaje ha tenido un impacto en la configuración y la funcionalidad de los ecosistemas.

Por ejemplo, en la meseta de Loess en China, ha sido la rehabilitación de pastizales y arbustos la que ha generado mejoras más sustanciales en términos de la retención de humedad y la

²²⁶ Consultado en: [Siembra de agua: Métodos ancestrales para la recarga de acuíferos \(insem.es\)](https://www.insem.es/) (último acceso el 01 de septiembre de 2023).

²²⁷ Consultado en: [Las acequias de careo de Sierra Nevada son el sistema de recarga de agua subterránea más antiguo de Europa - Nova Ciencia](https://www.nova-ciencia.com/) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

²²⁸ Consultado en: [Sistema hidráulico Amunas | Hidráulica Inca \(hidraulicainca.com\)](https://www.hidraulicainca.com/) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

preservación edáfica en comparación con los esfuerzos de reforestación en esa misma región²²⁹. No obstante, en pastizales sometidos a fertilización (como el caso español), nos encontramos con elevadas cargas de nitratos²³⁰, por lo que conlleva la necesidad del uso de SbN desde el prisma WEF, como veremos más adelante, y la adopción de un enfoque de hidrología de paisaje, en el cual la atención primordial se fija en la cobertura vegetal y en la gestión del suelo con técnicas de agricultura sostenible o uso de biofertilizantes.

13. Restauración fluvial y de los cursos de agua:

Por un lado, se destaca la importancia de la restauración de manantiales y fuentes acuíferas como parte integral de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). Esta restauración no solo contribuye a la preservación de estos ecosistemas, sino que también tiene un impacto significativo en la recarga natural de acuíferos, lo que a su vez garantiza un suministro sostenible de agua subterránea²³¹.

Por otro lado, como señala WWAP/ONU-Agua, se debe prestar atención a la restauración del perfil de los ríos y sus secciones transversales, así como a la realineación del cauce y cambios en el patrón de cauces en planta. Estas acciones, incluyen el reperfilado de ríos, obras de canalización, y la implementación de medidas de defensa ribereña. Además, la gestión fluvial y de los cursos de agua, el desbroce y el mantenimiento de canales y obras ribereñas son prácticas esenciales en este contexto.

Igualmente, la recuperación de las llanuras aluviales, la compensación de terraplenes y la reconexión de ríos con sus llanuras de inundación contribuirían a la preservación y revitalización de la diversidad biológica, disminuyendo simultáneamente la contaminación de sustancias químicas y nutrientes en cuerpos de agua como ríos, lagos y humedales, al tiempo que mejorarían la capacidad de retención de agua en estos ecosistemas²³².

Estas intervenciones, en conjunto, demuestran el potencial de las Soluciones basadas en la Naturaleza para abordar desafíos relacionados con la gestión de inundaciones, como los planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones para las subcuencas navarras. Con la aprobación de la Directiva Europea 2007/60/ CE de inundaciones, surge la necesidad y oportunidad de crear un plan de inundaciones para Navarra, aprobados en 2011. Recogen acciones basadas en la protección y restauración de ríos, protección de cauces y riberas dentro de la zona de periodo de retorno de inundación de 10 años, el establecimiento de territorio fluvial preferente, y regulaciones graduales en la zona con periodo de retorno de 500 años²³³.

²²⁹ CHEN, L., WANG, J., WEI, W., FU, B. y DONGPING, W., (2010). "Effects of landscape restoration on soil water storage and water use in the Loess Plateau Region, China", *Forest Ecology and Management*, vol. 259, núm. 7, págs. 1291-1298.

²³⁰ HAHN, C., PRASUHN, V., STAMM, C. AND SCHULIN, R., (2012), "Phosphorus losses in runoff from manured grassland of different soil P status at two rainfall intensities", en *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 153, págs. 65-74.

²³¹ SMITH, M., CROSS, K., PADEN, M. Y LAVAN, P. (2020). *Acuíferos: Gestión sostenible de las aguas subterráneas*. San Jose, Costa Rica: UICN ORMACC.

²³² AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (AEMA), 2020. *Floodplains: a natural system to preserve and restore*, EEA Report No 24/2019, Publications Office of the European Union, 56 págs.

²³³ The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit., pág. 39.

14. Preservación de zonas ribereñas:

La restauración ribereña se refiere a la recuperación de los hábitats naturales en la interfaz entre la tierra y el agua a lo largo de ríos, arroyos o lagos, también conocidos como zonas de amortiguación ribereñas.

Estos espacios, además de canalizar la escorrentía (como veíamos en el apartado de la cobertura vegetal), buscan reforzar las conexiones físicas, químicas y biológicas entre los ecosistemas terrestres y acuáticos²³⁴. Además, también desempeñan un rol fundamental al proporcionar hábitats cruciales en las orillas de agua, así como sombra para reducir la temperatura del agua, lo que tiene un efecto positivo en la regulación del oxígeno disuelto en el agua. Este factor es crucial para la supervivencia de la vida acuática y está vinculado a la prevención de proliferaciones de algas²³⁵.

La restauración ribereña no solo busca revitalizar los ecosistemas acuáticos y terrestres en estas áreas, sino que también tiene un impacto directo en la calidad del agua, la biodiversidad y la salud general de los ecosistemas. La implementación de técnicas innovadoras en la restauración ribereña puede impulsar la resiliencia de los ecosistemas acuáticos y terrestres, así como contribuir a la sostenibilidad de las comunidades que dependen de estos recursos.

15. Almacenamiento sostenible:

Se basa en la creación de embalses naturales mediante la construcción de represas de tierra, utilizando la topografía natural para almacenar agua y controlar inundaciones. En muchas áreas secas y semisecas, los lechos de ríos y corrientes estacionales albergan agua subterránea que se recarga cada vez que fluyen. Las comunidades pueden usar este recurso durante la época seca, usando formas simples de extracción. A pesar de ser una solución con gran potencial, en muchas partes de África, esta forma de almacenamiento no se utiliza mucho, especialmente para actividades como la agricultura²³⁶.

Nos encontramos en caso en los Ríos Shashe, Tuli y Sashane en el sur seco de Zimbabwe. A pesar de la sequía excepcional en la temporada de lluvias de 2015-16, estos ríos seguían teniendo suficiente agua para el riego.

²³⁴ BESCHTA, R. L. y KAUFMAN, J. B., (2000). "Restoration of riparian systems: Taking a broader view", en WIGINGTON J. P. J., y BESCHTA R. L. (eds.), *Riparian Ecology and Management in Multi-Land Use Watersheds. Middleburg (Va.)*, American Water Resources Association, AWRA's 2000 Summer Specialty Conference, August 28-31, 2000, Portland, Oregon, págs. 323-328.

²³⁵ HALLIDAY, S. J., SKEFINGTON, R. A., WADE, A. J., BOWES, M. J., READ, D. S., JARVIE, H. P. y LOEWENTHAL, M., (2016). "Riparian shading controls instream spring phytoplankton and benthic algal growth", en *Environmental Science: Processes & Impacts*, vol. 18, págs. 677-689.

²³⁶ LASAGE, R., AERTS, J., MUTISO, G.-C. M. y DE VRIES, A. (2008). "Potential for community based adaptation to droughts: Sand dams in Kitui, Kenya", en *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 33, núm. 1-2, págs. 67-73.

Sin embargo, utilizar esta agua para actividades productivas, como la agricultura, es un desafío que aún se debe superar²³⁷.

16. Tecnología de Revestimiento de Suelos:

Según WWAP-ONU Agua, se trata de una estrategia de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) que implica la aplicación de materiales naturales para cubrir y proteger suelos en áreas vulnerables, como laderas y zonas degradadas.

Esta técnica tiene como objetivo principal prevenir o reducir la erosión del suelo, algo que puede conllevar la pérdida de su capa fértil del suelo, la sedimentación de cuerpos de agua, la degradación del paisaje y la disminución de la calidad hídrica.

Los materiales utilizados en la Tecnología de Revestimiento de Suelos pueden variar dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones locales, pero generalmente incluyen elementos naturales como paja, hojas, ramas, mallas de coco, mantillo, piedras y otros materiales orgánicos o inorgánicos disponibles en el entorno. Estos materiales se aplican sobre la superficie del suelo de manera estratégica para crear una barrera física que proteja el suelo de la erosión causada por el viento, la lluvia o la escorrentía.

17. Creación de Barreras Verdes en Zonas Costeras:

Estrategia que se enfoca en el establecimiento de barreras vegetales en áreas costeras con el propósito de proteger a la población y los ecosistemas frente catástrofes naturales, evitar la erosión, preservar los ecosistemas y evitar la intrusión salina en las aguas continentales, tanto superficiales como subterráneas.

En las últimas décadas, ha habido un aumento significativo en los riesgos de erosión e inundación en zonas costeras, lo que ha destacado la vulnerabilidad de las infraestructuras convencionales y sus grandes costes de mantenimiento. Un ejemplo de esto son los costosos daños causados por los temporales de 2021 en todo el territorio que supusieron un desembolso de 213 millones de euros por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS)²³⁸.

A nivel global, las zonas costeras densamente pobladas, están siendo amenazadas por el aumento del nivel del mar, el oleaje, las mareas y el viento. En este contexto, los ecosistemas naturales como los arrecifes de coral, manglares, humedales, playas y dunas brindan servicios fundamentales para la subsistencia en términos ecológicos, culturales, económicos y de protección²³⁹. Sin embargo, estos servicios se ven amenazados por la degradación y la pérdida

²³⁷ CRITCHLEY, W. AND DI PRIMA, S., (2012). *Water Harvesting Technologies Revisited*. Deliverable 2.1 of the FP7 Project Water Harvesting Technologies: Potentials for Innovations, Improvements and Upscaling in SubSaharan Africa. Universidad libre de Amsterdam.

²³⁸ Consultado en: [1f4f8c2a-cdaa-4eff-9352-0c91c72ffb1b \(consorseguros.es\)](https://www.consorseguros.es) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²³⁹ MENÉNDEZ, P., LOSADA, I., (2017), "Barreras naturales para la defensa de la costa: marco estratégico y aplicaciones", en GÓMEZ MARTÍN, M.E., (comp.), XIV Jornadas españolas de ingeniería de Costas y Puertos, págs. 101-102.

de estos ecosistemas, como la desaparición del 30% de la cobertura de coral en las últimas tres décadas y la estimación de una pérdida adicional del 60% en los próximos 30 años.

El grupo de investigación Recursos Hídricos y Geología Ambiental, de la Universidad de Almería, ha visto que las desaladoras pueden ser un pilar para detener o, al menos, ralentizar la intrusión marina en los acuíferos. Se establece una barrera natural al extraer agua de mar en la “interfase”, donde se encuentra el agua dulce del acuífero costero y la salada. Este proceso, examinado en la desaladora en el delta del río Andarax en Almería, crea una barrera hidráulica negativa al bombear agua de mar debajo de la interfase. Esta barrera reduce la intrusión de agua de mar y, como resultado, mejora la calidad del agua en el acuífero.

En este punto, se deben proteger mediante SbN los arrecifes de coral, las islas y los humedales como manglares y pantanos, ya que son una primera línea de defensa contra las mareas y las inundaciones. Sistemas de amortiguación, cobertura vegetal, zonas inundables, pueden ser efectivos en este contexto, por lo que al igual que la “cuenca atmosférica”, concluimos que podemos hablar de “cuenca integral” o “cuenca marina de influencia”.

La aplicación de las SbN desde la fuente para mejorar la calidad del agua también protegerá ecosistemas acuáticos como los arrecifes de coral. La afectación de estos ecosistemas puede tener impactos en la calidad del agua dulce al aumentar la sedimentación y la erosión costera, favorecer la proliferación de nutrientes y contaminantes, lo que perjudica la calidad del agua y aumenta los costos de tratamiento²⁴⁰. Además, la alteración de la dinámica de peces y otros organismos marinos clave puede tener efectos indirectos en la calidad del agua dulce al influir en la regulación de nutrientes y detritus en el agua. En resumen, la conservación de ecosistemas marinos es esencial para preservar la calidad del agua dulce²⁴¹.

18. Protección de especies autóctonas/uso de EEI.

Como se apunta desde National Geographic, los ecosistemas de agua dulce son vitales para la supervivencia humana al proporcionar la mayor parte del suministro de agua potable. Además, albergan a más del 40% de las especies de peces en el mundo. A pesar de su gran importancia, la actividad humana está causando graves daños a lagos, ríos y humedales, y su declive es más rápido que el de los ecosistemas terrestres. Más del 20% de las especies de peces de agua dulce conocidas, que suman 10,000, se han extinguido o están amenazadas en las últimas décadas. Las cuencas, responsables de recoger las precipitaciones y dirigirlas hacia corrientes y lagos, son especialmente susceptibles a la contaminación.

La desaparición de animales autóctonos impacta significativamente en la contaminación y calidad de las aguas, por constituir un medio de control de plagas acuáticas, una forma regulación de nutrientes (la pérdida de ciertas especies de peces puede resultar en una acumulación de nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, que pueden provocar la proliferación de algas y la eutrofización), así como de regular el ciclo de nutrientes, lo que puede tener

²⁴⁰ Consultado en: EPA (Agencia de Protección Ambiental de USA): [Amenazas para los arrecifes de coral | US EPA](#) (último acceso el 04 de septiembre de 2023).

²⁴¹ Consultado en: [Los arrecifes de coral podrían desaparecer en 30 años | National Geographic](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

implicaciones para la calidad del agua²⁴². Todo esto, conlleva a una disminución de los servicios ecosistémicos, con implicancias ecológicas, económicas y sociales²⁴³.

Además de la actividad humana (extracción de agua y pérdida del caudal), una de las principales razones es la introducción de especies invasoras (EEI)²⁴⁴. El deterioro de las masas de agua, de igual manera, puede abrir la puerta a la entrada y establecimiento de Especies Exóticas Invasoras (EEI), motivada por el abandono de esos antiguos animales domésticos que describe BELTRÁN CASTELLANOS²⁴⁵. El autor, sintetiza el impacto de las EEI en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad (LPNB), así como una distinción entre “especies naturalizadas”, “especie nativa o autóctona”, “especie exótica con potencial invasor” y, “especie exótica invasora”²⁴⁶. Por lo tanto, es crucial implementar estrategias para el control y eliminación de estas EEI, así como evaluar y reducir las presiones que afectan a nuestros ríos para evitar su introducción por medio de SbN²⁴⁷.

No obstante, en años recientes, se ha evidenciado que las especies invasoras podrían tener un papel beneficioso en la purificación de aguas contaminadas. Además, podría abrir nuevas vías para la obtención de compuestos químicos naturales con propiedades prometedoras. Por ejemplo, la *Didymosphenia geminata* y *Egeria densa*, especies invasoras que están impactando a los sistemas dulceacuícolas de Chile, presentan propiedades de fitorremediación y bioactivas, que podrían servir como estrategia de economía circular y SbN, transformando un problema ecológico-medioambiental en un producto comercial²⁴⁸. De la misma forma, la utilización de la biomasa de especies invasoras, para la obtención de nuevos compuestos bioactivos, podría servir como un complemento en la elaboración de nuevos productos nutracéuticos, y fertilizantes.

Por otro lado, investigadores de la Politècnica de València (UPV) han demostrado que la eliminación de barreras como los azudes, puede duplicar la riqueza de peces nativos en los ríos mediterráneos (Júcar, Cabriel y Turia)²⁴⁹. El equipo de investigadores de la UPV ha desarrollado un modelo predictivo que permite evaluar las actuaciones de restauración de los ríos mediterráneos antes de acometerlas y decidir las actuaciones más eficientes, mezclando de nuevo tecnología con SbN.

19. Preservación de corredores naturales.

²⁴² CROOKS J.A., (2002). “Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineer”, en *Oikos* 97, págs. 153-166.

²⁴³ BRANSON, J., (2006). *Didymosphenia geminata economic impact assessment*. Final report to Biosecurity New Zealand, New Zealand Institute of Economic Research (NZIER), Wellington.

²⁴⁴ REID A.J., CARLSON A.K., et al. (2019). “Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity”, en *Biological Reviews*, 94, págs. 849-873.

²⁴⁵ BELTRÁN CASTELLANOS, J.M., (2019). *Fauna exótica invasora*, Ed. Reus, Madrid, págs. 19-24.

²⁴⁶ BELTRÁN CASTELLANOS, J.M., (2019). *Fauna exótica invasora*, op. cit., págs. 32-52.

²⁴⁷ MITECO. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: [Especies invasoras en medios acuáticos continentales \(miteco.gob.es\)](https://www.miteco.gob.es/) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁴⁸ FIGUEROA, F., PEDREROS, P., BRAVO, G., BARRA, R., URRUTIA, R. (2021), *Uso de especies invasoras de agua dulce: una potencial estrategia de economía circular*. Universidad de Concepción, abril 2021, pág. 6.

²⁴⁹ Consultado en: [Microsoft Word - RIQUEZA ESPECIES AUTÓCTONAS RÍOS MEDITERRÁNEO.doc \(upv.es\)](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

En relación al punto anterior, y junto a la preservación de la unidad genética del territorio, el Mantenimiento de Corredores Ecológicos se centra en la creación y conservación de corredores de vegetación que conectan diferentes áreas naturales que permiten la movilidad de la fauna y la transferencia de especies entre hábitats fragmentados. Uno de los principales objetivos es contrarrestar los efectos negativos de la fragmentación del hábitat y la dispersión de las especies, ayudar a mantener la diversidad genética de las poblaciones y mejorar la calidad del agua y del suelo al actuar como filtros naturales.

Un ejemplo concreto es el Corredor Biológico Mesoamericano, que se extiende desde México hasta Panamá. Este corredor se ha convertido en un modelo de éxito en la conservación de la biodiversidad al conectar una serie de áreas protegidas a lo largo de América Central, permitiendo que especies como jaguares, pumas y guacamayos puedan moverse libremente aumentando sus posibilidades de supervivencia.

20. Recarga de acuíferos.

Se busca promover las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como una forma de seguro natural contra eventos extremos como la sequía, mediante la carga de acuíferos.

Un caso destacable en nuestra región es el proyecto de recarga natural del acuífero de Medina del Campo en la Cuenca Hidrográfica del Duero. Este proyecto, como apunta MITECO, está promovido por la Confederación Hidrográfica del Duero con soporte de financiación europea de los programas H2020 y LIFE. Implica recargar el acuífero utilizando excedentes del río Tormes para fortalecer los caudales de varios ríos, lo que aumenta la infiltración y recarga natural del acuífero. Se están evaluando los beneficios de esta medida y sus efectos socioeconómicos y ambientales mediante modelización, evaluación económica y valoración participativa. Además, se busca fomentar un cambio de cultivos en las zonas regables que permita reducir el uso de agua sin perjudicar las ganancias agrícolas de los agricultores afectados²⁵⁰.

5.2. Aplicación de SbN en los sistemas de reutilización del agua.

Las posibilidades de implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza en el tratamiento de aguas residuales industriales están influenciadas por diversos factores, incluyendo la naturaleza de los contaminantes presentes y su carga en el agua. Aunque en muchos casos las soluciones de infraestructura convencional podrían seguir dando respuesta a ciertas fuentes de agua contaminada, las SbN van cobrando más relevancia por conseguir un triple beneficio en agua-energía-alimentación:

1. Humedales Artificiales:

Los humedales construidos se configuran como una opción para el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales mediante enfoques naturales. Estos humedales artificiales, diseñados y adaptados específicamente para este propósito, presentan una alternativa que integra procesos biológicos y físicos para eliminar contaminantes presentes en el agua residual. En las

²⁵⁰ The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit., pág. 41.

últimas dos décadas, existen casos exitosos en la industria petroquímica, láctea, cárnica, mataderos y plantas de pulpa y papel. Además, más recientemente, se han verificado aplicaciones efectivas de esta tecnología en el tratamiento de aguas residuales de la industria cervecera, curtiduría y almazaras²⁵¹.

Su aplicación, lógicamente, no solo mejora la calidad del agua, sino que optimiza el empleo de energía para su tratamiento, aumentando la disponibilidad para el consumo y riego agrícola.

2. Biorremediación:

La biorremediación, aquella técnica que emplea organismos vivos para recuperar aguas contaminadas, incluye técnicas como la bioestimulación, bioaumentación, fitorremediación y depuración natural. Estas tecnologías son económicamente viables y tienen un menor impacto ambiental en comparación con los métodos físico-químicos²⁵². La biorremediación se basa en factores como el contenido de materia orgánica, oxígeno disuelto, temperatura, pH, nitrógeno y fósforo. La bioaumentación²⁵³ implica la adición de microorganismos especializados, siendo muy utilizada por su eficacia en la eliminación de contaminantes específicos. La bioestimulación²⁵⁴ mejora las capacidades de las bacterias nativas mediante nutrientes, aunque se utiliza en menor medida. Un estudio²⁵⁵ evidencia que la incorporación de bacterias especializadas para la eliminación de nitrógeno fue efectiva para la depuración de aguas municipales en un sistema piloto en Henan (China) y en el tratamiento de aguas residuales en Pennsylvania (USA).

Como indica WWAP-ONU Agua, plantas como el alisier negro (*Rhamnus frangula*) son conocidas por su capacidad para acumular metales pesados como el plomo y el cadmio, o el uso de la planta de lenteja de agua (*Lemna* spp.), que se ha utilizado para eliminar metales pesados y nutrientes en aguas residuales contaminadas. La Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente ha publicado recomendaciones y estrategias de biorremediación con hongos y otros organismos²⁵⁶.

En España, investigadores del Grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos, han testado el hongo *Trametes versicolor*, un hongo de la madera de podredumbre blanca. Esta tipo de tecnología se denomina bio-oxidación avanzada y con ella se consigue la

²⁵¹ VYMAZAL, J., (2014). "Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review", en *Ecological Engineering*, Vol. 73, págs. 724-751.

²⁵² OME BARRERA, O., ZAFRA MEJÍA, C., (2018). "Factores clave en procesos de biorremediación para la depuración de aguas residuales. Una revisión", en *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, 21(2), págs. 573-585, Julio-Diciembre 2018.

²⁵³ GONG, X., (2012). "Remediation of weathered petroleum oil-contaminated soil using a combination of biostimulation and modified fenton oxidation", en *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 70, págs. 89-95.

²⁵⁴ HASSANSHAHIAN, M.; AHMADINEJAD, M.; TEBYANIAN, H., KARIMINIK, A., (2013). "Isolation and characterization of alkane degrading bacteria from petroleum reservoir waste water in Iran (Kerman and Tehran provenances)", en *Mar. Pollut. Bull.* 73(1), págs. 300-305.

²⁵⁵ CHEN, Q., NI, J., MA, T., LIU, T., ZHENG, M., (2015). "Bioaugmentation treatment of municipal wastewater with heterotrophic-aerobic nitrogen removal bacteria in a pilot-scale SBR", en *Bioresour. Technol.* 183, págs. 25-32.

²⁵⁶ Consultado en: [Contaminated Site Clean-Up Information \(CLU-IN\): Providing information about innovative treatment, characterization, and monitoring technologies while acting as a forum for all waste remediation stakeholders](#) (último acceso el 05 de Septiembre de 2023).

degradación de moléculas orgánicas complejas, como por ejemplo las moléculas de fármacos presentes en las aguas residuales urbanas²⁵⁷. El sistema emplea un contactor biológico rotativo, que consiste en discos giratorios, que genera un cultivo mixto hongo/bacteria durante la operación.

3. Biorreactores de Flujo Vertical:

Los biorreactores de flujo vertical son sistemas diseñados para mejorar la calidad del agua al permitir que pase a través de capas de sustrato, que pueden contener material orgánico y microorganismos beneficiosos. Estos sistemas son altamente eficientes en la eliminación de contaminantes, incluyendo nitrógeno y fósforo, a través de procesos biogeoquímicos naturales²⁵⁸.

Los biorreactores de flujo vertical son especialmente útiles en la depuración de aguas residuales municipales e industriales, reduciendo la carga de contaminantes antes de su descarga en cuerpos de agua receptores.

4. Reutilización de Lodos de Depuradora:

Los fangos provenientes de estaciones de depuración²⁵⁹ o reutilización de aguas residuales (EDAR/ERAR) presentan la oportunidad de reutilización con fines agrícolas o para la restauración de suelos degradados²⁶⁰. En este contexto, la estruvita, un subproducto obtenido de la línea de fangos, se destaca por sus múltiples ventajas agrícolas, técnicas y económicas. La estruvita, un fertilizante rico en fósforo, nitrógeno y magnesio, emerge como un recurso altamente beneficioso para la agricultura. Además, su escaso contenido de metales pesados garantiza una reducida posibilidad de contaminación de acuíferos, cumpliendo lo establecido en la Directiva Nitratos.

Un aporte crucial de la estruvita es su capacidad para controlar la cristalización del fósforo en las EDAR, lo que previene incrustaciones y daños en las estructuras hidráulicas. De igual forma, su aplicación favorece la eficiencia en la eliminación biológica del nutriente en el agua, colaborando en la gestión sostenible de los recursos hídricos. Un aspecto relevante es que la utilización de la estruvita conlleva a una disminución significativa en la producción de fangos y en los costes de mantenimiento, lo cual representa un ahorro económico para las instalaciones de tratamiento.

La valorización agrícola de los lodos de depuradora representa una forma de reciclado de tales residuos, dentro de la estrategia europea hacia una economía circular. De esta forma, las Estaciones Depuradoras de Aguas residuales (EDAR) son productores de residuos conforme la

²⁵⁷ Consultado en: [Los hongos, grandes aliados para depurar las aguas residuales urbanas | iAgua](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁵⁸ Consultado en: [Biorreactor anaeróbico para tratamiento de aguas residuales | Acuatecnica](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁵⁹ NÁJERA, S., RICO-AZAGRA, J., ELVIRA, C., GIL-MARTÍNEZ, M., (2018). *Tratamiento biológico de aguas residuales: nuevas estrategias de control*, Actas de las XXXIX Jornadas de Automática, Badajoz, 5-7 de Septiembre de 2018.

²⁶⁰ MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A., (2023), *La Economía Circular y el sector del agua en España*, op. cit. Pág. 39.

ley 7/2022, de residuos y suelos contaminados²⁶¹, por lo que deben garantizar su adecuada gestión²⁶².

5. Lagunaje natural:

Se trata de un método efectivo en la eliminación de materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos del agua residual. Aunque su diseño y construcción son simples, y sus costos de operación y mantenimiento son bajos, su principal desafío es que requieren una gran área en comparación con los métodos convencionales. Además, pueden generar efluentes con altas concentraciones de materia en suspensión durante la temporada de crecimiento de fitoplancton, lo que ha disuadido su uso en algunas regiones.

Para abordar este problema, se han desarrollado lagunas de alta carga, también llamadas “lagunas de algas”, como sistemas de tratamiento de aguas residuales que se caracterizan por su baja profundidad y agitación constante del agua, lo que promueve el crecimiento de fitoplancton y bacterias. A menudo se las ha considerado más como sistemas de producción de biomasa algal, que como sistemas de tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas aprovechan la simbiosis entre algas y bacterias para eliminar la materia orgánica y los nutrientes del agua residual.

La actividad fotosintética del fitoplancton genera oxígeno, que las bacterias aerobias heterótrofas utilizan para degradar la materia orgánica, reduciendo así la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) en el agua residual. Además, el fitoplancton asimila nutrientes como nitrógeno y fósforo, y durante el día, eleva el pH del agua, lo que contribuye a la volatilización del amoníaco y la precipitación del ortofosfato, ayudando así en la eliminación de nutrientes.

En estas lagunas, las microalgas y las bacterias tienden a formar agregados llamados floculación debido a condiciones químicas específicas y a la agitación constante. Esto facilita la decantación de la biomasa producida. La incorporación de lagunas de alta carga en sistemas de tratamiento permite reducir la superficie requerida para el tratamiento de aguas residuales con costos energéticos razonables²⁶³.

6. Uso de Tecnologías de Membrana:

El Reactor Biológico de Membranas (MBR) representa una innovación tecnológica en el tratamiento de aguas residuales con fangos activos. Este sistema emplea membranas de filtración para separar sólidos del agua, lo que elimina la necesidad de etapas típicas en los procesos convencionales de tratamiento de fangos activos. El MBR ofrece numerosas ventajas, incluyendo una alta eficacia y reducción de costos. Además, permite prescindir de la etapa de decantación secundaria, que es esencial en los sistemas convencionales. Cuenta con una eficacia cercana al 99% en la eliminación de sólidos en suspensión y alrededor del 95% en la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), junto con un 98% en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

²⁶¹ MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A., (2023), *La Economía Circular y el sector del agua en España*, op. cit. Pág. 77.

²⁶² RUÍZ DE APODACA ESPINOSA, A.M., (2022). “Economía circular y regulación de los lodos de EDAR”, en MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, Mª I., FERNÁNDEZ ARACIL, P. *Agua, energía y medio ambiente*. Alacant, Universitat d’Alacant, pág. 698.

²⁶³ MUJERIEGO, R., GARCÍA, J., HERNÁNDEZ MARINÉ, M., (1998). “Tratamiento de aguas residuales urbanas mediante lagunas de alta carga: evaluación experimental”, en *Ingeniería del Agua*, junio 1998.

Consta de tres fases; (i) pretratamiento: El agua que ingresa al MBR lleva consigo sólidos y partículas de gran tamaño. Para garantizar el correcto funcionamiento, se realiza un cribado a través de rototamices de hasta 1 mm para eliminar sólidos y prevenir daños en el equipo; (ii) Proceso Biológico: Esta etapa ocurre en el propio reactor biológico y comprende dos fases de oxidación: anaerobia y aerobia. La fase anaerobia depende de factores como el volumen disponible, la calidad del efluente y las necesidades operativas. Se requiere un sistema de agitación y aireación para proporcionar el oxígeno necesario, promover la actividad depuradora de las bacterias, prevenir la formación de flóculos y homogeneizar el reactor. La estimación precisa de las necesidades de oxígeno es esencial para un funcionamiento óptimo; (iii) Separación sólido-líquido: La separación sólido-líquido se lleva a cabo mediante membranas de filtración o ultrafiltración. Hay dos modalidades: una sumerge las membranas en el reactor biológico, y la otra las coloca en un tanque externo. Este proceso de filtración permite una eficiente separación de sólidos y líquidos en el tratamiento del agua²⁶⁴.

Por otro lado, la planta de tratamiento de agua de Choa Chu Kang en Singapur, construida en 1981, ha sido remodelada mediante la implementación de membranas cerámicas de última generación con filtros de carbón activado por ozono (Ozone-BAC) para fortalecer aún más el proceso de desinfección y tratamiento del agua²⁶⁵.

7. Tratamiento con Luz Ultravioleta (UV):

La aplicación de luz ultravioleta en sistemas de tratamiento de agua permite la desinfección eficaz y la eliminación de patógenos y microorganismos perjudiciales. Singapur lanzó el proyecto NEWater en 2002, como fuente de agua de alta calidad a partir de agua residual tratada mediante un proceso de purificación con tecnología de doble membrana, que incluyen la microfiltración y la ósmosis inversa, además de la desinfección mediante rayos ultravioleta.

El resultado es un agua que supera con creces los estándares de calidad del agua potable establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), procediendo incluso a embotellarla para consumo humano. NEWater contribuye al 30% de las necesidades diarias de agua, que ascienden a alrededor de 1.500 millones de litros al día. Además, se prevé un aumento en la capacidad de producción para que pueda satisfacer el 55% de la futura demanda en 2060, subrayando su importancia estratégica para la nación²⁶⁶.

8. Biomimética en el Diseño de Sistemas:

El concepto de biomimetismo o “imitar la vida”, fue acuñado por Janine Benyus en su obra de 1997, “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature”. En esta obra introduce siete fundamentos de diseño fundamentales para la biomimética, como la inspiración en los modelos, procesos y sistemas naturales. Existen varios ejemplos de arquitectura biomimética que pueden aplicarse a las EDAR u otras instalaciones.

²⁶⁴ Consultado en: [Biorreactor de membranas: etapas del proceso, ventajas y comparativa con sistemas convencionales | iAgua](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁶⁵ Consultado en: [Los proyectos de Singapur reciben 4 premios a la innovación en los Premios de la IWA | iAgua](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁶⁶ UN WATER. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. Consultado en: [Voces de Agua para la vida: Banco de conocimiento. Programa NEWater \(Agua Nueva\), Singapur \(un.org\)](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

BIQ House o “La Casa de Algas”, en Alemania, cuenta con una fachada con microalgas en su interior. Esta característica no solo mejora el aislamiento y la eficiencia energética del edificio, sino que también altera la entrada de luz solar en el interior, gracias a la capacidad de las algas para proporcionar sombra. Mediante un complejo sistema de agua, las microalgas obtienen nutrientes y dióxido de carbono para llevar a cabo la fotosíntesis²⁶⁷. Después, este gas se recolecta, se convierte en biomasa y, se utiliza para generar biogás, destacando la capacidad de optimización energética y valorización en plantas de tratamiento.

En su aplicación al agua, los manglares, lejos de ser simplemente arbustos costeros explotados para la construcción, desempeñan un papel como desalinizadores naturales. A través de las raíces de los mangles, estos ecosistemas eliminan las sales del agua marina en un proceso similar al filtrado renal humano. Inspirándose en este fenómeno, la Universidad Nacional de Singapur ha desarrollado una membrana biomimética que purifica el agua a baja presión, reduciendo los costos de energía hasta en un 30%. Este enfoque aborda el desafío en las técnicas de desalinización basadas en ósmosis inversa, que es la disminución de los altos costos energéticos necesarios para que las membranas actuales funcionen eficientemente.

La membrana biomimética incluye acuaporinas, proteínas que forman canales en las membranas celulares, permitiendo el transporte de agua por ósmosis. Estas proteínas son abundantes en plantas y también se encuentran en los riñones humanos, donde regulan el transporte de agua. La presencia de acuaporinas en las raíces de los mangles les permite filtrar hasta el 95% de la sal del agua marina. Por comparación, los riñones humanos son capaces de purificar hasta 150 litros de agua al día gracias a estas proteínas. Este enfoque biomimético ofrece un prometedor camino hacia una desalinización más eficiente y sostenible²⁶⁸.

9. Captura de Biogás en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:

El biogás, compuesto principalmente de metano (CH₄), se produce a partir de la digestión anaeróbica de los lodos de depuradora, un proceso biológico en el que microorganismos descomponen la materia orgánica.

El aprovechamiento del biogás generado durante el proceso de digestión anaerobia de los lodos residuales ayuda al cumplimiento de lo establecido en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, así como a la Hoja de Ruta del Biogás en el marco del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030.

10. Minicentrales hidroeléctricas y energía renovable:

La propia EDAR puede ofrecer oportunidades para la generación de energía hidroeléctrica. Mediante la turbinación del agua (turbinas de presas y grandes arterias), ya sea previa al proceso de potabilización o mediante microturbinas en las estaciones depuradoras²⁶⁹, o aprovechando la energía potencial del agua de la propia red de distribución.

²⁶⁷ Consultado en: [Arquitectura biomimética: principios, beneficios y ejemplos \(hogar-sostenible.es\)](https://hogar-sostenible.es) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁶⁸ Consultado en: [Biomimética y desalinización • FUTURO DEL AGUA](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁶⁹ MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A (2023). *La Economía Circular y el sector del agua en España*, op. cit. Pág. 82.

Además debemos considerar la incineración de lodos que permite reducir su volumen y obtener energía térmica útil o, la implementación de dispositivos para producir energía fotovoltaica en las EDAR²⁷⁰. La generación de energía inherente al ciclo urbano de la gua constituye 611 GWh reportados en Encuesta 2020.

Estas aplicaciones involucran enfoques avanzados de gestión de captación, que regulan el flujo de agua hacia las turbinas, reduciendo la carga de sedimentos en las instalaciones, lo que a su vez disminuye los costos operativos de las plantas y aumenta la eficiencia de almacenamiento. Un caso extrapolable es el de la generación hidroeléctrica de la presa Itaipú en la cuenca Paraná III, ubicada en la frontera entre Brasil y Paraguay. La acumulación de sedimentos en el embalse reduce su capacidad de almacenamiento y vida útil, lo que incrementa los gastos de mantenimiento y, por consiguiente, los costos de generación eléctrica. El programa “Cultivando Água Boa”²⁷¹ (cultivando agua buena) colabora con los agricultores para lograr metas conjuntas de sostenibilidad. Este enfoque permite que los agricultores sean considerados “productores de agua”²⁷² y reciban compensación por sus esfuerzos proactivos. En términos generales, la vida útil estimada del complejo de la presa ha aumentado de aproximadamente 60 años, desde su construcción, a alrededor de 350 años en la actualidad.

5.3. SbN en la Gestión Agrícola Sostenible.

En vista de la relevancia del agua para salvaguardar la seguridad alimentaria y fomentar prácticas agrícolas y nutricionales sostenibles, el desafío de proveer suficiente alimento para una población en constante expansión se convierte en un eje central en las agendas de desarrollo global. En consecuencia, se reconoce la necesidad de un cambio transformador en la producción alimentaria con un enfoque innovador y sostenible²⁷³. La agricultura debe responder al aumento previsto en la demanda, logrando una producción más eficiente y minimizando su impacto ambiental.

Este escenario es el marco idóneo para abordar las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), que vamos a analizar en detalle:

1. Agroforestería:

Los sistemas agroforestales contribuyen a la captura y retención de agua, lo que disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo. Según el informe “Agroforestry: Reconciling

²⁷⁰ GARCÍA, M., MONTANO, B., MELGAREJO, J., (2022). “La viabilidad del autoconsumo energético por medio de placas solares en los servicios de agua en España”, en *Revista Técnica Energía*, nº 19, Issue I, págs. 132-139.

²⁷¹ Itaipu Binacional. n.d. Cultivando água boa [Cultivating Good Water]. sitio web Itaipu Binacional. www.itaipu.gov.br/meioambiente/cultivando-agua-boa. (en portugués.)

²⁷² Consultado en: ANA (Agência Nacional de Água). [Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico — Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico \(ANA\) \(www.gov.br\)](http://Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico — Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico (ANA) (www.gov.br)) (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

²⁷³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2011b. *Producir más con menos: guía para los responsables políticos sobre la intensificación sostenible de la producción de los pequeños agricultores*, Roma. www.fao.org/docrep/014/i2215e/i2215e.pdf (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

Production with Protection of the Environment”²⁷⁴ de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se ha demostrado que los sistemas agroforestales pueden reducir la escorrentía y aumentar la infiltración de agua en el suelo hasta en un 70%. Esto conduce a una mayor recarga de acuíferos subterráneos y una menor pérdida de nutrientes y sedimentos hacia las fuentes de agua, mejorando así la calidad del agua.

2. Diversificación del paisaje:

La diversificación de cultivos, incluyendo la incorporación de cultivos de cobertura, desempeña un papel esencial al prevenir la erosión del suelo causada por el viento y la escorrentía del agua. La conservación de este recurso adquiere una importancia crucial, dado que se requieren 100 años para formar tan solo 2,5 centímetros de la capa superior del suelo. Además, incide en aspectos como la fertilidad, reduciendo el uso de elementos químicos y el consumo de agua²⁷⁵. Los sistemas agrícolas que adoptan enfoques como la variabilidad de cultivos, la ampliación de leguminosas y el control biológico de plagas, exhiben rendimientos comparables a los sistemas intensivos que dependen fuertemente de insumos²⁷⁶.

3. Sistemas agrícolas de conservación.

La promoción de las técnicas agrícolas de conservación, implica tres conceptos: reducir la perturbación del suelo (labranza cero/siembra directa), mantener una cobertura constante del suelo con materia orgánica y/o vegetación (cultivos principales y de cobertura, incluyendo legumbres), y fomentar la diversidad de especies vegetales en sistemas de cultivo que abarcan anuales o perennes, árboles, arbustos y pasturas en combinaciones, secuencias o rotaciones²⁷⁷. En el informe del Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación²⁷⁸, se presentó un análisis detallado de 42 estudios de casos que abordaron iniciativas a nivel global para la conservación de suelos y agua. Entre estas iniciativas, además de la agricultura de conservación, se destacan, el (i) abono/compostaje: Con capacidad de aumentar la fertilidad del suelo y mejorar su estructura, potenciando la infiltración del agua en el suelo y su percolación, favoreciendo la retención y disponibilidad hídrica en el entorno agrícola; (ii) infraestructura verde y cubierta vegetal: Uso estratégico de pastos o árboles en diversas modalidades, como las franjas. Estas franjas o vegetación previenen la erosión y mantienen la salud del suelo; (iii) zonas de amortiguamiento: zanjas circundantes de césped, setos, cinturones vegetales, ribazos, franjas ribereñas, controles de erosión de los márgenes, y; (iv) agrosilvicultura: sistemas de uso de tierra en los cuales se cultivan árboles en asociación con cultivos agrícolas, pastos o ganado.

²⁷⁴ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), 2014c. *Agroforestry: Reconciling Production with Protection of the Environment*.

²⁷⁵ Consultado en: [La diversidad de cultivos permite suelos sanos y mayores rendimientos | Mas Seeds](#) (último acceso el 24 de agosto de 2023).

²⁷⁶ BADGLEY, C., MOGHTADER, J., QUINTERO, E., ZAKEM, E., CHAPPELL, M. J., AVILES-VAZQUEZ, K., SAMULON, A. y PERFECTO, I., (2007). “Organic agriculture and the global food supply”, en *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 22, núm. 2, págs. 86-108.

²⁷⁷ FRIEDRICH, T., KASSAM, A. H. AND SHAXSON, F., (2008). *Agriculture for Developing Countries. Case Study Conservation Agriculture*. Proyecto de la Unidad de evaluación de las opciones científicas y tecnológicas (STOA) Project. Karlsruhe, Alemania, Grupo europeo de evaluación tecnológica.

²⁷⁸ WORLD OVERVIEW OF CONSERVATION APPROACH AND TECHNOLOGIES, WOCAT. 2007. *Where the Land is Greener: Case Studies and Analysis of Soil and Water Conservation Initiatives Worldwide*, copublicado por CTA/FAO/PNUMA/CDE, págs. 60 y ss.

La agricultura de conservación mejora la estructura y estabilidad del suelo; su capacidad de drenaje y retención de agua; menor riesgo de escorrentía pluvial y reducción de la contaminación de las aguas superficiales con pesticidas de hasta el 100% y fertilizantes hasta en un 70%²⁷⁹. El uso de cubiertas vegetales reducen la evaporación del suelo en alrededor de 50 mm por año para un periodo de 12 campañas, con un aumento de la eficiencia en el uso de agua del 8 al 10%²⁸⁰.

Esto podemos observarlo en la Figura 1 del Anexo I, donde se evidencia la diferencia entre la labranza regular del suelo (campo derecho) causa compactación y pérdida de infiltración, resultando en drenaje limitado e inundación, mientras que en el campo con labranza cero (campo izquierdo) no hay inundaciones debido a la preservación de la estructura del suelo y la capacidad de infiltración.

4. Buenas prácticas de gestión agropecuaria:

Como indica WWAP-ONU Agua, las prácticas agropecuarias coadyuvan a mantener o mejorar la calidad del agua y los suelos, a través de la optimización de las prácticas de pastoreo, la implementación de estructuras de distribución eficientes (como caminos y cercas) y la aplicación de tratamientos de tierras adecuados (como control de malezas y siembra de pastos, así como el manejo de los límites de los campos).

Este enfoque busca reducir la erosión del suelo, los sedimentos y las cargas de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, así como minimizar la presencia de patógenos potencialmente dañinos que puedan estar presentes en los desechos del ganado.

Por otra parte, la práctica de policultivos y asociaciones de cultivo (de diferentes especies de plantas en la misma parcela agrícola), aprovecha las interacciones naturales entre estas plantas para promover una mayor biodiversidad agrícola, mejorar la resiliencia de los cultivos y reducir la dependencia de pesticidas y fertilizantes químicos. Por ejemplo, algunas especies pueden tener sistemas de raíces profundas que ayudan a mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad de retención de agua, lo que beneficia a otras plantas cercanas al compartir estos recursos subterráneos. Además, algunas plantas liberan compuestos químicos naturales en el suelo que actúan como repelentes de plagas o inhibidores de enfermedades, lo que contribuye al control biológico de los problemas fitosanitarios.

5. Uso Eficiente del Agua:

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) ofrecen oportunidades para mejorar la eficiencia del riego, especialmente considerando que el riego actual constituye el 70% del consumo total de agua²⁸¹. Estas soluciones se concentran en optimizar la captación hídrica, promoviendo la

²⁷⁹ STAGNARI, F., RAMAZZOTTI, S. y PISANTE, M., (2009). "Conservation Agriculture: A different approach for crop production through sustainable soil and water management: A review", en Lichtfouse, E. (ed.), *Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants*, vol. 1. Dordrecht, Países Bajos, Springer, págs. 55-83.

²⁸⁰ Consultado en: [Maíz en Siembra directa y eficiencia en el uso de agua de riego - Universidad Agrícola \(universidadagricola.com\)](http://universidadagricola.com) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁸¹ HLPE (High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition Committee on World Food Security). 2015. *El agua para la seguridad alimentaria mundial: Informe del Grupo de expertos de alto nivel sobre*

retención de aguas subterráneas y la recarga de embalses. Este enfoque abarca desde la reducción de la sedimentación, que amplía la capacidad de almacenamiento de los embalses, hasta la mejora de la salud del suelo en sistemas de secano, donde se incrementa la retención de humedad en el suelo. Además, una administración mejorada del ecosistema del suelo en áreas bajo riego puede generar ahorros sustanciales de agua.

Según la doctrina, la implementación de prácticas de gestión de agua verde²⁸² en la administración rural podría aumentar la producción mundial de cultivos en casi un 20%, un beneficio en el uso del agua de alrededor de 1.650 Km³ anuales²⁸³.

Destacamos algunos ejemplos como el sistema de Intensificación del Arroz (SIA), una práctica que se basa en mantener el suelo húmedo pero no constantemente inundado, lo que lo mantiene aeróbico en lugar de anaeróbico. Con origen en Madagascar, el SIA ha ganado relevancia internacional²⁸⁴. El SIA puede ahorrar agua (hasta un 50%) y semillas (hasta un 90%), disminuir costos (hasta un 20%) y aumentar la producción de arroz entre un 25-50%²⁸⁵.

Por otro lado, el cultivo de maíz es el de mayor consumo de agua de riego en España con 16%²⁸⁶ del total del agua consumida, siendo imperioso incrementar la eficiencia de su uso. La siembra directa sobre rastrojos es una de las estrategias para incrementar la eficiencia en el uso del agua, reduciendo la evaporación del suelo en un 17% en comparación con el laboreo tradicional con arado²⁸⁷.

Una opción adicional para mejorar la eficiencia en el riego implica determinar con precisión las necesidades de agua de los cultivos. Para lograrlo, el servicio de asesoramiento de riegos por satélites e-SARAS, desarrollado en el marco del proyecto DEMETER²⁸⁸, ha aprovechado imágenes satelitales de áreas bajo riego para calcular el coeficiente k_c de los cultivos, lo que permite estimar sus requerimientos hídricos según la metodología de FAO k_c -ET₀, contribuyendo así a una gestión más eficaz del riego.

seguridad alimentaria y nutrición. Grupo de expertos de alto nivel sobre seguridad alimentaria y alimentación del Comité sobre Seguridad Alimentaria Mundial. Roma, HLPE.

²⁸² El término “agua verde” se refiere al agua de lluvia que queda almacenada en la zona de las raíces del suelo y que luego es evaporada, transpirada o utilizada por las plantas. Este concepto es especialmente importante para la producción de cultivos, hortalizas y productos forestales. Si deseas obtener más información, puedes consultar en el sitio web www.waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint

²⁸³ ROST, S., GERTEN, D., HOF, H., LUCHT, W., FALKENMARK, M. y ROCKSTRÖM, J., (2009). “Global potential to increase crop production through water management in rainfed agriculture”, en *Environmental Research Letters*, vol. 4, núm. 4.

²⁸⁴ KASSAM, A., STOOP, W. y UPHOF, N. (2011). “Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity”, en *Paddy and Water Environment*, vol. 9, núm. 1, págs. 163-180.

²⁸⁵ UPHOF, N. (2008). “The system of rice intensification (SRI) as a system of agricultural innovation”, en *Journal Tanah dan Lingkungan*, vol. 10, núm. 1, págs. 27-40.

²⁸⁶ LÓPEZ FUSTER P., MONTORO RODRÍGUEZ A., (2005). “Los regadíos en España. El ahorro de agua, recurso del futuro”, en *Agua y Agronomía*. Ed. Santaolalla Mañas et al. Mundiprensa, cap. 15, págs. 583-602.

²⁸⁷ ESPÓSITO, G., (2002). *Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en cultivo de maíz*. Tesis para optar al grado de Magíster en Producción Agropecuaria, Mención Producción Vegetal. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto.

²⁸⁸ DEMETER, 2002. *Demonstration of Earth observation Technologies in Routine irrigation advisory services*. V Framework Programme, European Commission.

6. Uso de Cultivos Tolerantes a la Sequía:

El uso de cultivos tolerantes a la sequía es una práctica agrícola básica en el contexto de la seguridad alimentaria y la gestión sostenible de los recursos hídricos. Esta estrategia implica la selección y cultivo de variedades de cultivos que han demostrado una mayor capacidad para sobrevivir y prosperar en condiciones de escasez de agua.

Por ejemplo, en cultivos de maíz se estudia una selección de variedades autóctonas en un entorno controlado que simula condiciones de sequía, empleando un agente polimérico conocido como polietilenglicol 6000 (PEG6000), el cual tiene la capacidad de bloquear la absorción de agua por parte de las raíces. Por otro, se analizan especies de maíz de climas desérticos, para observar su adaptabilidad local. Sin embargo, se considera que al provenir de Centroamérica donde convive desde hace 10.000 años, el maíz centroamericano pueda desarrollar otras formas de adaptación que no estén presentes en nuestro germoplasma²⁸⁹.

Por otro lado los cultivos cisgénicos y los OMG, en virtud de la interpretación aportada en el este estudio como SbN, pueden aportar tipos de semillas tolerantes a situaciones adversas como la variedad de soja argentina (HB4 gen).

7. Manejo Integrado de Plagas:

Este enfoque se alinea perfectamente con las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) al promover la gestión de plagas de una manera que minimiza la dependencia de pesticidas químicos y aprovecha los procesos y recursos naturales para mantener los cultivos saludables.

Algunas plantas tienen una mayor adaptación a condiciones ambientales específicas, siendo el riesgo de plagas más alto en monocultivos. Aspectos como la fertilidad del suelo, requisitos de pH y nutrientes adecuados para el cultivo y policultivos, inciden en la lucha contra las plagas de manera natural²⁹⁰.

Por otra parte, es posible contar con biopreparados como biofungicidas, bioinsecticidas, biorepelentes / biofertilizantes elaborados con ingredientes sencillos y de bajo costo. Dentro de los biorepelentes, nos encontramos con los microbiales, desarrollados a partir de microbios (bacterias, hongos, virus) capaces de producir enfermedades a ciertos insectos considerados plagas. Uno de los más conocidos es el *Bacillus thuringiensis* que controla gusanos o larvas²⁹¹.

Contamos también con compuestos esenciales o plantas medicinales los extractos de cola de caballo que actúa frente a patógenos fúngicos mediante una doble vía: por un lado, el silicio mejora la resistencia de las paredes vegetales y por otro, las estilipironas incrementan la

²⁸⁹ REVILLA, P., ALVAREZ-IGLESIAS, L., PEDROL, N., et al. (2018). "Mejora del maíz frente al cambio climático: fuentes de tolerancia a la sequía", en *Vaca Pinta*, nº 2, 03-2018, págs. 110-112.

²⁹⁰ Consultado en: [Cómo combatir plagas en agricultura ecológica - los mejores consejos \(ecologiaverde.com\)](https://ecologiaverde.com) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

²⁹¹ Consultado en: [Guía de biopreparados para el manejo de plagas y enfermedades - PortalFruticola.com](https://PortalFruticola.com) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

producción de fitoalexinas y la actividad de enzimas quitinasas²⁹². Los extractos de ortiga han demostrado efectividad contra ácaros²⁹³.

Por último, la diversificación de métodos como el uso de trampas para monitorear y reducir las poblaciones de plagas, o la introducción de insectos depredadores y parasitoides, pueden autorregular los cultivos reduciendo los químicos. Por ejemplo, el control biológico de la Viruela de la Patata, una enfermedad del suelo provocada por el hongo *Rhizoctonia solani*, se contrarresta con el hongo beneficioso *Trichoderma harzianum*²⁹⁴.

8. Pastoreo Rotativo:

El Pastoreo Rotativo es una práctica de manejo ganadero que se basa en una rotación planificada y estratégica de los animales en áreas de pastizales. Su objetivo principal es evitar la sobrecarga de pastoreo en un lugar específico y, al mismo tiempo, permitir la recuperación y regeneración del suelo. Durante este período de descanso, la vegetación tiene la oportunidad de regenerarse, las raíces de las plantas se fortalecen y el suelo puede retener mejor la humedad y los nutrientes.

9. Agricultura Ecológica:

La Agricultura Ecológica no solo evita el uso de pesticidas y fertilizantes químicos, sino que también prioriza prácticas agrícolas sostenibles y la conservación del medio ambiente. En este contexto, empresas pioneras como Kimitec Group están liderando la revolución de la Agricultura Ecológica al combinar métodos tradicionales con tecnologías avanzadas basadas en la biotecnología; bioestimulantes y biofertilizantes.

Productos que mejoran de la calidad del suelo y la calidad de las aguas subterráneas, al reducirse drásticamente el uso de metales pesados y nitratos. Los biofertilizantes enriquecen el suelo con nutrientes esenciales, mientras que los bioestimulantes mejoran la resistencia de las plantas a enfermedades y condiciones adversas.

VI. Financiación de las SbN.

6.1. Fuentes de financiación para las SbN. Retos y desafíos.

Dentro del actual marco económico de la política de aguas, surgen dos desafíos financieros fundamentales.

En primer lugar, nos enfrentamos a una falta de incentivos significativos para una utilización más eficiente de los recursos, como dispone la propia DMA. Por otro, la capacidad y los

²⁹² WANG, M, GAO, L., DONG, S., SUN, Y., SHEN, Q., y GUO, S. (2017). "Role of Silicon on Plant-Pathogen Interactions", en *Front Plant. Sci*, vol. 8, artículo 701.

²⁹³ DĄBROWSKI, Z.T., SEREDYŃSKA, U., (2007). "Characterisation of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch acari: Tetranychidae) response to aqueous extracts from selected plant species" en *J. Plant Protect. Res.* 2, págs. 113-124.

²⁹⁴ Consultado en: [Microorganismos beneficiosos para el control biológico de plagas y enfermedades en patata | Koppert España](#) (último acceso el 05 de septiembre de 2023).

mecanismos de financiación públicos son insuficientes para respaldar los programas de inversión de las SbN.

En nuestro país, según aporta MITECO²⁹⁵, el sector presenta una notable fragmentación en términos de competencias. Además, en el ámbito de la inversión, su estructura se caracteriza por su atomización, lo que conlleva importantes necesidades de inversión. Según datos proporcionados por Global Water Intelligence, en 2011, la inversión en el sector del agua español se encontraba significativamente por debajo en relación con su Producto Interior Bruto (PIB) en comparación con otros países europeos. No obstante, se trata de un problema global, puesto que se prevé que la falta de inversiones para la biodiversidad a nivel mundial oscilará entre los 598.000 millones USD y los 824.000 millones USD al año en los próximos 10 años²⁹⁶.

Por otro lado, a nivel municipal se carece de recursos propios para la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), por lo que requieren de respaldo financiero externo. Aunque existen oportunidades de financiación a través de instancias como la Unión Europea, el Banco Europeo de Inversión (BEI) y algunos fondos privados, estas opciones tienden a favorecer proyectos con sólidas garantías de retorno de la inversión y una amplia base de evidencia que respalde su viabilidad económica o efectividad. Esta dinámica plantea limitaciones para los municipios al intentar llevar a cabo iniciativas y proyectos de enfoque más innovador, como es el caso de las SbN. En muchas ocasiones, los proyectos se orientan hacia soluciones tradicionales percibidas como de menor riesgo, debido a la necesidad de cumplir con los criterios exigentes de financiación establecidos por estas instancias.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) advierte que la rapidez de los cambios en el paisaje, la urbanización y el cambio climático está superando la capacidad de adaptación de la infraestructura convencional. Tanto el BID como un creciente grupo de expertos sugieren que las soluciones basadas en la naturaleza deben ser adoptadas en conjunto con las soluciones tradicionales para abordar esta realidad. Por ello, ADERASA, en colaboración con la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua y la Red de Fondos de Agua de América Latina, respaldados por la Asociación Internacional de Agua (IWA), se unieron con el propósito de sensibilizar sobre la imperante necesidad de impulsar la adopción de estas soluciones²⁹⁷.

Por otro lado, en el contexto europeo, existen herramientas de financiación ya establecidas y probadas en contextos distintos, las cuales podrían ser adaptadas para respaldar la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en España pero que deben ser complementadas con nuevos modelos de inversión mixta o privada para que las SbN alcancen todo su potencial²⁹⁸.

²⁹⁵ The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit., pág. 18.

²⁹⁶ LOVEJOY, T., M.-J. LABELLE, E. SANDERSON, J. STEPHENSON, M. ALBANI, F. HAWKINS, y J. ADAMS., (2020). *Financing Nature: Closing the Global Biodiversity Financing Gap*, Paulson Institute, The Nature Conservancy and Cornell Atkinson Center for Sustainability, pág. 9.

²⁹⁷ Consultado en: [Adoptar las soluciones basadas en la naturaleza \(fondosdeagua.org\)](https://fondosdeagua.org) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

²⁹⁸ MARSTERS, L., MORALES, G, OZMENT, S., SILVA, M., WATSON, G., NETTO, M., y FRISARI, G.L., (2021). *Nature-Based Solutions in Latin America and the Caribbean*, op. cit, págs. 3-4.

En relación a ello, la Unión Europea ofrece una gama de opciones financieras que pueden ser empleadas para promover, inicialmente la infraestructura verde, y consecuentemente las SbN. La combinación de estos instrumentos financieros puede impulsar la adopción de Soluciones basadas en la Naturaleza y contribuir al bienestar de los ecosistemas y la salud de las comunidades. A instancia de Miguel Bernuy, Especialista en Instrumentos Financieros de MINAM, es imprescindible identificar inversiones públicas clave, como las relacionadas con el sector de la salud y la infraestructura de transporte. En la actualidad, los ecosistemas no difieren en este aspecto, ya que conforman un conjunto interconectado de elementos que, en su conjunto, proporcionan servicios esenciales a la sociedad, tales como la regulación hídrica y los beneficios sanitarios y culturales²⁹⁹.

Así, por ejemplo, el art. 8 del Reglamento (UE) 1303/2013 destaca la orientación de los fondos estructurales y de inversión europeos hacia el desarrollo sostenible, y subraya la incentivación que la Unión Europea otorga a la conservación, protección y mejora del entorno ambiental. Asimismo, este artículo establece la responsabilidad de los Estados miembros y la Comisión para asegurar que la formulación y ejecución de los programas se guíen por la optimización de los recursos, la mitigación y adaptación al cambio climático, la preservación de la biodiversidad, la capacidad de enfrentar desastres y la prevención y gestión de riesgos.

En el mismo sentido, el artículo 9 de la DMA, contempla la posibilidad de que las tarifas de agua sean utilizadas para recuperar los costes asociados al medio ambiente. Esta directiva podría ser implementada de manera más eficaz, y se podría desarrollar una normativa que fomente el uso de los ingresos generados a través de la recuperación de costes ambientales. Estos fondos podrían ser destinados a financiar proyectos que promuevan la sostenibilidad de los sistemas hídricos y fomenten la adopción de Soluciones basadas en la Naturaleza.

Es importante tener en cuenta que la distribución de estos fondos dentro de España depende de las competencias autonómicas y los Programas Operativos definidos por estas, lo que puede resultar en diferencias regionales ante las posibilidades de financiación.

Asimismo, recordemos la relevancia de la financiación de proyectos basados en SbN, no solo porque tiene un impacto ambiental considerable, sino que también conlleva un sustancial ahorro de costos. Por ejemplo, reducir una tonelada de emisiones mediante soluciones mecánicas puede oscilar entre USD 100 a 1000, mientras que a través de SbN puede estar entre USD 10 a 100 (según datos de la UICN)³⁰⁰, lo cual incluye prácticas como la conservación de bosques y la gestión sostenible de ecosistemas. La implementación también está en manos del modelo de gobernanza, íntimamente unido a la financiación, a fin de que las empresas de agua defiendan con “la misma convicción la rehabilitación de un humedal, como lo hacen con la de una planta de potabilización”³⁰¹.

Examinemos a continuación una compilación de instrumentos europeos destinados a la financiación, tanto directa como indirecta, de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN):

²⁹⁹ Consultado en: [Curso Virtual SbN: Financiamiento climático, una inmensa oportunidad para la innovación. - Artículo | IUCN](#) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

³⁰⁰ Consultado en: <https://www.iucn.org/es/articulo/202303> (último acceso el 28 de agosto de 2023).

³⁰¹ Consultado en: [Adoptar las soluciones basadas en la naturaleza \(fondosdeagua.org\)](#) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

Nombre instrumento	Descripción
<p>Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) – periodo 2014-2022</p>	<p>Ofrece posibilidades de financiar la conectividad espacial y la regeneración de ecosistemas naturales en el medio rural, así como la diversificación económica de los usos del suelo y la creación de zonas multifuncionales basadas en el mantenimiento de ecosistemas naturales.</p> <p>Dentro del objetivo temático 5, se pueden abordar acciones de prevención de inundaciones, restauración de llanuras inundables, conservación de humedales, así como la prevención de incendios mediante tratamientos selvícolas y de restauración. Esto también incluye medidas de prevención de la erosión y gestión general de riesgos.</p> <p>Dentro del objetivo temático 6, es posible implementar diversas acciones dirigidas a mitigar la fragmentación territorial. Estas incluyen la preservación de hábitats costeros y marinos, así como la restauración de humedales en zonas previamente afectadas por actividades extractivas.</p>
<p>Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), vinculado a la Política Agraria Común (PAC)</p>	<p>Mediante los Programas de Desarrollo Rural (PDR), es posible financiar el asesoramiento para adoptar buenas prácticas que promuevan la conectividad, la revegetación del Dominio Público Hidráulico en zonas con fertilización intensa o áreas sensibles según la Directiva de Nitratos. Además, se puede respaldar la rehabilitación de elementos de importancia para la biodiversidad en la Red Natura 2000 y otras áreas de alto valor natural, la restauración y mejora forestal, la prevención y reparación de daños en los bosques causados por incendios, desastres naturales y catástrofes, la creación de corredores naturales y las prácticas agropecuarias que conserven la biodiversidad y eviten la erosión.</p>
<p>LIFE</p>	<p>El subprograma “LIFE Naturaleza y Biodiversidad” ofrece financiación para ampliar el conocimiento de los ecosistemas y sus servicios, promoción del uso de Infraestructura Verde y prevención de la pérdida neta de biodiversidad y servicios de los ecosistemas.</p> <p>El subprograma “LIFE Medioambiente y Eficiencia en el Uso de los Recursos” provee financiación para proyectos piloto que proponen soluciones a desafíos ambientales.</p>

	El recién establecido reglamento LIFE permite presentar proyectos integrados que aborden problemáticas ambientales de manera holística, aprovechando diversos fondos europeos y con un enfoque territorial amplio.
Mecanismo de Financiación del Capital Natural (NCCF) ³⁰²	Este instrumento financiero respalda iniciativas que promueven la adaptación al cambio climático, la biodiversidad y que resultan en beneficios tangibles o ahorros en costos.
Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE) ³⁰³ .	El nuevo Reglamento FEIE II (que vincula el FEIE a proyectos más sostenibles y transfronterizos), apoya proyectos enfocados en lograr los objetivos climáticos COP21 o la transición hacia una economía circular, que hagan un uso más eficiente de los recursos y, si bien de forma indirecta, los relacionados con la infraestructura verde.
Interreg, Interreg-SUDOE, Interreg-MED y POCTEP.	Programas de cooperación internacional como vía potencial de financiación para actuaciones que cuadren con los objetivos establecidos en cada uno de los programas, incluyendo el Fondo Verde Climático y el Fondo de Adaptación.
PIMA Adapta ³⁰⁴ , el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático.	Desde 2015, PIMA Adapta se ha convertido en una herramienta fundamental para respaldar los objetivos del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), mediante recursos económicos provenientes de subastas de derechos de emisión. En el contexto del PNACC-2, PIMA Adapta apoya proyectos con impacto físico, particularmente en las “soluciones basadas en la naturaleza” enfocadas en la recuperación del ciclo hidrológico y la conectividad fluvial, incluyendo la eliminación de barreras artificiales, la restauración de zonas inundables y húmedas, así como la renaturalización en entornos urbanos, como la mejora de la infiltración y retención de agua mediante superficies permeables y cubiertas verdes.

³⁰² Consultado en: <https://www.eib.org/en/products/blending/ncff/index.htm> (último acceso el 23 de agosto de 2023).

³⁰³ Consultado en: <https://www.eib.org/en/efsi> (último acceso el 23 de agosto de 2023).

³⁰⁴ PIMA Adapta se encuentra operativo desde 2015, aportando recursos económicos para proyectos de adaptación en biodiversidad, agua, costas, restauración adaptativa y gestión de suelos agrícolas.

	Los fondos de PIMA Adapta pueden asignarse a unidades de la Administración General del Estado o descentralizarse para respaldar proyectos liderados por las comunidades autónomas.
--	--

Fuente: Inspirado en la información recogida en el Plan Nacional de adaptación al cambio climático 2021-2030.

6.2. Fondos de Agua.

WWAP-ONU-Agua³⁰⁵ los define como estructuras institucionales creadas por ciudades y expertos en conservación, que cuentan con la capacidad de abordar desafíos de gobernanza al cerrar brechas científicas, jurisdiccionales, financieras y de implementación. Investigaciones recientes han demostrado que estos fondos permiten a las partes aguas abajo invertir en la protección de áreas aguas arriba y en la gestión sostenible del suelo. Esto, a su vez, mejora tanto la cantidad como la calidad del agua disponible para todos.

Por lo tanto, podemos concluir que son organizaciones que reúnen a actores públicos, privados y de la sociedad civil con el objetivo de diseñar e impulsar mecanismos financieros y de gobernanza para contribuir a la seguridad hídrica a través del manejo integrado de cuencas y la utilización de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

The Nature Conservancy³⁰⁶, apunta los principales componentes de este mecanismo como; la coordinación de diversos actores, gobernanza y políticas públicas, una contribución a la ciencia y al conocimiento mediante una visión compartida, así como la movilización de diversas fuentes de recursos económicos, modelos de financiación y la distribución de responsabilidades entre los diversos actores.

El movimiento de los Fondos de Agua se inició en América Latina, donde según la Alianza Latinoamericana de los Fondos de Agua, se cuenta con diversos casos de éxito. Aunque esta región alberga solo al 10% de la población mundial, posee el 30% de las reservas de agua globales³⁰⁷ por lo que, enfrentará desafíos en su seguridad hídrica debido al crecimiento demográfico, la urbanización, la actividad económica y la demanda de recursos. Estos retos se verán agravados por el cambio climático y la pérdida de ecosistemas clave en el ciclo del agua. Por ello, los Fondos de Agua en diversos territorios se han implementado como una solución innovadora para abordar desafíos urgentes relacionados con el agua. Por ejemplo, en Quito (Ecuador), se ha logrado garantizar el suministro de agua para 2.5 millones de personas al conservar y restaurar ecosistemas de páramo, cruciales para la regulación del flujo del recurso.

De manera similar, el Fondo del Agua de la ciudad de São Paulo, Brasil, ha desempeñado un papel fundamental en la protección de los recursos hídricos al preservar y restaurar bosques en

³⁰⁵ WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*, op. cit., pág. 69.

³⁰⁶ The Nature Conservancy. MITECO. 2019. *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit., pág. 20.

³⁰⁷ Consultado en: [Adoptar las soluciones basadas en la naturaleza \(fondosdeagua.org\)](https://fondosdeagua.org) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

el Sistema Cantareira³⁰⁸, una fuente de agua vital para el área metropolitana, mediante la restauración de 4 mil hectáreas y el mantenimiento de la vegetación original (ver Figura 2 del Anexo I). En el informe de Sao Paulo³⁰⁹, se ha demostrado que lograron reducir la erosión del suelo en un periodo de 30 años, lo que resulta en una disminución del 36% del desplazamiento de tierra, suciedad y sedimentos en los ríos que abastecen el sistema Cantareira. Esto genera un ahorro total neto de aproximadamente 69 millones de dólares estadounidenses.

Por otro lado, también en Brasil pero en Río de Janeiro, el estudio indica que restaurar 3.000 hectáreas se traduciría en un retorno de inversión del 13% para CEDAE, la empresa pública de agua de Río de Janeiro. La inversión necesaria para restaurar estas 3.000 hectáreas de bosque nativo sería de \$25 millones, sin embargo, esta inversión evitaría gastos de tratamiento de agua por \$64 millones, lo que resulta en un beneficio neto de \$39 millones en 30 años. El informe también señala que la reducción de la contaminación por sedimentos evitaría el uso de 4 millones de toneladas de productos químicos y el consumo de 260MWh de energía en el tratamiento durante los próximos 30 años³¹⁰.

El caso de éxito de Nairobi³¹¹, determinó que una inversión de \$10 millones a lo largo de 10 años en ciertas cuencas seleccionadas generaría un retorno de \$21.5 millones en beneficios económicos durante 30 años. Entre los beneficios destacan: una reducción de hasta el 50% en la concentración de sedimentos en ríos; un aumento de hasta \$3 millones por año en rendimientos agrícolas para pequeños agricultores y productores; ingresos anuales superiores a \$600.000 por mayor generación de energía y prevención de paradas y derrames; aproximadamente \$250.000 en ahorros anuales de costos por no necesitar filtrar agua, reducir el consumo de energía, disminuir costos de eliminación de lodos y reducir días de cierre, entre otros, algo que impacta positivamente en el nexa WEF.

Estos Fondos de Agua no solo brindan importantes beneficios ambientales, sino que también demuestran el potencial de innovación financiera y colaboración entre diversos actores. Además, desempeñan un papel activo en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS). Por ende, la labor de los Fondos de Agua a nivel local contribuye al cumplimiento de diversos ODS, dependiendo de los desafíos y soluciones prioritarios a los que queremos enfocarnos.

6.3. Nuevos modelos mixtos.

6.3.1. Financiación privada y público-privada.

Además de las fuentes de financiación públicas, es esencial explorar oportunidades de colaboración con el sector privado.

³⁰⁸ Consultado en: Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua. [¿Por qué invertir en un Fondo de Agua? \(fondosdeagua.org\)](https://fondosdeagua.org) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

³⁰⁹ Informe de Sao Paulo. World Resources Institute. Consultado en: [Natural Infrastructure in São Paulo's Water System | World Resources Institute \(wri.org\)](https://www.wri.org/publications/natural-infrastructure-in-sao-paulo) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

³¹⁰ Reporte Río de Janeiro. World Resources Institute. Consultado en: [Infraestrutura Natural para Água no Sistema Guandu, Rio de Janeiro | WRI Brasil](https://www.wri.org/publications/natural-infrastructure-in-rio-de-janeiro) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

³¹¹ THE NATURE CONSERVANCY, TNC. 2015. *Upper Tana-Nairobi Water Fund Business Case*. Version 2, The Nature Conservancy: Nairobi, Kenya, pág. 5.

La Administración Pública³¹² ha señalado diversos instrumentos que podrían impulsar vías de financiación tanto privadas como público-privadas como; esquemas de pago por servicios ecosistémicos, los sistemas basados en la generación de créditos negociables como los bancos de conservación de la naturaleza, los mecanismos de compensación vinculados a la diversidad biológica, los acuerdos voluntarios para la preservación de la biodiversidad y los mecanismos de certificación y etiquetado que reflejen el impacto ambiental de productos específicos.

Estos instrumentos suelen estar interconectados, por ejemplo, los bancos de conservación de la naturaleza o bancos de hábitat, pueden funcionar como sistemas de compensación por impactos ambientales. Además, junto con el pago por servicios ecosistémicos, se basan en la compensación de los beneficios positivos generados por los servicios de los ecosistemas. El etiquetado ecológico, si bien opera como un mecanismo de mercado, también puede ser visto como un incentivo para educar a los consumidores en la demanda y consumo de productos respetuosos con el medio ambiente.

A.- Pago por servicios ecosistémicos

El artículo 73 de la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, establece incentivos para retribuir las externalidades positivas de los servicios ecosistémicos, como la regulación hidrológica, la recarga de acuíferos y la prevención de riesgos geológicos.

Conforme al “Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017”, debe existir una relación de causalidad entre la actividad y la generación de activos naturales. Al implementarse varios casos de éxito en Reino Unido, el Departamento de Medio Ambiente británico, ha establecido algunos requisitos como la voluntariedad del acuerdo entre el proveedor de los servicios ambientales y quien se beneficia de ellos; el aseguramiento de que la retribución llega directamente a los titulares de los hábitats que proveen los servicios (aquí es donde surge la nueva figura de “brokers” o intermediarios); la adicionalidad de las acciones de conservación que, en otras condiciones, no se habrían activado; y evitar que el pago por servicios ambientales en un territorio esconda el daño producido en otro (evitando los fraudes y la “deslocalización” de los impactos ambientales).

La Comisión Europea ha presentado una iniciativa, soportada por el Banco Europeo de Inversiones (BEI) y vinculada al programa LIFE, denominada Natural Capital Financing Facility para suplir las barreras del sistema financiero europeo en la conservación, restauración, gestión y mejora del capital natural, incluyendo pagos por servicios ecosistémicos y compensación de biodiversidad³¹³. En su web se informa que no se admiten más proyectos, puesto que el sistema se reemplazará por InvestEU, habiendo

³¹² Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, pág. 178 y ss.

³¹³ European Investment Bank. Investing in nature: Financing conservation and nature-based solutions a practical guide for Europe Including how to access support from the European Investment Bank's dedicated Natural Capital Financing Facility. Recuperado de: [Investing in Nature: Financing conservation and nature-based solutions \(eib.org\)](https://www.eib.org/en/press-releases/2023/08/investing-in-nature) (último acceso el 23 de agosto de 2023).

concluido su implementación en 2022. Entre sus proyectos destaca la restauración ecológica del río Alzette, en Luxemburgo, (ver Figura 3 del Anexo I) restaurando su curso natural para que el agua fluya de manera más lenta, reduciendo el riesgo de inundaciones³¹⁴. Esta medida constituye una adaptación basada en la naturaleza que mejorará la protección contra inundaciones aguas arriba y aguas abajo³¹⁵.

Otros proyectos destacados del BEI son, por un lado, el realizado junto a programas LIFE por medio del Banco Croata de Reconstrucción y Desarrollo (HBOR) que, en conocimiento de su mercado interior, proporcionó préstamos más pequeños a proyectos de conservación, restauración y adaptación basada en la naturaleza, como el ecoturismo, la agricultura y silvicultura sostenibles o la infraestructura verde para las ciudades. La operación es sumamente importante en Croacia, país con enorme contribución a la red Natura 2000.

Por otro, el préstamo realizado (2021) por la NCFE (Facilidad de Financiamiento para la Naturaleza y el Clima) a la Société Publique de gestion de l'eau (SPGE) para mejorar el tratamiento de aguas residuales en la región de Valonia (Bélgica) con el objetivo de mejorar la calidad del agua, lograr la retención de aguas pluviales y proteger hábitats naturales como la población del mejillón de agua dulce. El Mejillón de Agua Dulce ha experimentado un declive en su población de 95% en el último siglo. Actualmente, solo quedan algunas poblaciones en cursos de agua excepcionalmente limpios en las cuencas de Rulles, Sûre, Vierre y Our³¹⁶.

Asimismo, el Fondo Europeo de Inversiones Estratégicas, parte del “Plan Juncker”, aporta financiación a proyectos presentados por actores más pequeños en comparación con los que tradicionalmente atiende el Banco Europeo de Inversiones (BEI). De todas formas, es imperativo fomentar la unión de varios proyectos para generar mayor interés en estos fondos europeos.

En este proceso, las autoridades estatales y regionales desempeñan un rol crucial al solicitar estos recursos, subrayando la necesidad de un enfoque de gobernanza colaborativa e innovadora para propiciar esta dinámica transformadora.

B.- Bancos de hábitat.

Es cada vez más evidente que los recursos ambientales y los servicios que brindan los ecosistemas son limitados, y además, gratis. En muchas ocasiones, estos recursos y servicios no se consideran como costos y no se integran en el modelo económico actual, una de las razones por la que se ha llevado al agotamiento de estos recursos. Esta omisión se debe a que estos costos son tratados como externalidades, lo que afecta su evaluación vinculada a la producción. Las externalidades positivas consisten en no pagar un beneficio

³¹⁴ Consultado en: [Luxembourg: Biodiversity and climate change adaptation - EU finances ecological restoration of Alzette river network \(eib.org\)](https://eib.org/en/projects/2022/01/luxembourg-biodiversity-and-climate-change-adaptation-eu-finances-ecological-restoration-of-alzette-river-network) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

³¹⁵ Consultado en: [NCFE - Natural Capital Financing Facility \(eib.org\)](https://eib.org/en/projects/2021/01/ncef-natural-capital-financing-facility) (último acceso el 24 de agosto de 2023).

³¹⁶ Consultado en: [Belgium: EIB and SPGE commit to protecting water resources, biodiversity and ecosystems in the Walloon Region – Focus: How improving the treatment of wastewater supports the return of the freshwater pearl mussel](https://eib.org/en/projects/2021/01/belgium-eib-and-spge-commit-to-protecting-water-resources-biodiversity-and-ecosystems-in-the-walloon-region-focus-how-improving-the-treatment-of-wastewater-supports-the-return-of-the-freshwater-pearl-mussel) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

obtenido a quien lo realiza, mientras que las negativas consisten en no pagar por costes ambientales.

Algunos autores, como ÁLVAREZ GARCÍA³¹⁷, consideran que los Instrumentos de Mercado surgen para corregir esta situación y otorgar valor a los recursos y servicios ambientales, integrándolos en la economía de mercado y permitiendo una economía más sostenible. Su uso adecuado puede prevenir el deterioro continuo de los ecosistemas, promover la “no pérdida neta de biodiversidad” e incentivar cambios de comportamiento en los consumidores, entre otros beneficios. En base a ello, se citan varios enfoques como los Permisos Negociables, que establecen mercados de derechos o activos ambientales en áreas con restricciones en el uso de recursos o servicios. Ejemplos de estos instrumentos incluyen los mercados de CO₂, donde las emisiones de carbono se cuantifican y comercializan, y los bancos de hábitat que permiten la compensación de la degradación de ecosistemas a través de la conservación en otros lugares.

Por otro lado, las Certificaciones influyen directamente en el comportamiento de los consumidores al momento de tomar decisiones de compra. Estas certificaciones incluyen medidas como el ecoetiquetado, que resalta productos con prácticas sostenibles y ecoamigables, incentivando a los consumidores a elegir opciones más respetuosas con el medio ambiente. Además, los Pagos Directos efectúan compensaciones económicas por la generación de externalidades positivas, como el fomento de prácticas sostenibles, así como penalizaciones por externalidades negativas, como la contaminación. Esto abarca subvenciones gubernamentales, impuestos y tasas que incentivan la adopción de prácticas beneficiosas para el medio ambiente y desincentivan comportamientos perjudiciales.

Detengámonos en los mencionados Bancos de Hábitat, también son conocidos como Bancos de Conservación de la Naturaleza o “biodiversity offsetting”. Podemos definirlos como “herramientas para el fomento y desarrollo de acciones de conservación de la biodiversidad que permiten la generación de valor ambiental en forma de créditos ambientales que pueden ser intercambiables en un mercado”³¹⁸.

Estos bancos funcionan como mercados donde se negocian “créditos ambientales” para contrarrestar los efectos negativos que ciertas actividades económicas ejercen sobre el entorno natural. Los bancos de conservación venden estos créditos a individuos que desean equilibrar su impacto ambiental a través de una especie de “seguro ecológico”. En esencia, representan un juego de equilibrio ecológico, en el que las actividades humanas pueden tener un impacto, pero también ofrecen oportunidades para no tener una “pérdida neta de la biodiversidad”³¹⁹.

³¹⁷ ÁLVAREZ GARCÍA, D. y GONZÁLEZ ALCALDE, I., (2012). *Bancos de Hábitat: Una oportunidad de futuro*. Ecoacsa Reserva de Biodiversidad, Madrid, noviembre 2012, págs. 2 y ss.

³¹⁸ ÁLVAREZ GARCÍA, D. y GONZÁLEZ ALCALDE, I. 2012. *Bancos de Hábitat: Una oportunidad de futuro*, op. cit., pág. 8.

³¹⁹ ÁLVAREZ GARCÍA, D. Y GONZÁLEZ ALCALDE, I., (2012). *Bancos de Hábitat: Una oportunidad de futuro*, op. cit., pág. 8.

Se establecen una serie de requisitos como son; la adicionalidad (incremento de valor ambiental sobre el punto de partida), obligación de conservación a largo plazo por medio de garantías, asegurando que este valor creado sea igual o incluso superior al daño que se busca compensar. Un aspecto destacado es la capacidad de generar este valor antes de que se produzca el daño ambiental, incluso de compensar los daños en lugares distintos a donde se originaron.

Los bancos de hábitat son reconocidos, en el proyecto REMEDE (*Resource Equivalency Methods for assessing Environmental Damage in the UE*), como un instrumento útil para “llevar a cabo medidas reparadoras complementarias y compensatorias de una manera eficiente y suponiendo un aumento de los beneficios ecológicos”, en consonancia con lo estipulado en la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (LRM) que transpone la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004.

Proyecto REMEDE también referido por BELTRÁN CASTELLANOS³²⁰ cuando cita que “(...) para la determinación de las medidas de reparación complementaria y compensatoria, se han tomado en consideración los estudios de equivalencia de recursos elaborados por la Comisión Europea en el Proyecto REMEDE que desarrolla la metodología de aplicación de la DMR”. Según estipula la Ley 26/2007, el daño ambiental solo permite (o solo debería permitir) la reparación *in natura*, es decir, la restitución del bien dañado al estado en que se encontraba antes de sufrir la agresión³²¹. En caso de que esto no sea posible, no se acepta la indemnización sustitutoria del sistema de responsabilidad civil (art. 1902 CC), sino que se procederá a una reparación complementaria y/o compensatoria³²² de los recursos naturales, como se obtiene con los Bancos de Hábitat.

Existen varios casos de éxito internacional como los “Bancos de humedales” en EEUU, que se desarrollaron tras a la Ley Federal de Aguas (Clean Water Act) para abordar su protección, ofreciendo incentivos económicos para la compensación (Wetland Mitigation Banks). La gestión de bancos de humedales se supervisa por la US Army Corps of Engineers (USACE) y la US Environmental Protection Agency (EPA). En 1995, estas entidades publicaron una guía de referencia para la administración de estos instrumentos³²³.

Otros países, como Australia, Canadá o Alemania, implementan modelos similares desde hace años. Tomemos como ejemplo Alemania. En 1976, se estableció la “Regulación de Mitigación de Impacto”, que introdujo un sistema de compensación antes de llevar a cabo desarrollos urbanos. Este sistema asegura que haya áreas adecuadas disponibles para implementar medidas que reparen los posibles daños causados. La forma en que funciona

³²⁰ BELTRÁN CASTELLANOS, J.M., (2017). *Instrumentos para la efectividad del régimen de la responsabilidad medioambiental, con especial referencia a las garantías financieras*, Cizur Menor, Aranzadi, 2018, pág. 80.

³²¹ VALENCIA MARTÍN, G., (2010). “La responsabilidad medioambiental”, en *Revista General de Derecho Administrativo*, núm. 25.

³²² Véase Anexo II de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (LRM).

³²³ Consultado en: [NWPL Home v3.4-f9c \(army.mil\)](https://www.army.mil/nwpl/v3.4-f9c) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

este sistema es mediante un sistema de "ecopuntos" (Ökopunkte). En Canadá, funciona desde 1986 el programa de conservación de hábitats de pesca bajo el Fisheries Act³²⁴. En Reino Unido y Francia, se está avanzando en legislación y proyectos piloto en esta área. Así, en Francia, la ley de protección de la naturaleza de 1976 introdujo la obligación de llevar a cabo Evaluaciones de Impacto Ambiental por parte de los promotores. En 2009 se implementó un proyecto piloto liderado por CDC Biodiversité, una compañía privada en el sur de Francia, que se centró en un área de alto valor ecológico y amenazado, llamada "Cossure". Esta área se rehabilitó para generar créditos de biodiversidad, a fin de que fueran vendidos a promotores para compensar los daños causados por sus proyectos. En Reino Unido, el DEFRA (Department for Environment, Food and Rural de UK) está liderando experiencias piloto en 6 emplazamientos.

C.- Acuerdos de custodia de territorio (CT).

La Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad dedica el Título V a la promoción del conocimiento, conservación y restauración del patrimonio natural y la biodiversidad, junto a la creación del Fondo para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Este instrumento actúa como un recurso de cofinanciación para garantizar la coherencia territorial y respaldar la custodia del territorio (CT), entre otras.

La CT se define en su art. 3 como el "conjunto de estrategias o técnicas jurídicas a través de las cuales se implican a los propietarios y usuarios del territorio en la conservación y uso de los valores y los recursos naturales, culturales y paisajísticos".

Esta herramienta, así como la conservación del Dominio Público Hidráulico, soporta la adopción de SbN, por lo que habría de darle más visibilidad, como inició la Plataforma de Custodia del Territorio, liderada por el Ministerio para la Transición Ecológica a través de la Fundación Biodiversidad, en 2007.

Un caso de éxito de la misma, es el proyecto LIFE "Humedales de la Mancha", como estrategia de restauración y conservación apoyada en especies migratorias como el carricérin cejudo o en su papel como sumideros de carbono, o el LIFE Humedales de Villacañas, que busca la recuperación de humedales, ambos impulsados por la Fundación Global Nature³²⁵, o el fomento de acuerdos de custodia agraria en la zona de la Albufera de Valencia, también promovido por la misma fundación. Otro proyecto emblemático es el desarrollado, en colaboración con la Fundación Tormes y la Confederación Hidrográfica del Duero, para la custodia fluvial de un tramo significativo del río Tormes junto con un ecosistema de seis lagunas interconectadas. Han aplicado aportes controlados de caudales desde el río hacia las lagunas para garantizar una renovación constante del agua en el sistema lagunar, evitando su estancamiento y el problema de eutrofización, lo que contribuye al fomento de la biodiversidad en esta área.

³²⁴ ÁLVAREZ GARCÍA, D. Y GONZÁLEZ ALCALDE, I. 2012. *Bancos de Hábitat: Una oportunidad de futuro*, op. cit., pág. 33.

³²⁵ Fundación Global Nature. Consultado en: [Humedales de La Mancha - Fundación Global Nature \(fundacionglobalnature.org\)](https://fundacionglobalnature.org) (último acceso el 28 de agosto de 2023).

Los acuerdos de custodia son regulados en el art. 76 de la Ley 42/2007, en la que se determina la posibilidad de suscribirlos entre entidades de custodia y propietarios de fincas privadas o públicas.

6.3.2. Iniciativas de financiación privada. Finanzas verdes.

El sistema financiero tiene un papel importante que desempeñar en esta transición, no solo por responsabilidad social, sino también porque el cambio climático afecta directamente a su funcionamiento.

En la Unión Europea, se están tomando medidas con el Plan de Acción de Finanzas Sostenibles³²⁶ y regulaciones asociadas para involucrar al sector financiero en una transición hacia un modelo económico más sostenible. Esto incluye la divulgación de información sobre sostenibilidad en servicios financieros y la creación de una taxonomía común recogida en un Reglamento comunitario³²⁷ para divulgar que se facilite la identificación de actividades económicas sostenibles. En el Considerando 2 del Reglamento (UE) 2019/2088, aspira a reforzar la respuesta al cambio climático logrando que los flujos financieros sean coherentes con un desarrollo resiliente al clima. De aquí, procedemos a conectar estas obligaciones con la posibilidad de inversión en soluciones tendentes a ello, como son las SbN.

En el ámbito nacional, existen regulaciones como la Ley 11/2018 sobre información no financiera y diversidad, así como el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, que obligan a bancos y aseguradoras, a considerar y divulgar los riesgos relacionados con el cambio climático en sus informes. Queda claro que desempeñan un papel clave, algo importante desde el punto de vista de la inversión en SbN. En nuestro contexto de multifuncionalidad y con la escasez de inversión pública, es un pilar clave el recurso de la participación e inversión del sector privado. Sin embargo, hay que adaptar la normativa y gobernanza nacional, según analizado en puntos anteriores, para que los inversionistas puedan obtener una información más sólida sobre el rendimiento de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), con KPI's e indicadores claros sobre la magnitud, sus beneficios comerciales y monetización de las mismas³²⁸.

No olvidemos que los inversores apuestan por proyectos que tengan capacidad de ser financiados por instituciones bancarias, generar ingresos sostenibles y de expandirse a gran escala. Lograremos acceder a ello mediante una buena articulación de coordinación administrativa, toma de decisiones, catálogo nacional de SbN y datos económicos relacionados. Sin embargo, si continuamos con los mismos problemas de información

³²⁶ Reglamento (UE) 2019/2088 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2019 sobre la divulgación de información relativa a la sostenibilidad en el sector de los servicios financieros.

³²⁷ Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088.

³²⁸ WATKINS, G., M. SILVA, et al., (2019). *Nature-Based Solutions: Scaling Private Sector Uptake for Climate Resilient Infrastructure in Latin America and the Caribbean*, Inter-American Development Bank, Climate Division, Discussion Paper IDP-DP-00724, págs, 8-12.

escasa y sesgada, ausencia de voces expertas en consejos y comités y falta de corresponsabilidad, estaremos lejos de cerrar inversiones privadas.

Por otro lado, según la doctrina³²⁹, los actores encargados de desarrollar proyectos de SBN, como organizaciones no gubernamentales (ONG) y entidades gubernamentales, necesitan aumentar su conocimiento, capacidad y recursos para llevar a cabo proyectos que sean atractivos desde el prisma de la inversión privada. Es fundamental que las políticas incorporen las SbN en la planificación de infraestructuras, respalden el enfoque financiable y escalable de los proyectos de SBN, y promuevan su integración en el panorama de desarrollo.

A.- Pólizas de seguros.

Desde el prisma español, las aseguradoras pueden tener un papel fundamental en minimizar los riesgos y daños derivados de la desertificación o pérdida de biodiversidad, pues pueden realizar aportaciones a través de su cartera de inversiones.

Sin embargo, el MITECO solo recoge una propuesta a nivel público por medio del Consorcio de Compensación de Seguros, mediante la creación de un modelo de seguro que invierta en actividades preventivas (como la implementación de SbN para reducir inundaciones). Este enfoque podría abrir una nueva vía de financiación aprovechando el potencial de las aseguradoras para invertir en estrategias preventivas que, a mediano y largo plazo, reduzcan la frecuencia y magnitud de las compensaciones.

Derivado de lo anterior, concluimos que resulta plausible que se realice una serie de cambios legislativos que fomenten la inclusión efectiva de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en el ámbito asegurador, a modo de medidas preventivas.

En primer lugar, sería esencial definir el concepto de SbN de manera que se pueda establecer una comprensión común sobre qué medidas podrían considerarse como SbN para la cobertura de seguros. Además, se podrían establecer criterios claros para identificar qué tipos de SbN serían aptas para ser cubiertas, aunque esto se solucionaría elaborando un catálogo nacional por tipologías de SbN, según los criterios establecidos por la IUCN en el Estándar Global sobre Soluciones Basadas en la Naturaleza³³⁰, la Guía para apoyar la elección, el diseño y la implementación de las medidas naturales de retención del agua en Europa³³¹ de la Comisión Europea o la Guía para evaluar proyectos de SbN, redactada por el grupo de trabajo Eklipse³³², dentro del Programa Horizonte 2020, entre otras.

³²⁹ SILVA, M., WATSON, G, AMIN, A.L., WATKINS, G., RYCERZ, A, y FIRTH, J., (2020). *Increasing Infrastructure Resilience with Nature-Based Solutions (NbS)*, Inter-American Development Bank, pág. 15.

³³⁰ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, IUCN. 2020a. *Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza*. Un marco sencillo para la verificación, diseño y ampliación del uso de las SbN.

³³¹ STROSSER, P., DELACÁMARA, G., HANUS, A., WILLIAMS, H., JARITT, N., (2015). *Una guía para apoyar la elección, el diseño y la implementación de las medidas naturales de retención de agua en Europa. Recoger los múltiples beneficios de las soluciones basadas en la naturaleza*. Versión final de abril 2015.

³³² RAYMOND, C.M., BERRY, P., BREIL, M., NITA, M.R., KABISCH, N., DE BEL, M., ENZI, V., FRANTZESKAKI, N., GENELETTI, D., CARDINALETTI, M., LOVINGER, L., BASNOU, C., MONTEIRO, A., ROBRECHT, H., SGRIGNA,

Para avanzar en esta dirección, la regulación podría exigir que las compañías aseguradoras realicen evaluaciones de los riesgos asociados con la implementación de SbN, así como de los beneficios previstos en términos de minimización de daños. Estas evaluaciones contribuirían a determinar qué SbN serían adecuadas para ser incluidas en la cobertura de seguros. En un enfoque proactivo, las aseguradoras podrían ofrecer primas más bajas a aquellos asegurados que implementen SbN efectivas, incentivando así la adopción de estas prácticas beneficiosas para la resiliencia ante desastres naturales.

Para asegurar la calidad y efectividad de las SbN incorporadas en los seguros, podría requerirse la certificación de expertos en conservación y cambio climático como parte del proceso de evaluación. Esto garantizaría la integridad de las medidas implementadas y permitiría un monitoreo de su impacto en la reducción de riesgos. Pero para lograr esto deberíamos contar con planes de formación y conocimiento al efecto y recursos humanos suficientes en las instituciones.

Finalmente, la regulación podría contemplar la opción de otorgar incentivos fiscales a aquellos asegurados que adopten SbN y cuenten con seguros que incluyan esta cobertura. Esto promovería aún más la adopción de medidas preventivas basadas en la naturaleza como parte integral de las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.

B.- Medidas privadas complementarias: Bonos verdes, financiación mixta y fondos de dotación.

Desde una perspectiva global, LATAM está explorando enfoques innovadores de financiación que complementen los recursos públicos. Estos enfoques se basan en mecanismos privados que abordan los desafíos de la degradación ambiental y la falta de inversiones³³³.

La pérdida de los ecosistemas impacta directamente en la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), ya que estas soluciones dependen de los recursos naturales como el agua, la vegetación y el aire para su eficacia³³⁴. Por si fuera poco, la región atesora más del 40 % de toda la biodiversidad del planeta³³⁵, el 12 % de los

G., MUNARI, L. AND CALFAPIETRA, C., (2017). *An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas*. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom.

³³³ ALPIZAR, F., R. MADRIGAL, I. ALVARADO, A. CAMHI, J. MALDONADO, J. MARCO, A. MARTÍNEZ-SALINAS, et. al, (2020). *Mainstreaming of natural capital and biodiversity into planning and decision-making: Cases from Latin America and the Caribbean*, Inter-American Development Bank, (Monografía del BID; 823), 91 págs.

³³⁴ Convention on Biological Diversity (CBD), 2018. *Natural Capital*, Secretariat of the Convention on Biological Diversity. June 7. Recuperado de: <https://www.cbd.int/business/projects/natcap.shtml> (último acceso el 29 de agosto de 2023).

³³⁵ BOVARNICK, A., F. ALPIZAR y SCHNELL, C., (Eds.) (2010). *The Importance of Biodiversity and Ecosystems in Economic Growth and Equity in Latin America and the Caribbean: An economic valuation of ecosystem*, United Nations Development Programme, 2010, Pág. 5.

manglares, el 10 % de los arrecifes de coral³³⁶ y cuenta con la mayor extensión de humedales del mundo, de los que depende la actividad económica y bienestar humano. En esta búsqueda de soluciones, se ha demostrado que las SbN tienen un impacto multiplicador en comparación con la infraestructura tradicional³³⁷, lo que hace urgente su conservación, y de ahí, la búsqueda de financiación para las SbN.

En este ámbito, la publicación “Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: mecanismos de financiación para la replicación regional”, explora cinco estrategias clave a través del análisis de estudios de casos donde los proyectos de SbN lograron obtener respaldo financiero.

Entre ellas, destacamos las cuatro siguientes en el sector del agua:

Sector	Caso	Instrumento	Mecanismo de pago	SbN
Agua y saneamiento	Bono verde soberano neerlandés	Bono verde soberano	Contribuyentes	Infraestructura verde-gris para conservar la naturaleza y reforzar los diques como defensas contra inundaciones.
Agua y saneamiento	Bono verde de Central Arkansas Water	Bono verde	Tarifa a contribuyentes	Enfoque de infraestructura verde-gris para proteger los bosques y mejorar la calidad y el suministro del agua a través de mejoras en tuberías.
Agua, energía y saneamiento	Bono de resiliencia forestal (California, EEUU)	Préstamos concesionales y a tasa de mercado	Tarifas de contribuyentes + financiamiento del estado (contribuyentes de impuestos)*	Restauración de bosques para reducir incendios forestales.

³³⁶ UN ENVIRONMENT PROGRAMME/WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, UNEP-WCMC. 2016. *The State of Biodiversity in Latin America and the Caribbean: A Mid-term Review of Progress towards the Aichi Biodiversity Targets*, Cambridge, UK: UNEP-WCMC, pág. 14.

³³⁷ BROWDER, G., OZMENT, S., BESCOS, I.R., GARTNER, T., y LANGE, G.M., (2019). *Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure*, World Bank and World Resources Institute, Washington, DC.

Agua y saneamiento	Fondo para la Protección del Agua (FONAG) – Quito, Ecuador	Contribuciones de empresas + fondo de dotación	Ingresos de empresas	Cuenca restaurada para mejorar la calidad del agua.
--------------------	--	--	----------------------	---

Fuente: Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: respaldo del Banco Interamericano de Desarrollo³³⁸.

- Estrategia de financiación 1: Bonos verdes soberanos.

En la actualidad, los bonos verdes se erigen como la herramienta principal de financiación de inversiones de renta fija destinadas a proyectos ecológicos. La confianza que generan se fundamenta en el conocimiento que tienen los inversores sobre ellos, así como en la sólida posición en los mercados donde se negocian. Esta solidez garantiza un elevado nivel de liquidez y costos de transacción comparativamente bajos³³⁹, añadiendo aún más credibilidad y confiabilidad a esta modalidad de financiamiento ecológico³⁴⁰.

De hecho, Climate Bonds Initiative (CBI), organización sin ánimo de lucro que promueve los bonos verdes, consideró que solo en Chile, se habían emitido más de 1 billón de USD en 2019, sin embargo el crecimiento en el resto de Latino América es lento y se espera que se promocióne en la COP25³⁴¹.

Los Principios de Bonos Verdes (GBP), que fueron introducidos en 2016 por la Asociación Internacional de Mercados de Capitales (ICMA), obligan a destinar los recursos derivados a proyectos específicos de mitigación o adaptación al cambio climático, aunque con el auge de las SbN no se descarta que se empleen exclusivamente a ellas. Conforme a los GBP, los emisores de bonos tienen la responsabilidad de detallar la gestión y la utilización de los fondos recaudados, además de establecer un procedimiento claro para la evaluación, selección y presentación de información. Para garantizar la autenticidad, Climate Bonds Initiative (CBI), estableció normas más detalladas y un proceso de certificación³⁴².

Los gobiernos nacionales pueden emitir bonos verdes soberanos para obtener dinero y usar los impuestos para pagar a los inversionistas, algo útil para financiar proyectos de

³³⁸ MARSTERS, L., MORALES, G., OZMENT, S., SILVA, M., WATSON, G., NETTO, M., y FRISARI, G.L., (2021). *Nature-Based Solutions in Latin America and the Caribbean: Financing Mechanisms for Regional Replication*, Inter-American Development Bank and World Resources Institute. Washington, DC, pág. 5.

³³⁹ STUDER, I. (2020). *Impact Investment for Biodiversity Conservation: Cases from Latin America and the Caribbean*, Inter-American Development Bank, Washington, DC.

³⁴⁰ COOPER, G. y TRÉMOLET, S., (2019). *Investing in Nature: Private Finance for Nature-Based Resilience*, the Nature Conservancy and Environmental Finance, London.

³⁴¹ CLIMATE BONDS INICIATIVE (CBI), 2019. *Latin America & Caribbean: Green Finance State of the Market 2019*, pág. 5.

³⁴² MULDER, G., (2018). *Green Bonds and Integrated Landscape Management*, IUCN National Committee of the Netherlands, Amsterdam, 2018-062.

SBN que podrían ser inciertos en términos de desempeño y flujo de fondos. Sin embargo, en la región de latino América existen ciertos obstáculos como el interés limitado de los inversionistas por la deuda en mercados emergentes, las calificaciones crediticias y la capacidad institucional para emitir deuda. Para superar esto, los bancos de desarrollo nacional y multilateral pueden respaldar a los gobiernos con garantías para mejorar el crédito o absorber pérdidas. No obstante, los gobiernos locales no pueden acceder directamente al mercado de bonos debido a regulaciones federales, dependiendo de préstamos de bancos multilaterales, por lo que el primer paso es, fortalecer la capacidad fiscal, la transparencia y reformas políticas para mejorar las calificaciones crediticias y el acceso al mercado de bonos.

Aunque existan estas dificultades en esta región, contamos con dos ejemplos exitosos a nivel internacional, tal como están definidos en la guía “Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: Mecanismos de financiación para la replicación regional”:

(i) El gobierno de los Países Bajos emitió un bono verde soberano (2019 y 2021) para financiar proyectos de infraestructura verde (jardines de lluvia, protección de riberas y habitantes autóctonos) y gris (malecones y diques), para prevenir inundaciones, problema histórico en el país³⁴³. Aunque las SbN no están especificadas en las asignaciones de fondos, prioriza el empleo de las SbN³⁴⁴.

(ii) Central Arkansas Water (CAW), empresa de servicios públicos de agua potable, emitió el primer bono verde de la historia para proteger la calidad del agua de las zonas de bosques mediante infraestructura verde-gris. Se estimó que la pérdida de cobertura forestal provocaría un deterioro de la calidad del agua y un aumento de los costes de tratamiento³⁴⁵, al funcionar el bosque como filtro natural que evita la erosión, la carga de sedimentos, y la escorrentía con contaminantes. Los fondos del bono se destinaron a la compra de bosques y mejorar el estado de las tuberías (ver funcionamiento en Figuras 4 y 5 del Anexo I).

En España, el marco de bonos verdes³⁴⁶ se recoge en un documento realizado por el ente del Tesoro Público, que respeta los Principios de Bonos Verdes de la Asociación Internacional para los Mercados de Capitales (ICMA). Una característica destacada la encontramos en el informe conocido como SPO³⁴⁷, confeccionado por Vigeo Eiris, y que otorga a los bonos verdes españoles la más alta calificación.

³⁴³ VAN ALPHEN, S. 2020. “Room for the River: Innovation, or Tradition? The Case of the Noordwaard”, en HEIN CAROLA (Ed.), *Adaptive Strategies for Water Heritage: Past, Present and Future*, 308-23. Cham, Switzerland: Springer International.

³⁴⁴ BOONMAN, L., (2021). *Correspondence between the authors and Laurice Boonman*, Senior Adviser Controlling, Accounting en Rapportage at Ministerie van Financiën, June 8.

³⁴⁵ Tetra Tech, (2007). “Lake Maumelle Watershed Management Plan”, en *Research Triangle Park*, NC.

³⁴⁶ Consultado en: [Presentación de PowerPoint \(tesoro.es\)](#) (último acceso el 29 de agosto de 2023).

³⁴⁷ SPO. Consultado en: [20210720_v.e_spo_reino_de_espana_version_final.pdf \(tesoro.es\)](#) (último acceso el 29 de agosto de 2023).

El marco, no recoge la mención expresa de las SbN pero si establece que una cantidad equivalente a los ingresos netos que se obtengan mediante la emisión de estos bonos verdes se destinará a gastos para infraestructura de gestión de aguas (tratamiento, depuración y reutilización de aguas residuales), gestión del riesgo por sequías e inundaciones, gestión de los recursos hídricos y el control del dominio público hidráulico, control de la calidad de las aguas y a la mejora del estado de las masas de agua y, prevención y control de la contaminación difusa por reducción de los retornos y mejor aplicación de los fertilizantes, entre otros.

Consideramos que existe una omisión de considerar la valiosa opción de emplear Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como un enfoque alternativo en la dirección de infraestructura verde y soluciones biológicas, particularmente en el reemplazo de fertilizantes convencionales y como solución a los objetivos ambientales planteados. Destacamos la importancia de una perspectiva más amplia e inclusiva en el contenido, la necesidad de fomentar el conocimiento, establecer una estructura de gobernanza sólida, incentivar el desarrollo y la adopción, y cultivar una cultura consciente en torno a las Soluciones basadas en la Naturaleza. Si la formación es importante, todo nace de la educación y la concienciación pública para impulsar un cambio de mentalidad, y a su vez, generar una demanda y un compromiso crecientes con la adopción de estas soluciones.

Además, aunque el marco de bonos verdes español hace referencia a la interconexión departamental mediante la creación de un Grupo de trabajo que alinee la política económica y financiera con la ambiental y climática, no se han tenido en cuenta las diversas conexiones administrativas con las áreas aplicables (agua, transición energética, economía circular, fenómenos extremos, etc.), tal y como ya indicamos en el apartado IV de este trabajo.

- Estrategia de financiación 3: Financiación mixta.

Esta concepción tiene su punto fuerte en la combinación de recursos provenientes de una variedad de fuentes públicas, privadas y filantrópicas³⁴⁸, que tiene la capacidad de aceptar rendimientos más bajos, asumir mayores riesgos o costos más altos. Estas fuentes, con sus respectivas directrices de impacto y umbrales de riesgo, se coordinan de manera armoniosa para respaldar proyectos con un alcance diverso y multifacético.

Un ejemplo concreto de esta estrategia se presenta en el estado de California, en los Estados Unidos. En esta región, se ha implementado una iniciativa que combina préstamos con condiciones favorables y préstamos a tasas de mercado (bono de resiliencia forestal o BRF), con el propósito de fortalecer la salud de los bosques y disminuir la amenaza de incendios forestales. Esto estimuló la inversión privada en proyectos de mejora forestal que también benefician el suministro de agua y energía.

Los incendios forestales no solo conllevan el riesgo de pérdidas humanas, sino que también tienen un impacto negativo en la calidad y disponibilidad del suministro de agua

³⁴⁸ GLOBAL IMPACT INVESTING NETWORK, GIIN. 2018. *A Resource for Structuring Blended Finance Vehicles*, octubre 2018.

potable³⁴⁹, acelerando la circulación de sedimentos y desechos en las vías fluviales, lo que incrementa los costos de tratamiento del agua y entorpece la generación hidroeléctrica (nexo WEF). Sin embargo y, a pesar de las costosas cuantías de reforestación, no existía apoyo financiero público. Por ello, este bono de resiliencia forestal fue desarrollado conjuntamente por Blue Forest Conservation (BFC, una organización sin fines de lucro), el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), Encourage Capital (una empresa de capital privado dedicada al medioambiente) y el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS).

- Estrategia de financiación 4: Diversificación.

Para ampliar las opciones de financiación privada, surge la opción de establecer un fondo de dotación, una forma de inversión para preservar y acumular recursos en apoyo a una entidad sin ánimos de lucro. En este enfoque, el fondo de dotación asume la responsabilidad fiduciaria de incrementar el patrimonio en beneficio de la organización.

Las aportaciones monetarias son canalizadas hacia diversos instrumentos de inversión, como acciones, bonos o títulos, que, a su vez, generan rendimientos anuales. Estos fondos pueden ofrecer seguridad financiera a organizaciones como fideicomisos de conservación y fondos de agua que invierten en SBN y capital natural.

En América Latina y el Caribe (LAC), la mayoría de los proyectos de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) dependen de donaciones y fondos no reembolsables, por lo que esta solución evitaría estos riesgos. Un ejemplo es el Fondo de protección del agua (FONAG) en Quito, Ecuador. Los habitantes de la ciudad dependen de los ecosistemas de montaña de los Andes para el suministro de agua potable. Aunque estas áreas han sido designadas como parques nacionales y reservas naturales, la expansión urbana, el sobrepastoreo y las prácticas agrícolas no sostenibles están poniendo en peligro la calidad y disponibilidad del agua en las áreas bajas³⁵⁰. Por ello, fue desarrollado por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) y los actores de la comunidad en el año 2000, como fondo de dotación y, posteriormente como Fondo de Agua, celebrando acuerdos con los beneficiarios de cuenca para hacer contribuciones anuales.

Para establecer un fondo de dotación, es esencial que las organizaciones reserven fondos para generar futuros ingresos en lugar de gastarlos en proyectos a corto plazo. Además, los donantes deben estar dispuestos a asignar recursos a un fondo de dotación para fortalecer la estabilidad financiera de una organización en lugar de enfocarse exclusivamente en resultados a corto plazo.

Por último y para cerrar este apartado, para fomentar estas medidas de financiación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), es esencial adoptar una serie de acciones

³⁴⁹ MADEIRA, L. y GARTNER, T., (2018). "Forest Resilience Bond Sparks Innovative Collaborations between Water Utilities and WideRanging Stakeholders", en *Journal American Water Works Association* 110, núm. 6, junio, págs. 42-49.

³⁵⁰ JOSLIN, A.J. y JEPSON, W.E., (2018). "Territory and Authority of Water Fund Payments for Ecosystem Services in Ecuador's Andes", en *Geoforum* 91 (May), págs. 10-20.

como; (i) implementar nuevas políticas que integren y prioricen las SbN; (ii) integrar la financiación de SbN en enfoques de financiación tradicionales, como los bonos verdes; (iii) forjar nuevas alianzas entre diversos protagonistas, poniendo el foco en las aseguradoras; (iv) investigaciones científicas más amplias y pruebas de concepto robustas, así como; (v) una gobernanza más sólida y una mayor capacidad en la interrelación administrativa. Será esencial asegurar flujos de financiación específicos y continuos para apoyar estas iniciativas y establecer políticas firmes que coloquen a las SbN como una prioridad central en las agendas nacionales y locales.

VII. Conclusiones.

La sociedad actual se enfrenta a una creciente superpoblación, lo que conlleva demandas cada vez más apremiantes en el consumo de agua, energía y alimentos. A esto, se añade la crisis del cambio climático y sus impactos en el medio ambiente, que empeoran el escenario anterior y representan una amenaza multidimensional para la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos.

Asimismo, concepciones individualistas de problemas actuales como son los alimentos, la energía, la salud, el medio ambiente, la educación y la guerra se encuentran intrínsecamente interconectados a la disponibilidad y acceso a fuentes apropiadas de agua. Por ello, el nexo agua-energía-alimentos (“WEF”), desempeña un papel fundamental en nuestra capacidad para abordar los mencionados desafíos globales.

El agua es un pilar fundamental que condiciona la protección del nexo WEF. Así, por ejemplo, las alteraciones en los patrones de precipitación, motivados por el cambio climático y la degradación ambiental, afectan a la generación de energía y la seguridad alimentaria. Asimismo, se precisa energía para el suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales, así como para su reutilización, procesamiento de alimentos y la producción agrícola³⁵¹. En el sector agrícola, las variaciones climáticas como sequías, inundaciones y olas de calor, representan riesgos para los cultivos y el suministro de agua. Las aguas torrenciales y las inundaciones alteran el equilibrio natural de los recursos hídricos, afectando tanto a su calidad como a los ecosistemas circundantes. Estos factores están estrechamente interconectados y son cruciales para garantizar la seguridad alimentaria, especialmente en regiones vulnerables y en países en desarrollo.

La gestión de los recursos hídricos demanda la aplicación de soluciones innovadoras para abordar estos desafíos que, de hecho, han existido durante miles de años: Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (“SbN”), como respuesta al Objetivo 6352 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Durante mucho tiempo, hemos confiado en la infraestructura “gris” y, más recientemente, en la tecnología, sin que sea ninguna de ellas la panacea a nuestros problemas, pasando por alto los

³⁵¹ BIEBER, N., KER, J.H., WANG, X., TRIANTAFYLIDIS, C., VAN DAM, K.H., KOPPELAAR, R.H.E.M., SHAH, N., (2018). “Sustainable planning of the energy-water-food nexus using decision-making tools”, op. cit., págs. 584-607.

³⁵² El Objetivo 6 (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, reconoce la importancia de garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento.

conocimientos ancestrales y los servicios que la propia naturaleza nos brinda. Las SbN ponen de manifiesto la relación entre naturaleza-humano, como clave para la consecución del bienestar y salud de todos los individuos. La naturaleza juega un papel esencial desempeñando funciones de regulación, purificación y provisión de recursos hídricos, por lo que, la conservación de ecosistemas saludables tiene un impacto directo en la mejora del agua. La salud del paisaje, la vegetación, los suelos y los humedales, ejerce una influencia significativa en todo el ciclo del agua, la formación del suelo, la erosión y el transporte de sedimentos, lo que a su vez afecta la hidrología en su conjunto.

En el contexto de los sistemas ecológicos, es plausible sostener que, de manera análoga a las interacciones funcionales que ocurren en el organismo humano, existe una estrecha vinculación entre los ecosistemas terrestres y acuáticos en su conjunto. Al igual que la salud de la microbiota impacta significativamente en la homeostasis de los sistemas inmunológico, nervioso y endocrino en el cuerpo humano, se puede inferir que la integridad y funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos se entrelazan, ejerciendo influencia mutua. En este contexto, se establece una interdependencia adicional entre los componentes agua-suelo-vegetación. Los tallos y las hojas de las plantas capturan la humedad proveniente de las precipitaciones y las nubes, mientras que las raíces regulan la gestión de los recursos hídricos subterráneos, controlando los procesos de infiltración y percolación. Esta interacción forma parte de una intrincada red en la que los flujos de agua y energía a través del suelo se encuentran interconectados, contribuyendo al equilibrio global de la dinámica tierra-agua-energía del planeta.

Parece que, cuando hablamos de SbN en la gestión hídrica, nos centramos únicamente en su aplicación al agua, pero lo que debemos hacer es adoptar una relación simbiótica entre el suelo y la vegetación como pieza fundamental en la comprensión de los procesos ambientales. Los procesos de transpiración de las plantas, evaporación y precipitación dan paso al nuevo concepto “cuenca atmosférica” (dejando a un lado más local el de “cuenca hidrográfica”) por las implicaciones transfronterizas que estos procesos tienen. Para ello será necesario un cambio en los términos legales y de gobernanza, en este “efecto mariposa hídrico”, un fenómeno que afecta no solo a los cuerpos de agua, sino que está intrínsecamente relacionado con la estructura global del planeta y, en última instancia, tiene un impacto directo en nuestra supervivencia.

Marco conceptual:

La integración de las Soluciones basadas en la naturaleza (SbN) requiere considerar aspectos legales, institucionales, políticos y financieros. Para ello, es esencial definir claramente qué se considera una SbN y qué características deben cumplir. A este respecto, no existe una definición universal para las mismas; las organizaciones las definen de diferentes formas según el grado de intervención, el tipo de ingeniería utilizada y el número de partes interesadas. No obstante, tras una comparativa de todas ellas, podemos concluir que, entre sus caracteres fundamentales, destacan el uso de la naturaleza, el aporte de beneficios sociales, ambientales y económicos, aumento de la resiliencia, preservación de la diversidad biológica y la promoción de servicios ecosistémicos a largo plazo. Teniendo en cuenta estas notas, hemos propuesto una definición global que abarque no solo éstas, sino otras características que recoge la doctrina y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) como; la participación de las

comunidades, la necesidad de que las SbN sean medibles, verificables y replicables, así como el uso inteligente de recursos naturales e ingenieriles y su integración en las políticas nacionales.

Además, nos hemos enfocado en cómo las SbN se vinculan y fundamentan en conceptos preexistentes, explorando otras aproximaciones y estrategias que también se orientan hacia la resolución de desafíos ambientales y sociales; el enfoque ecosistémico, los servicios ecosistémicos, la adaptación/mitigación basada en ecosistemas y, la infraestructura verde y azul. A pesar de que el enfoque ecosistémico no equivale a SbN, sus principios se pueden utilizar en el diseño de SbN para mejorar la gama de las partes involucradas y equilibrar sus intereses (por ejemplo, la gestión de cuencas hidrográficas es un enfoque que considera la cuenca hidrográfica como un sistema único, que implica trabajar con las comunidades locales para identificar y abordar los problemas de gestión del agua).

Un tema importante de debate se centra en torno a si los organismos modificados genéticamente (OMG) pueden considerarse SbN y cómo definir el concepto de “naturaleza” o “natural”. La Comisión Europea excluye específicamente los OMG, lo que plantea la pregunta de si las SbN extensivas, que involucran tecnología u obras de infraestructura convencional, también alterarían la naturaleza y se encontrarían al margen de ser SbN.

Esta diversidad conceptual podría no ser un problema si se interpreta y justifica cada caso particular, como ocurre con las regulaciones sobre OMG. Considerando que con el apoyo único de las SbN en sentido estricto, no seremos capaces de afrontar los retos del cambio climático, nos planteamos la posibilidad de ampliar su alcance. En defensa de esta ampliación, dentro de los OMG, debemos diferenciar entre los “transgénicos” (modificados con ADN externo) y “cisgénicos” (con genes de organismos sexualmente compatibles), cuya distinción legal se ha solicitado en distintos países, como EEUU. La tecnología de edición genética “CRISPR/Cas9”³⁵³ representa una alternativa que no implica la creación de organismos transgénicos, ya que incorporan fragmentos de ADN de su misma especie en su genoma, por lo que, ¿no se podría diferenciar en la normativa ambos sistemas para favorecer la producción de semillas resistentes a la sequía o para reducir el uso de químicos? ¿Por qué no distinguimos las autorizaciones de los cisgénicos para poder proteger los recursos hídricos en la agricultura?

A día de hoy, los OMG en su conjunto se regulan en el mismo marco legal, la Ley 9/2003, de 25 de abril que regula el uso confinado, la liberación voluntaria y la comercialización de OMG y; el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, que aprueba el Reglamento General para su desarrollo y aplicación. La Ley 9/2003 establece autorización para la utilización confinada, las actividades de riesgo moderado o alto (con excepciones para riesgo bajo). El art. 11 prohíbe restringir la comercialización de OMG autorizados por otros Estados miembros. ¿Quiere decir que podemos importar un cisgénico pero no producirlo, cuando puede ser beneficioso para la optimización de los recursos en la agricultura y evitar la contaminación de las aguas?

El concepto de SbN ofrece flexibilidad, permitiendo el apoyo tecnológico si prevalece el sentido natural. Sin embargo, esto plantea interrogantes sobre la regulación adecuada de las SbN, incluyendo la posibilidad de utilizar SbN clonadas o alimentos derivados de clones de animales.

³⁵³ Consultado en: [Alimentos cisgénicos | APSAL - Asociación Profesionales de Salud y Alimentos](#) (último acceso el 25 de agosto de 2023).

Por tanto, la regulación actual resulta incoherente, especialmente en el caso de las semillas cisgénicas. Una regulación bien fundamentada permitiría aprovechar el potencial de los OMG y otras tecnologías para abordar los desafíos ambientales, especialmente en la gestión hídrica. Sin embargo, esta regulación debe considerar cuidadosamente aspectos éticos, científicos y ambientales para garantizar la seguridad y el respeto por los valores naturales y sociales fundamentales.

Regímenes normativos:

Una vez analizado el concepto de SbN, consideramos que no son necesarios cambios drásticos en los regímenes normativos actuales, pudiendo utilizarse los marcos existentes para promover la utilización de las SbN de manera más eficaz.

Así, por ejemplo, dentro de la normativa de Aguas, la propia DMA no regula de forma expresa las SbN pero establece enfoques para la gestión del nexo “water-energy-food” (Considerando 16). También establece que el equilibrio de los ecosistemas acuáticos en costas, golfos y estuarios, depende de la calidad de las aguas continentales que fluyen hacia ellas, por lo que abre la puerta a la aplicación de las SbN en todo el ciclo (fuente, plantas de tratamiento/reutilización y agricultura).

Los humedales, forman parte de diversos artículos (1 y Considerando 23), al definir claramente su función en el mantenimiento de la buena salud hídrica. Sin embargo, frente lo establecido en la DMA, consideramos que son las masas de agua subterránea las que dependen de los humedales y no al revés, como se menciona, aunque bien podría variarse la redacción normativa hacia una interdependencia de ambos.

La DMA también nos recuerda que, a la hora de la protección de los recursos hídricos, debemos tener en cuenta las condiciones de escorrentía natural del agua³⁵⁴ dentro del ciclo hidrológico, pero parece que se le olvida la escorrentía artificial o provocada por este tipo de factores, incluida la agricultura intensiva, y es algo que debería reflejarse. Asimismo, fomenta, en su artículo 6, la utilización de las mejores prácticas ambientales, lo que daría posibilidad a la implementación de las SbN, en línea con el inciso i) de la letra b) del apartado 1 del Artículo 4 de la Directiva 2000/60/CE (DMA).

Por otro lado, la Directiva 2006/118/CE, sobre protección de las aguas subterráneas, tampoco regula de forma expresa el concepto de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), pero indica en su Anexo II, Parte A que se deberán tomar en consideración, para medir valores umbral de contaminación, las interacciones entre los ecosistemas acuáticos y terrestres que dependen de ellas, y las características hidrogeológicas de las masas de agua. El artículo 6 exime a los Estados miembros de prevenir la contaminación de aguas subterráneas si resulta de acciones en aguas superficiales para abordar inundaciones, sequías y la gestión de aguas internacionales, por lo que la incorporación de SbN emerge como una estrategia crucial para su evitación.

³⁵⁴ Véase Considerando (34) de la Directiva 2000/60/CE.

La Directiva 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas para consumo humano, determina en el Considerando (15), al igual que la DMA, la implementación de la gestión integral del agua desde la zona de captación, extracción, tratamiento, almacenamiento y distribución hasta el punto de cumplimiento. Algo relevante si tenemos en cuenta que, una de las amenazas creciente es la contaminación con medicamentos y productos que alteran la función endocrina, algo que puede mejorarse mediante sistemas de biorremediación en plantas de tratamiento y reutilización sin millonarias inversiones ni elementos químicos perjudiciales.

Esta Directiva es una oportunidad para regular las SbN, para el cumplimiento de sus objetivos (art. 9.3. e), ya que los sistemas de purificación y filtración deben ser efectivos, seguros y manejados de manera adecuada, por lo que sus materiales deben cumplir unos requisitos, que se dan de forma natural en las SbN. Además, el Anexo I, Parte C, indica que la seguridad de las aguas de consumo humano no solo implica la ausencia de sustancias y microorganismos nocivos, sino también la presencia de una cantidad determinada de minerales naturales y elementos esenciales. En este caso, las SbN, como la filtración natural a través de humedales, o incluso el uso de lodos de depuradora en la agricultura, podrían ayudar a mantener los minerales necesarios en el agua de manera sostenible.

Reforma del TRLA:

El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio (TRLA), es un marco esencial para la regulación de las SbN mediante la reforma de algunas deficiencias.

Por ejemplo, la inclusión de determinados conceptos presentes en el Plan Hidrológico Nacional (LPH), como normativa específica sobre sequías, acuíferos compartidos, reservas ambientales, información hidrológica o especificaciones sobre los caudales ecológicos. Se pueden identificar ciertas áreas de mejora en el Texto Refundido de la Ley de Aguas. En particular, el concepto de sequía y su regulación apenas se mencionan en este texto legal. Además, existe una necesidad evidente de integrar una definición precisa de los caudales ecológicos y establecer su relación con las SbN con el fin de determinar su medición y cómo inciden en estas masas para su condicionamiento.

La legislación del agua debería hacer referencia a la utilización de recursos no convencionales como la reutilización, y no solo la desalinización, así como las Soluciones basadas en la Naturaleza, para alcanzar sus objetivos y principios rectores del art. 14355. Tan solo disponemos del art. 13.7 dedicado a la “desalinización”, en el que el Libro Verde de la Gobernanza del Agua pretende incorporar las SbN, lugar obviamente nada adecuado.

La regulación expresa de las SbN serviría para la correcta aplicación de los artículos 100 y ss., al categorizar la recarga artificial de acuíferos como vertido, ya que mediante las SbN dicha acción podría llevarse a cabo de manera natural. Asimismo, daría cumplimiento a las normas básicas de protección³⁵⁶, la obligación de no alterar los cauces privados en detrimento del

³⁵⁵ Art. 14.3 TRLA: “Compatibilidad de la gestión pública del agua con la ordenación del territorio, la conservación y protección del medio ambiente y la restauración de la naturaleza”.

³⁵⁶ Véase art. 2 del TRLA.

interés público³⁵⁷, las zonas de policía de las riberas y sus usos³⁵⁸, los trabajos de protección de márgenes o medidas de protección de masas de agua subterránea en riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo o químico (art. 56 TRLA).

En cuanto a la integración en otras políticas, como establece el artículo 11 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea y la propia DMA en su Considerando (16), contamos con una “subordinación” mejorable. Además, debemos avanzar hacia una integración en el ámbito de la Ordenación del Territorio, puesto que los usos del suelo y el urbanismo, operan principalmente a nivel de administraciones individuales (y no a nivel único “de cuenca”).

El régimen concesional podría ser una buena herramienta para la regulación de las SbN. De esta forma, podría condicionarse su empleo para evitar autorización para el aprovechamiento de aguas de manantial y subterráneas cuando el volumen total anual no sobrepase los 7.000 metros cúbicos. El art. 54.2 TRLA exceptúa la autorización sin condicionamiento, pero consideramos que se pierde la ocasión de comenzar el camino en el medio rural. Sin embargo, al no constituir masas de agua relevantes, podría reformarse el art. 79.3 TRLA para promover un sistema simplificado de autorizaciones en estos casos. Obviamente, y como hemos visto, es en este medio donde mejor se conocen las prácticas ancestrales en SbN, pero no contamos con formación, obligatoriedad de determinadas SbN en los Códigos de Buenas Prácticas, ni mucho menos un banco de conocimiento unido a un Comité vinculado al sector científico-académico.

También se podría condicionar el otorgamiento y caducidad de concesiones³⁵⁹ a la aplicación de SbN, modificándose el art. 55.5, estableciendo la obligación de informar de manera telemática y periódica de las mediciones y características de las SbN empleadas como medidas correctoras³⁶⁰ adoptadas (uso de biofertilizantes y biopesticidas en la agricultura, etc.). De esta manera, se podría conectar el marco legal para ajustar y renovar los caudales ecológicos de acuerdo con los cambios en los recursos hídricos, así como considerar los caudales de las concesiones en función de las previsiones de los planes hidrológicos y las medidas de los planes de sequía.

Otra disposición que afecta a las SbN es la relativa al art. 65.2. TRLA, donde se indica que las concesiones para el abastecimiento de poblaciones y regadíos podrán revisarse cuando el objeto de la concesión puede cumplirse con una mejora de la técnica de utilización del recurso, como es el caso de las técnicas de riego eficiente o aplicación de innovación sostenible en el uso del agua para agricultura. Se establece que las Confederaciones Hidrográficas realizarán auditorías y controles de las concesiones³⁶¹, a fin de comprobar la eficiencia de la gestión y utilización de los recursos hídricos, sin embargo, el Libro Verde de la Gobernanza del Agua ya asegura una falta de personal en la Administración para llevar a cabo una gestión hídrica eficiente.

La gobernanza de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) debe modificarse en el TRLA para incluir la participación de actores, organizaciones y expertos en los Organismos de cuenca

³⁵⁷ Véase art. 5.2. del TRLA.

³⁵⁸ Véase art. 6 del TRLA.

³⁵⁹ Modificándose el art. 66 TRLA.

³⁶⁰ Modificándose los arts. 92 y ss. TRLA.

³⁶¹ Véase art. 94 TRLA “Policía de aguas”.

y el Consejo Nacional del Agua (CNA), ampliando el artículo 19.2 del TRLA. Los órganos de participación actuales, como el Consejo Nacional del Agua (CNA), los Consejos de Agua de la Demarcación (CAD), y los órganos de gestión participada, parecen no ser suficientes por sus múltiples deficiencias: (i) Su composición limita su efectividad para actuar como auténticos órganos de consulta y participación; (ii) la representación municipal, responsable de los servicios esenciales de abastecimiento y saneamiento, es accesorio; (iii) la representación de los usuarios está limitada a aquellos que cuentan con concesiones, siendo las comunidades de usuarios (regantes) y la última parte de la cadena quien puede asesorar de forma práctica; (iv) la presencia de conocimiento experto en el CNA a través de Colegios profesionales, instituciones y asociaciones científicas es limitada. Es preciso desarrollar la revolución ciencia-tecnología.

Además, se sugiere el uso de encuestas deliberativas, jurados ciudadanos y otras estrategias para involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones sobre SbN. MITECO también destaca alternativas como el voluntariado, cursos formativos, la creación de un catálogo de SbN y la inclusión de las SbN en programas académicos para promover su uso y conocimiento.

El elemento fundamental para la promoción de la participación público-privada, es la información. Pero, por un lado, el artículo que regula el Registro de Aguas establece únicamente que este será “público” y los trámites se canalizarán por el organismo de cuenca. Siguiendo lo dispuesto en numerosa normativa, la legislación debe adaptarse a los avances en innovación y regular un verdadero Registro electrónico, a ser posible con aplicación de tecnologías como blockchain, Big Data o IA. Por otro, el acceso a la información es limitada porque solo se recoge parcialmente en el Sistema de Información de Aguas Subterráneas (SIAS), debido a la escasez de los puntos de medición, la ineficiencia de los procedimientos de muestreo y las interrupciones de las series de datos. Además, la falta de un inventario de pozos y el desconocimiento de actividad extractiva aumentan las deficiencias en la preservación de los recursos hídricos y la posibilidad de aplicar eficientemente las SbN.

Por otro lado, la información sobre el agua se encuentra diseminada entre varios organismos como; los Organismos de Cuenca, que tienen redes de monitoreo pero falta de personal; IGME, que puede crear infraestructura de información pero no gestionarla, Universidades, donde la Ley de Contratos del Sector Público (Ley 9/2017) dificulta la colaboración entre centros de conocimiento y entidades gubernamentales; empresas privadas y consultoras (contratadas ante la escasez de funcionarios e hidrogeólogos en los organismos de cuenca), entre otros.

El enfoque extremadamente hidráulico del TRLA hace que la sensibilización ambiental, mucho menos en materia de SbN, no se encuentra regulada. Deberían integrarse acciones para reforzar la formación acerca de SbN, la educación y difusión de las SbN en códigos de buenas prácticas agrarias. Pero contamos con otro problema; para eso es necesario tener la información necesaria, y por otro lado, el personal adecuado, suficiente y formado para ello. Desafortunadamente, se precisa una modificación en nuestra estructura institucional para que esto suceda.

Es esencial fomentar la investigación científica y el desarrollo de tecnologías innovadoras relacionadas con Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para abordar los desafíos hidrológicos de manera efectiva. El Libro Verde de la Gobernanza del Agua nos cita algunas de ellas como; un repositorio de datos compartidos, posibilidad de utilizar redes 5G, la creación de

una entidad encargada de gestionar los datos provenientes del “smart metering” y “smart grid” o técnicas de big data en el consumo, suministro y gestión. Sin embargo se olvida de la importancia del biomonitoreo como una herramienta accesible para la observación ciudadana en la gestión del agua o la tecnología blockchain, que es esencial para sacar el máximo provecho a las SbN.

Marco europeo:

Tras un análisis de la normativa española, destacamos el creciente reconocimiento y desarrollo de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en el contexto global de desarrollo sostenible. Estas soluciones comenzaron a surgir en torno a 1990, coincidiendo con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible de 1992, donde se establecieron acuerdos importantes como el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). A partir de 2005, se intensificó la atención en torno al concepto de servicios ecosistémicos, culminando con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio en 2005. Sin embargo, antes de 2010, el enfoque del Convenio sobre la Diversidad Biológica en relación al agua dulce se centraba principalmente en la mitigación de los impactos de la gestión hídrica en la biodiversidad. Fue en 2010 cuando se vinculó de manera explícita la biodiversidad con el desarrollo, al adoptarse la referencia a los servicios ecosistémicos relacionados con el agua bajo la Meta 14 de Biodiversidad de Aichi.

Esta conexión entre los ecosistemas y el agua se plasmó en el documento definitivo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Río+20) de 2012. En este contexto, las SbN se destacan como esenciales para abordar los impactos del cambio climático, que están fuertemente ligados a la hidrología y los recursos hídricos.

Las SbN también han ganado reconocimiento en otros ámbitos globales, como la reducción del riesgo de desastres, de hecho, en la Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE), se ha observado un notorio énfasis en la implementación de medidas no estructurales (a diferencia del uso de infraestructura convencional o “gris”) para la prevención de inundaciones. Así, por ejemplo, en el art. 4 de la Directiva 2007/60/CE se prevé la evaluación preliminar del riesgo de inundaciones sobre la base del análisis de la topografía, la localización de los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas generales, incluidas las llanuras aluviales como zonas de retención naturales. Precisamente, la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas reseña la incorporación al diseño urbano de SbN, como la gestión integral del ciclo hidrológico, así como evitar el soterramiento y pavimentación de torrentes y ramblas. El Plan Nacional de adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 recoge en su Línea de acción 3.4, la recuperación de la morfología y dinámica natural de los cauces, mediante el fomento de soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Como nota, y en esta misma línea, la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional establece en su artículo 28.3, que el Ministerio de Medio Ambiente promoverá convenios de colaboración con las Administraciones para eliminar construcciones e instalaciones ubicadas en el dominio público hidráulico y zonas inundables que representen un grave riesgo para las personas, bienes y la protección de dichos espacios.

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son fundamentales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) debido a su capacidad de promover la indivisibilidad, inclusión y aceleración en la implementación de los mismos. La Meta 14 de Biodiversidad de Aichi y la Cumbre de Río+20 contribuyeron a la integración de los ecosistemas en el ODS 6, especialmente a través de su Meta 6.6, que busca proteger y restaurar ecosistemas relacionados con el agua. El impacto de las SbN se extiende a otros ODS, como el 2 (seguridad alimentaria), el 3 (salud y bienestar), el 7 (energía asequible y no contaminante), el 8 (crecimiento económico), y el 12 (producción y consumo responsables), entre otros. En particular, las SbN son esenciales para abordar la disponibilidad de agua en zonas urbanas (ODS 11 - ciudades y asentamientos humanos sostenibles).

De la misma manera, ayudan a mitigar los impactos adversos de la agricultura, lo que está alineado con el ODS 12 (producción y consumo responsables) y su Meta 12.2. Las SbN son cruciales para combatir la desertificación y la degradación de las áreas terrestres (ODS 15) y para garantizar la disponibilidad de agua, especialmente a través de la interacción entre el suelo y la vegetación. Recordemos que la degradación del ecosistema “es la causa subyacente de la desertificación, las SbN son el único medio factible para combatirla a gran escala”, como indica el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018.

Destacamos que la Agenda 2030, evidencia la interdependencia entre el bienestar humano y los recursos naturales, subrayando la importancia de abordar de manera holística las facetas social, económica y medioambiental del desarrollo sostenible. Como hemos visto, la interconexión entre múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en relación con cuestiones hídricas plantea un desafío para la discreción de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en abordar específicamente la escasez de agua. Esto resalta la necesidad de considerar las SbN dentro de un enfoque holístico y más amplio que abarque la gestión integrada de recursos terrestres y acuáticos.

Estrategias y Planes:

Diversas Estrategias y Planes en España promueven expresamente las SbN como, por ejemplo; la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas, el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, el Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia, así como la Planificación Hidrológica.

La Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad, regula las infraestructuras verdes como punto de partida para el desarrollo de las SbN. La Estrategia Estatal de Infraestructura Verde, establecida por la Ley 42/2007, se enfoca en la conectividad de los ecosistemas y su relación con los recursos hídricos, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y la restauración de áreas degradadas.

En el marco de la DMA, se desarrollan los planes de gestión a nivel de cuenca hidrográfica en España, instrumentos clave para la implementación y promoción de SbN, en línea con el art. 11 de la DMA. Estos planes de gestión ya están teniendo en cuenta diversos aspectos interesantes pero, consideramos que necesitan fortalecer determinados conocimientos en; efectos de

Especies Exóticas Invasoras en la preservación (y no en destrucción) de algunos ecosistemas, los cambios en el régimen hidrológico en el ciclo de vida de las especies, transformación de los ecosistemas por reducción de aportes de aguas subterráneas, aumento en la concentración de contaminantes debido a reducción de aportes naturales, mayor eutrofización por incremento de contaminantes y temperatura, inundación de zonas húmedas litorales y desplazamiento de cuña salina en aguas subterráneas y afectaciones a la vegetación de ribera.

El Plan Hidrológico Nacional se posiciona como un espacio propicio para la introducción de innovación en el ámbito de los recursos hídricos, tal como se refleja en su artículo 34.1. En este contexto, se abre una ventana de oportunidad para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), ya que la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, ofrece un margen de flexibilidad significativo. Tanto el Plan Hidrológico Nacional como cada Plan Hidrológico de Cuenca deberían respaldar explícitamente la asunción de las SbN, asegurando así una coordinación efectiva en sus objetivos. No obstante, debe liderarse desde los Planes de Cuenca, puesto que la Ley del Plan Hidrológico Nacional se centra en la coordinación o algunos aspectos que requieren una uniformidad (por ejemplo, los trasvases o “transferencias”).

Precisamente en los trasvases existe otra oportunidad de regulación de las SbN. Una forma efectiva de invertir los ingresos derivados de la tasa a los caudales cedentes sería destinándolos a la implementación de SbN, ya que estos no solo benefician a las regiones con escasez de agua, sino que ayudan a garantizar el abastecimiento y disponibilidad de agua mediante todo el ciclo hidrológico. El propio Plan, aunque se centra en la transferencia del agua, establece otras medidas complementarias (que no recogen los Planes Hidrológicos de Cuenca) como la canalización y escurrimiento del agua de lluvia; la reposición artificial de aguas subterráneas, así como programas I + D para su fomento.

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) representan una estrategia para mejorar la coordinación entre administraciones, como en el caso de acuíferos compartidos. En situaciones en las que se requiere el transporte de agua entre acuíferos, generalmente se considera que existe una transferencia, lo que implica una serie de requisitos y desafíos regulatorios. Sin embargo, las SbN ofrecen una alternativa que no involucra el transporte físico de agua.

Además, las SbN también pueden desempeñar un papel fundamental en la gestión de las sequías. Mientras que el Plan Hidrológico Nacional establece solo dos escenarios para abordarlas, centrados en la declaración de situaciones de alerta y la elaboración de planes especiales, carece de medidas concretas para afrontar estos desafíos de manera efectiva.

Relaciones institucionales:

En primer lugar, debemos tener en cuenta la estructura de la gestión hídrica y la distribución de competencias entre el Estado y las Comunidades Autónomas (y municipios). En este sentido, se plantea un desafío de coordinación interadministrativa puesto que ninguna medida relacionada con el agua recae exclusivamente en una única administración. Así por ejemplo, la gestión de los riesgos relacionados con las sequías, se lleva a cabo a través de los Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía (PES). Tanto los PES como los Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC) deben coordinarse con los Organismos de Cuenca, las Comunidades Autónomas en el caso de cuencas intracomunitarias, la Dirección General del

Agua (MITERD), la Oficina Española del Cambio Climático (OECC), el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

De la misma manera sucede en los ámbitos de gestión de los riesgos por inundaciones, mejora del estado de las masas de agua y gestión del ciclo integral del agua.

El modelo político actual y la distribución de competencias establecen que la mayoría de los mecanismos de interacción entre las distintas administraciones son de carácter cooperativo o colaborativo. Sin embargo, la coordinación, tanto dentro de la Administración General del Estado (AGE) como entre esta y las Comunidades Autónomas (CCAA), se desarrolla mediante mecanismos informales³⁶².

Las actuaciones propuestas para la mejora de la gobernanza del agua abarcan desde el establecimiento de sistemas de cooperación apoyados por grupos de trabajo técnico-administrativos, diferenciar los ámbitos de decisión (autoridades competentes) de los ámbitos de participación, garantizando la vinculación y coherencia entre ambos, reforzar y mejorar los órganos de participación, asegurando las oportunidades de participación de los interesados³⁶³, así como la creación de un catálogo de SbN³⁶⁴ (en este estudio proponemos un ejemplo) que sirva para la implementación en diversas políticas e instrumentos de financiación.

Por otro lado, la iniciativa de Gobernanza del Agua de la OCDE propone 12 medidas alternativas esenciales para una gobernanza eficiente, eficaz e incluyente como; información, financiación, regulación, gobernanza innovadora, integridad y transparencia, involucración de interesados, arbitrajes, monitoreo/evaluación, roles y responsabilidades claras, capacitación, coherencia de políticas y escalas apropiadas dentro de los sistemas de cuenca (ver Figura 6 del Anexo I).

La financiación es uno de los temas vinculado a la gobernanza y que necesita evolucionar para facilitar la implementación de las SbN. En primer lugar, los organismos de cuenca presentan falta de recursos y presupuesto. Además, su dependencia presupuestaria de la Dirección General del Agua (DGA) resulta en duplicación y ralentización de los procesos. Esta situación se agrava debido a las incertidumbres económicas globales, el alto endeudamiento y el déficit en las administraciones públicas, lo que ha reducido significativamente su capacidad de respuesta presupuestaria hasta al menos el año 2030. Además, los bajos niveles de ejecución presupuestaria indican una gestión inadecuada de los recursos, incluyendo los Fondos Europeos disponibles para la gestión del agua en España³⁶⁵.

Los problemas en la gobernanza del agua en el país no se deben principalmente a la normativa legal existente, sino a dificultades y limitaciones en la gestión administrativa, lo que se traduce en una disminución de recursos humanos y financieros para los organismos de cuenca y otras entidades encargadas de la gestión del agua. Además, esto se une a la falta de incentivos para

³⁶² MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. *Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España*, op. cit. pág. 28.

³⁶³ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. *Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España*, op. cit. pág. 62.

³⁶⁴ The Nature Conservancy. MITECO, (2019). *Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España*, op. cit, págs. 16-17.

³⁶⁵ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. *Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España*, op. cit. págs. 21-22.

una utilización más eficiente de los recursos, como dispone la propia DMA, y la insuficiencia de capacidad y mecanismos de financiación públicos.

Si bien es cierto que, en el contexto europeo, existen herramientas de financiación ya establecidas en contextos distintos, las cuales podrían ser adaptadas para respaldar la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), deben ser complementadas con nuevos modelos de inversión mixta o privada para que las SbN alcancen todo su potencial. En España, la promoción y desarrollo de pago por servicios ecosistémicos, bancos de hábitat (que además se reconocen como instrumento útil para “llevar a cabo medidas reparadoras complementarias y compensatorias”), acuerdos de custodia de territorio (CT), la emisión de bonos verdes, el establecimiento de seguros ecológicos que inserten las SbN o la creación de Fondos de Agua, podrían dar buen resultado.

En nuestro país, el marco de bonos verdes se recoge en un documento realizado por el ente del Tesoro Público, que no recoge la mención expresa de las SbN pero si establece como objetivos la infraestructura de gestión de aguas (tratamiento, depuración y reutilización), gestión del riesgo por sequías e inundaciones, gestión de los recursos hídricos y el control del dominio público hidráulico, control de la calidad de las aguas y a la mejora del estado de las masas de agua y, prevención y control de la contaminación difusa por reducción de los retornos y mejor aplicación de los fertilizantes, entre otros. Consideramos que existe una omisión de considerar la opción de emplear Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como un enfoque alternativo en la dirección de infraestructura verde y soluciones biológicas, particularmente en el reemplazo de fertilizantes convencionales y como solución a los objetivos ambientales planteados. Destacamos la importancia de una perspectiva más amplia e inclusiva en el contenido, motivado por una falta de formación y conocimiento, estructura de gobernanza sólida, y (todavía) ausencia de cultura consciente en torno a las Soluciones basadas en la Naturaleza.

A fin de que estas estructuras sean totalmente factibles, se necesitan implementar nuevas políticas que integren y prioricen las SbN, integrar la financiación de SbN en enfoques de financiación tradicionales, como los bonos verdes, forjar nuevas alianzas entre diversos protagonistas como las aseguradoras, promocionar las investigaciones científicas, así como disponer de una mayor interrelación administrativa. Será esencial asegurar flujos de financiación específicos y continuos para apoyar estas iniciativas y establecer políticas firmes que coloquen a las SbN como una prioridad central en las agendas nacionales y locales.

En este estudio, proponemos un catálogo de SbN, desde los enfoques de cuenca, estaciones de tratamiento de reutilización de aguas residuales, así como en agricultura. Asimismo, hemos recopilado las acciones que impactan en el nexo WEF y repercuten en la calidad del agua, la optimización energética y fomento de la agricultura sostenible.

Las SbN desde la fuente, recogen tanto las fórmulas tradicionales como; la restauración de humedales (purificación natural, retención de agua durante inundaciones y mantenimiento en épocas de sequía), cobertura vegetal, reforestación, estabilización de suelos (en unión al nexo agua-vegetación-energía), cuencas de control hídrico o enfoques paisajísticos, restauración de cursos de agua, recarga de acuíferos, pavimentos permeables (entre otras); como las acompañadas o desarrolladas con innovación destacando el biomonitoreo (observar cambios en

organismos acuáticos para medir la contaminación), biorremediación acuática (uso de microorganismos para eliminar contaminantes), tecnología de revestimiento de suelos o incluso el uso inteligente de EEI.

Por otro lado, las SbN en los sistemas de reutilización de agua, se centran principalmente en elementos de innovación similares a los anteriores pero adaptados al tipo de contaminación que podemos encontrar. La biomimética como forma de filtrar agua y optimizar energía, reutilización de lodos de depuradora (tanto para agricultura como para el uso de estruvita – de línea de fangos – en el mantenimiento de la infraestructura por su capacidad para controlar la cristalización del fósforo), sistemas de biomasa algal (que generan oxígeno para la descomposición de contaminantes, algo de lo que carecen las masas de agua contaminadas), tecnología de membrana, luz ultravioleta o la creación de minicentrales eléctricas que turbinan el agua procedente del lagunaje o aprovechando la energía potencial del agua de la propia red de distribución.

El enfoque restante, en la gestión agrícola sostenible, pone de manifiesto la necesidad de formación, capacitación, información y renovación normativa en este sector. Se propone, si bien son las técnicas más conocidas y recogidas en la PAC; el uso de sistemas agrícolas de conservación, agroforestería, diversificación de cultivos, buenas prácticas agroforestales, pastoreo rotativo o el uso eficiente del agua, realmente las prácticas que pueden modificar el panorama consisten en la utilización de cultivos tolerantes a la sequía (OMG, semillas tolerantes a situaciones adversas como la variedad de soja argentina - HB4 gen), o biopreparados como biofungicidas, bioinsecticidas, biorepelentes, biofertilizantes o bioestimulantes, que promueven el cumplimiento de la Directiva Nitratos. Sin embargo, la utilización de estos compuestos presenta desafíos y lagunas legales, que dificultan su procedimiento de autorización, equiparándolos con los productos químicos. Esta falta de información, regulación e incentivos, no facilita la adopción de estas soluciones.

También se destacan técnicas basadas en la innovación como el control integrado de plagas, utilizando plantas medicinales o insectos depredadores o parasitoides. Nos alegra encontrar SbN basadas en conocimiento ancestral como la siembra de agua o el sistema de intensificación del arroz (SIA), que se basa en mantener el suelo húmedo pero no constantemente inundado, lo que lo mantiene aeróbico en lugar de anaeróbico, entre otros ejemplos que solo se consiguen mediante la creación de bancos de conocimiento en el sector rural, ese gran olvidado.

A lo largo de los siglos, nuestra alimentación ha estado condicionada a los ciclos de sequía y la selección natural de alimentos que podían sembrarse bajo determinadas circunstancias. Por ejemplo, en Mesopotamia (cuyo significado es “entre dos ríos”), se utilizaron infraestructuras verdes para dotar de agua a otras zonas, mediante la construcción de diques. Sin embargo, el terreno arcilloso hizo que se salinizara el suelo y la tierra quedara estéril³⁶⁶, por lo que esta SbN no fue eficiente. Para ello, optaron por sembrar cebada y avena, contando con el agua del Río Nilo (y Éufrates).

³⁶⁶ Consultado en: [Antigua Mesopotamia: resumen \(unprofesor.com\)](https://unprofesor.com) (último acceso el 14 de septiembre de 2023).

En nuestro contexto actual, nos enfrentamos no solo a problemas recurrentes sino también a fenómenos catastróficos que, lamentablemente, están aumentando en frecuencia como las lluvias torrenciales o Depresiones Aisladas en Niveles Altos (DANAS), las cuales impactan de manera directa en el nexo WEF. Estas situaciones demandan no solo la aplicación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), sino también un avance significativo en capacitación, sensibilización e información para abordarlas de manera efectiva.

El camino hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos, energéticos y alimentarios se dirige inexorablemente hacia la cooperación internacional. Además, se enfoca en la necesidad imperante de establecer mecanismos de arbitraje y gobernanza transfronteriza.

En este vasto escenario de la vida, a menudo olvidamos que somos simples engranajes dentro del intrincado mecanismo de la naturaleza. Mientras nos empeñamos por controlar y dominar nuestro entorno, pasamos por alto la lección fundamental que la Madre Naturaleza tiene para ofrecernos: la confianza en su capacidad de autorregeneración. Imaginemos por un momento que somos piezas de un gigantesco reloj, y en nuestro afán de querer controlar cada minuto de nuestras vidas, olvidamos que es el reloj en sí, la naturaleza, quien marca el verdadero ritmo del tiempo. Cuando tratamos de forzar el mecanismo, a menudo nos encontramos con resistencia y disonancia.

En lugar de tratar suplir el papel de la naturaleza con nuestras creaciones, deberíamos aprender a ser parte armoniosa de su engranaje. La naturaleza tiene la capacidad asombrosa de restaurarse a sí misma, si le damos la oportunidad. Somos una parte de este ciclo de vida y, en lugar de luchar contra él, deberíamos abrazar nuestra función dentro de este gran reloj de la existencia.

VIII. Anexos.

ANEXO I

Figura 1. Agricultura de conservación (labranza cero). El mismo campo con secciones bajo labranza (derecha) y bajo agricultura de conservación/ labranza cero (izquierda) inmediatamente después de una fuerte tormenta. Fuente: WWAP/ONU-Agua. 2018. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París, UNESCO. Pág. 48.



Figura 2. RÍO JAGUARI En la cuenca hidrográfica Piracicaba-Capivari-Jundia in Sao Paulo, Brasil © Adriano Gambarini. Fuente: Alianza Lationoamerica de los Fondos del Agua.



Figura 3. Río Alzette. Fuente: European Investment Bank.



Figura 4. Proyecto Arkansas Water. Infraestructura verde-gris. Fuente: Central Arkansas Water (CAW). Autoría de la fotografía: Matt Philips.



Figura 5. Asignaciones del bono verde de Central Arkansas Water.

Fuente: BID, 2021, Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: Mecanismos de financiación para la replicación regional³⁶⁷.

³⁶⁷ MARSTERS, L., et al., (2021). *Nature-Based Solutions in Latin America and the Caribbean: Financing Mechanisms for Regional Replication*, op. cit., pág. 19.

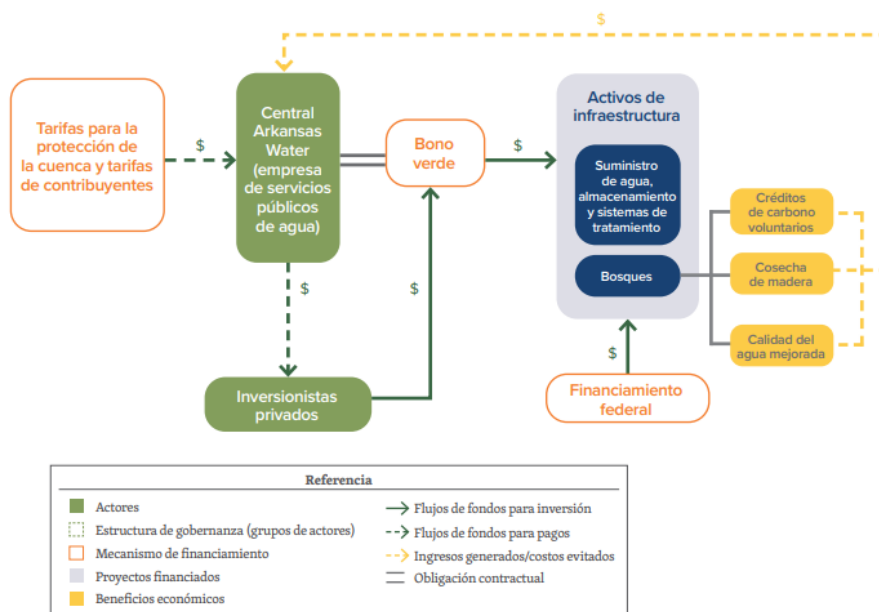


Figura 6. Iniciativa de Gobernanza del agua de la OCDE³⁶⁸.



IX. Bibliografía.

ABELL, R., ASQUITH, N., BOCCALETTI, G., BREMER, L., CHAPIN, E., ERICKSON-QUIROZ, A., HIGGINS, J., JOHNSON, J., KANG, S., KARRES, N., LEHNER, B., MCDONALD, R., RAEPPLE, J., SHEMIE, D., SIMMONS, E.,

³⁶⁸ OCDE (2015), Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE. Adoptados por el Comité de Políticas de Desarrollo Regional de la OCDE el 11 de mayo de 2015. Paris.

SRIDHAR, A., VIGERSTØL, K., VOGL, A. y WOOD, S., (2017). *Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection*. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA, 245 págs.

ABSON, D., VON WEHRDEN, H., BAUMGÄRTNER, S., FISCHER, J., HANSPACH, J., HÄRDITTE, W., et al., (2014). “Ecosystem services as a boundary object for sustainability”, en *Ecological Economics* 103, págs. 29-37. Recuperado de: [Ecosystem services as a boundary object for sustainability — Maastricht University](#) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

ACEVES-BUENO, E., ADELEYE, A. S., BRADLEY, D., BRANDT, W. T., CALLERY, P., FERAUD, M., GARNER, K. L., GENTRY, R., HUANG, Y., MCCULLOUGH, I., PEARLMAN, I., SUTHERLAND, S. A., WILKINSON, W., YANG, Y., ZINK, T., ANDERSON, S. E. y TAGUE, C., (2015). “Citizen Science as an approach for overcoming insufficient monitoring and inadequate stakeholder buy-in in adaptive management: Criteria and evidence”, en *Ecosystems*, vol. 18, núm. 3, págs. 493-506. Recuperado de: [Citizen Science as an Approach for Overcoming Insufficient Monitoring and Inadequate Stakeholder Buy-in in Adaptive Management: Criteria and Evidence | SpringerLink](#) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (AEMET), 2019. *Efectos del cambio climático en España*. Gobierno de España. Recuperado de: http://www.aemet.es/es/noticias/2019/03/Efectos_del_cambio_climatico_en_espanha (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (AEMA), 2019. *The European environment. State and outlook 2020: Knowledge for transition to a sustainable Europe* (“El medio ambiente en Europa. Estado y perspectivas 2020: conocimiento para la transición hacia una Europa sostenible”). Recuperado de: [The European environment — state and outlook 2020 — European Environment Agency \(europa.eu\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

- 2020. *Floodplains: a natural system to preserve and restore*. EEA Report No 24/2019, Publications Office of the European Union, 56 págs. Recuperado de: [Floodplains: a natural system to preserve and restore — European Environment Agency \(europa.eu\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

ALPIZAR, F., ALVARADO, I., BRENES, E., CAMHI, A., MADRIGAL, R., MALDONADO, J., MARCO, J., MARTÍNEZ-SALINAS, A., PACAY, E., WATSON, G., (2020). *Mainstreaming of natural capital and biodiversity into planning and decision-making: Cases from Latin America and the Caribbean*, Inter-American Development Bank, (Monografía del BID; 823), 91 págs. Recuperado de: [Mainstreaming of Natural Capital and Biodiversity into Planning and Decision-Making: Cases from Latin America and the Caribbean \(iadb.org\)](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

ÁLVAREZ GARCÍA, D., y GONZÁLEZ ALCALDE, I., (2012). *Bancos de Hábitat: Una oportunidad de futuro*. Ecoacsa Reserva de Biodiversidad, Madrid, noviembre 2012, 42 págs. Recuperado de: [Presentación de PowerPoint \(mercadosdemedioambiente.com\)](http://www.mercadosdemedioambiente.com) (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

ARAGÃO, L. E. O. C., (2012). “Environmental Science: The rainforest’s water pump”, en *Nature*, vol. 489, págs. 217-218.

ARMAROLI, N., BALZANI, V., (2007). “The future of energy supply: challenges and opportunities”, en *Angew. Chem. Int.*, ed. 46(1-2), págs. 52-66. Recuperado de: [The future of energy supply: Challenges and opportunities - PubMed \(nih.gov\)](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

BADGLEY, C., MOGHTADER, J., QUINTERO, E., ZAKEM, E., CHAPPELL, M. J., AVILES-VAZQUEZ, K., SAMULON, A., y PERFECTO, I. (2007), “Organic agriculture and the global food supply”, en *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 22, núm. 2, págs. 86-108. Recuperado de: [Organic agriculture and the global food supply | Renewable Agriculture and Food Systems | Cambridge Core](https://doi.org/10.1017/S1752805407001811) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

BARRINGTON, S., y BROWN, A., (2013). “An evaluation of porous pavement systems for treatment of urban stormwater runoff”, en *Water Research*, 47(10), págs. 3323-3330.

BARTON, D.N., RING, I., RUSCH, G.M., (2014). “Policyscapes. Natur-based policy mixes for biodiversity conservation and ecosystem services provision”, en *Policy Brief*, núm. 2. POLICYMIX Project, Trondheim.

BELTRÁN CASTELLANOS, J.M., (2017). *Instrumentos para la efectividad del régimen de la responsabilidad medioambiental, con especial referencia a las garantías financieras*, Cizur Menor, Aranzadi, 2018, 380 págs. Recuperado de: [José Miguel Beltrán Castellanos: Instrumentos para la efectividad del régimen de la responsabilidad medioambiental, Cizur Menor, Aranzadi, 2018, 380 págs. - Dialnet \(unirioja.es\)](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6444444) (último acceso el 14 de septiembre de 2023).

- 2019. *Fauna exótica invasora*, Ed. Reus, Madrid, 166 págs.

BESCHTA, R. L. y KAUFMAN, J. B., (2000). “Restoration of riparian systems: Taking a broader view”, en WIGINGTON J. P. J., y BESCHTA R. L. (eds.), *Riparian Ecology and Management in Multi-Land Use Watersheds. Middleburg (Va.)*, American Water Resources Association, AWRA's 2000 Summer Specialty Conference, August 28-31, 2000, Portland, Oregon, págs. 323-328. Recuperado de: [Riparian ecology and management in multi-land use watersheds : proceedings, AWRA's 2000 Summer Specialty Conference, August 28-31, 2000, Portland, Oregon in SearchWorks catalog \(stanford.edu\)](https://searchworks.stanford.edu/view/123456789) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

BERKES, F., (2012). *Sacred ecology: Traditional ecological knowledge and resource management*, Ed. Taylor & Francis, Routledge, 1999, 209 páginas.

BIEBER, N., KER, J.H., WANG, X., TRIANTAFYLIDIS, C., VAN DAM, K.H., KOPPELAAR, R.H.E.M., SHAH, N., (2018). “Sustainable planning of the energy-water-food nexus using decision-making tools”, en *Energy. Pol.* 113, págs. 584-607. Recuperado de: [Sustainable planning of the energy-water-food nexus using decision making tools - ScienceDirect](#) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

BOCKHEIM, J. G. y GENNADIYEV, A. N., (2010). “Soil-factorial models and earth-system science: A review”, en *Geoderma*, vol. 159, núm. 3-4, págs. 243-51. Recuperado de: [Soil-factorial models and earth-system science: A review - ScienceDirect](#) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

BOONMAN, L., (2021). *Correspondence between the authors and Laurice Boonman, Senior Adviser Controlling, Accounting en Rapportage at Ministerie van Financiën, June 8.*

BOVARNICK, A., F. ALPIZAR y SCHNELL, C., (Eds.) (2010). *The Importance of Biodiversity and Ecosystems in Economic Growth and Equity in Latin America and the Caribbean: An economic valuation of ecosystem*, United Nations Development Programme, 2010, 28 págs. Recuperado de: [Importance of biodiversity and ecosystems in economic growth and equity in Latin America and the Caribbean: an economic valuation of ecosystems. Latin America and the Caribbean: A Biodiversity Superpower. Executive Summary \(zaragoza.es\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

BRANSON, J., (2006). *Didymosphenia geminata economic impact assessment. Final report to Biosecurity New Zealand*, New Zealand Institute of Economic Research (NZIER), Wellington.

BROWDER, G., OZMENT, S., BESCOS, I.R., GARTNER, T., y LANGE, G.M., (2019). *Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure*, World Bank and World Resources Institute, Washington, DC.

BUYTAERT, W., ZULKAFI, Z., GRAINGER, S., ACOSTA, L., ALEMIE, T. C., BASTIAENSEN, J., DE BIÈVRE, B., BHUSAL, J., CLARK, J., DEWULF, A., FOGGIN, M., HANNAH, D. M., HERGARTEN, C., ISAEVA, A., KARPOUZOGLOU, T., PANDEYA, B., PAUDEL, D., SHARMA, K., STEENHUIS, T., TILAHUN, S., VAN HECKEN, G. y ZHUMANOVA, M., (2014). “Citizen Science in hydrology and water resources: Opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development”, en *Frontiers in Earth Science*, vol. 2, núm. 26.

BUREK, P., SATOH, Y., FISCHER, G., KAHIL, M. T., SCHERZER, A., TRAMBEREND, S., NAVA, L. F., WADA, Y., EISNER, S., FLÖRKE, M., HANASAKI, N., MAGNUSZEWSKI, P., COSGROVE, B. y WIBERG, D., (2016). *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg, Austria, 113 págs. Recuperado de: [Water Futures and Solution - Fast Track Initiative \(Final Report\) \(iiasa.ac.at\)](#) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

CABALLERO-SERRANO, V., ALDAY, JG., AMIGO, J., CABALLERO, D., CARRASCO, JC., MCLAREN, B. y ONAINDIA, M., (2017). “Social Perceptions of Biodiversity and Ecosystem Services in the Ecuadorian Amazon”, en *Human Ecology*, 45 (4), págs. 475-486. Recuperado de: [Social Perceptions of Biodiversity and Ecosystem Services in the Ecuadorian Amazon | SpringerLink](#) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

CANTÓ LÓPEZ, T., (2017). “Administración pública y participación activa del ciudadano en la gestión de la ciudad inteligente”, en PIÑAR MAÑAS, J.L. (dir.). *Smart cities. Derecho y técnica para una ciudad más habitable*, Editorial Reus, Madrid, págs. 33-52.

CBD COP. (2016). *Biodiversity and climate change*. Recuperado el 20 julio de 2019 de <https://www.cbd.int/meetings/COP-13> (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

- 2016. *Informe de la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica sobre su 13ª reunión*. Recuperado el 20 de julio de 2019 de: <https://www.cbd.int/meetings/COP-13> (último acceso el 08 de septiembre de 2023).
- 2018. *Natural Capital*, Secretariat of the Convention on Biological Diversity. June 7. Recuperado de: <https://www.cbd.int/business/projects/natcap.shtml> (último acceso el 29 de agosto de 2023).

CHAPMAN, D., WORLD HEALTH ORGANIZATION, UNESCO & UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (1996). *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, CHAPMAN, D. (Ed.), 2nd ed. E & FN Spon, 609 págs. Recuperado de: [Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring / edited by Deborah Chapman \(who.int\)](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

CLIMATE BONDS INICIATIVE (CBI), 2019. *Latin America & Caribbean: Green Finance State of the Market 2019*, 32 págs. Recuperado de: [Latin America & Caribbean: Green finance state of the market 2019 I América Latina y el Caribe: Estado del mercado de las finanzas verdes 2019 I América Latina e Caribe: Análise de mercado das finanças verdes 2019 | Climate Bonds Initiative](#) (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

COHEN-SHACHAM, E., WALTERS, G., JANZEN, C. AND MAGINNIS, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*, Gland, Switzerland: IUCN, 97 páginas.

COMMITTEE ON WORLD FOOD SECURITY (CFS), 2014. *Principles for Responsible Investment in Agriculture and Food Systems*. CFS fortyfirst session: Making a difference in food security and nutrition. Rome.

CHEN, Q., NI, J., MA, T., LIU, T., ZHENG, M., (2015). “Bioaugmentation treatment of municipal wastewater with heterotrophic-aerobic nitrogen removal bacteria in a pilot-scale SBR”, en *Bioresour. Techno.*, 183, págs. 25-32.

CHEN, L., WANG, J., WEI, W., FU, B. y DONGPING, W., (2010). “Effects of landscape restoration on soil water storage and water use in the Loess Plateau Region, China”, *Forest Ecology and Management*, vol. 259, núm. 7, págs. 1291-1298.

CRITCHLEY, W. y DI PRIMA, S., (2012). *Water Harvesting Technologies Revisited*. Deliverable 2.1 of the FP7 Project Water Harvesting Technologies: Potentials for Innovations, Improvements and Upscaling in SubSaharan Africa. Universidad libre de Amsterdam.

CROOKS J.A., (2002). “Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineer”, en *Oikos* 97, págs. 153-166.

COMISIÓN EUROPEA, 2013. *Communication from the Commission to the European Parliaments, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital {COM (2013) 249 final}*, Bruselas, 12 págs.

- 2015a. *Hacia una agenda política de investigación e innovación de la UE para soluciones basadas en la naturaleza y Re-Ciudades Naturales*. Informe final del Grupo de expertos de Horizonte 2020 sobre “Soluciones basadas en la naturaleza” y Ciudades renaturalizadas. Dirección General de Investigación e Innovación.
- 2015b. *Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions & Re-naturing Cities - Final Report of the Horizon 2020 Expert Group*. European Commission, Directorate General for Research and Innovation, Brussels.
- 2020. *Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2030*. 2020, Bruselas.

CONGRESO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE (CONAMA). *Soluciones basadas en la naturaleza Grupo de trabajo GT-10*. Fundación Conama. 2018, 83 págs.

COOPER, G. y TRÉMOLET, S., (2019). *Investing in Nature: Private Finance for Nature-Based Resilience*. The Nature Conservancy and Environmental Finance, London.

DĄBROWSKI, Z.T., SEREDYŃSKA, U., (2007). “Characterisation of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch acari: Tetranychidae) response to aqueous extracts from selected plant species” en *J. Plant Protect. Res.* 2, págs. 113-124.

DAVIDSON, N. C., (2014). “How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area”, en *Marine and Freshwater Research*, vol. 65, núm. 10, págs. 934-941. Recuperado de: [CSIRO PUBLISHING | Marine and Freshwater Research](https://www.csiro.au/publishing/mfr) (último acceso el 04 de Septiembre de 2023).

DEMETER, 2002. *Demonstration of Earth observation Technologies in Routine irrigation advisory services*. V Framework Programme, European Commission.

DEPARTAMENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO DE SUDÁFRICA (DWA). *River Eco-status Monitoring Programme*. Sitio web del DWA: www.dwa.gov.za/IWQS/rhp/default.aspx (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

DÍAZ, S., DEMISSEW, S., CARABIAS, J., JOLY, C., LONSDALE, M., ASH, N., et al., 2015. “The IPBES conceptual framework - connecting nature and people”, en *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 14, págs. 1-16. Recuperado de: [The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people — University of East Anglia \(uea.ac.uk\)](http://The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people — University of East Anglia (uea.ac.uk)) (último acceso el 08 de Septiembre de 2023).

DICKENS, C. W. S. y GRAHAM, P. M., (2002). “The South African Scoring System (SASS) Version 5: Rapid bioassessment method for rivers”, en *African Journal of Aquatic Science*, vol. 27, núm. 1, págs. 1-10.

DOHERTY, B., ENSOR, J., HERON, T., PRADO, P., (2019). “Food systems resilience: towards an interdisciplinary research agenda”, en *Open. Res.* 1, pág. 4. Recuperado de: Food Systems Resilience: Towards an... | Emerald Open Research (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

DOMÍNGUEZ, E., GIORGI, A., y GÓMEZ, N. (Comps.), (2020). *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: Bases para el análisis de la integridad ecológica*. Editorial Eudeba, 98 páginas.

EGGERMONT, H., BALIAN, E., AZEVEDO, M. N., BEUMER, V., BRODIN, T., CLAUDET, J., FADY, B., GRUBE, M., KEUNE, H., LAMARQUE, P. et al. (2015). “Nature-based solutions: New influence for Environmental Management and Research in Europe”, en *GAIA Ecological Perspectives for Science and Society*, págs. 243-248.

ELECTRONIC MUNICIPAL MARKET ACCESS (EMMA), *Improvement and Refunding Water Revenue Bonds*. Central Arkansas Water, Arkansas Capital, Series 2020C (Green Bonds).

ENVIRONMENTAL AND ENERGY STUDY INSTITUTE. *Fact Sheet - Nature as Resilient Infrastructure - An Overview of Nature-Based Solutions*. Recuperado en: Fact Sheet | Nature as Resilient Infrastructure – An Overview of Nature-Based Solutions | White Papers | EESI (último acceso el 12 de Julio de 2023).

ESPÓSITO, G., (2002). *Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en cultivo de maíz*. Tesis para optar al grado de Magíster en Producción Agropecuaria, Mención Producción Vegetal. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto.

EVERARD, M., (2015). “Community-based groundwater and ecosystem restoration in semi-arid north Rajasthan: Socio-economic progress and lessons for groundwater-dependent areas”, en *Ecosystem Services*, vol. 16, págs. 125-135.

FIGUEROA, F., PEDREROS, P., BRAVO, G., BARRA, R., URRUTIA, R., (2021), *Uso de especies invasoras de agua dulce: una potencial estrategia de economía circular*. Universidad de Concepción, abril 2021, 32 págs.

FRIEDRICH, T., KASSAM, A. H. AND SHAXSON, F. (2008), *Agriculture for Developing Countries. Case Study Conservation Agriculture*. Proyecto de la Unidad de evaluación de las opciones científicas y tecnológicas (STOA) Project. Karlsruhe, Alemania, Grupo europeo de evaluación tecnológica. Recuperado de: [Rathenau normal \(kit.edu\)](http://Rathenau.normal.kit.edu) (último acceso el 08 de septiembre de 2023).

GARCÍA, M., MONTANO, B., MELGAREJO, J., (2022), “La viabilidad del autoconsumo energético por medio de placas solares en los servicios de agua en España”, en *Revista Técnica Energía*, nº 19, Issue I, págs. 132-139.

GARTNER, T., MULLIGAN, J., SCHMIDT, R. y GUNN, J. (EDS.), 2013. *Natural Infrastructure: Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States*. World Resources Institute (WRI), Washington DC, 140 págs. Recuperado de: www.wri.org/sites/default/files/wri13_report_4c_naturalinfrastructure_v2.pdf (último acceso el 4 de septiembre de 2023).

GLOBAL IMPACT INVESTING NETWORK, GIIN. 2018. *A Resource for Structuring Blended Finance Vehicles*, octubre 2018.

GONG, X., (2012). “Remediation of weathered petroleum oil-contaminated soil using a combination of biostimulation and modified fenton oxidation”, en *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 70, págs. 89-95.

GRAHAM, P. M., DICKENS, C. W. S y TAYLOR, R. J., (2004). “MiniSASS, a novel technique for community participation in river health monitoring and management”, en *African Journal of Aquatic Sciences*, vol. 29, núm. 1, págs. 25-35.

GRIMM, N.B., FAETH, S.H., GOLUBIEWSKI, N.E., REDMAN, C.L., WU, J., BAI, X., BRIGGS, J.M., 2008. “Global change and the ecology of cities”, en *Science* 84, 319, págs.756-760. Recuperado de: Global Change and the Ecology of Cities | Science (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

HAASE, D., SCHWARZ, N., STROHBACH, M., & WOLFF, M. (2017). “Citizen Science and the role of naturalness in fostering place attachment in urban rivers capes”, en *Sustainability Science*, 12(6), págs. 887-898.

HAHN, C., PRASUHN, V., STAMM, C. y SCHULIN, R. (2012). “Phosphorus losses in runoff from manured grassland of different soil P status at two rainfall intensities”, en *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 153, págs. 65-74. Recuperado de:

[Phosphorus losses in runoff from manured grassland of different soil P status at two rainfall intensities - ScienceDirect](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

HALLIDAY, S. J., SKEFINGTON, R. A., WADE, A. J., BOWES, M. J., READ, D. S., JARVIE, H. P. AND LOEWENTHAL, M., (2016). “Riparian shading controls instream spring phytoplankton and benthic algal growth”, en *Environmental Science: Processes & Impacts*, vol. 18, págs. 677-689. Recuperado de: [Riparian shading controls instream spring phytoplankton and benthic algal growth - Environmental Science: Processes & Impacts \(RSC Publishing\)](#) (último acceso el 04 de Septiembre de 2023).

HASSANSHAHIAN, M.; AHMADINEJAD, M.; TEBYANIAN, H.; KARIMINIK, A., (2013), “Isolation and characterization of alkane degrading bacteria from petroleum reservoir waste water in Iran (Kerman and Tehran provenances)”, en *Mar. Pollut. Bull.* 73(1), págs. 300-305. Recuperado de: [Isolation and characterization of alkane degrading bacteria from petroleum reservoir waste water in Iran \(Kerman and Tehran provenances\) - ScienceDirect](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

HILDEBRANDT, A. y ELTAHIR, E. A., (2006). “Forest on the edge: Seasonal cloud forest in Oman creates its own ecological niche”, en *Geophysical Research Letters*, vol. 33, núm. 11. Recuperado de: [Forest on the edge: Seasonal cloud forest in Oman creates its own ecological niche - Hildebrandt - 2006 - Geophysical Research Letters - Wiley Online Library](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

HLPE (High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition Committee on World Food Security). 2015. *El agua para la seguridad alimentaria mundial: Informe del Grupo de expertos de alto nivel sobre seguridad alimentaria y nutrición*. Grupo de expertos de alto nivel sobre seguridad alimentaria y alimentación del Comité sobre Seguridad Alimentaria Mundial. Roma, HLPE.

HOFF, H., (2011). *Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, pág. 52. Recuperado de: [Understanding the Nexus | Policy Commons](#) (último acceso el 24 de Julio de 2023).

HUNTINGTON, T. G., (2006). “Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis”, en *Journal of Hydrology*, vol. 319, núm. 1-4, págs. 83-95. Recuperado de: [Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis - ScienceDirect](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

JONES, S., SOMPER, C., (2014). “The role of green infrastructure in climate change adaptation in London”, en *The Geographical Journal*, 180, págs. 191-196. Recuperado de: [The role of green infrastructure in climate change adaptation in London | Semantic Scholar](#) (último acceso el 23 de agosto de 2023).

JOSLIN, A.J. y JEPSON, W.E., (2018). “Territory and Authority of Water Fund Payments for Ecosystem Services in Ecuador’s Andes”, en *Geoforum* 91 (May), págs.

10-20. Recuperado de: [Territory and authority of water fund payments for ecosystem services in Ecuador's Andes - ScienceDirect](#) (último acceso el 30 de agosto de 2023).

JUSTE RUÍZ, J, y CASTILLO DAUDÍ, M., (2005). *La protección del medio ambiente en el ámbito internacional y en la Unión Europea*, Tirant Lo Blanch, Valencia, 180 págs.

KABISCH, N., RAYMOND, C. M., FRANTZESKAKI, N., BERRY, P., BREIL, M., NITA, M. R., GENELETTI, D., y CALFAPIETRA, C., (2017). “A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas”, en *Environmental Science & Policy*, 77, págs. 15-24. Recuperado de: [A framework for assessing and imp... preview & related info | Mendeley](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

KASSAM, A., STOOP, W. y UPHOF, N., (2011). “Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity”, en *Paddy and Water Environment*, vol. 9, núm. 1, págs. 163-180.

KEYS, P. W., WANG-ERLANDSSON, L. y GORDON, L. J., (2016), “Revealing invisible water: Moisture recycling as an ecosystem service”, en *PLoS ONE*, vol. 11, núm. 3. Recuperado de: [Revealing Invisible Water: Moisture Recycling as an Ecosystem Service | PLOS ONE](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

KRAUZE, K., WAGNER, I., (2019). “From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions - contextualizing nature-based solutions for sustainable city”, en *Sci. Total. Environ.* 655, págs. 697-706. Recuperado de: [From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions — Contextualizing nature-based solutions for sustainable city - ScienceDirect](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

LASAGE, R., AERTS, J., MUTISO, G.-C. M. y DE VRIES, A., (2008). “Potential for community based adaptation to droughts: Sand dams in Kitui, Kenya”, en *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 33, núm. 1-2, págs. 67-73. Recuperado de: [Potential for community based adaptation to droughts: Sand dams in Kitui, Kenya - ScienceDirect](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

LE ROUX, X., EGGERMONT, H., LANGE, H. & BIODIVERSA PARTNERS, (2016). *The BiodivERsA strategic research and innovation agenda 2017-2020. Biodiversity: a natural heritage to conserve, and a fundamental asset for ecosystem services and Nature-based Solutions tackling pressing societal challenges*, BiodivERsA, 86 págs. Recuperado de: <https://www.biodiversa.org/990/download> (último acceso el 11 de julio de 2023).

LÓPEZ FUSTER P., MONTORO RODRÍGUEZ A., (2005). “Los regadíos en España. El ahorro de agua, recurso del futuro”, en *Agua y Agronomía*. Ed. Santaolalla Mañas et al. Mundiprensa, Cap. 15, págs. 583-602.

LOVEJOY, T., M.-J. LABELLE, E. SANDERSON, J. STEPHENSON, M. ALBANI, F. HAWKINS, y J. ADAMS, (2020). *Financing Nature: Closing the Global Biodiversity*

Financing Gap, Paulson Institute, the Nature Conservancy and Cornell Atkinson Center for Sustainability, 262 págs. Recuperado de: [FINANCING-NATURE Full-Report Final-with-endorsements_101420.pdf \(paulsoninstitute.org\)](https://paulsoninstitute.org/financing-nature-full-report-final-with-endorsements-101420.pdf) (último acceso el 14 de septiembre de 2023).

MADEIRA, L. y GARTNER, T., (2018). “Forest Resilience Bond Sparks Innovative Collaborations between Water Utilities and WideRanging Stakeholders”, en *Journal American Water Works Association* 110, núm. 6, junio, págs. 42-49.

MALTBY, E., (1991). “Wetland management goals: Wise use and conservation”, en *Journal of Landscape and Urban Planning*, vol. 20, núm. 1-3, págs. 9-18. Recuperado de: [Wetland management goals: wise use and conservation - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016743449100009I) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

MARSTERS, L., MORALES, G, OZMENT, S., SILVA, M., WATSON, G., NETTO, M., y FRISARI, G.L., (2021). *Nature-Based Solutions in Latin America and the Caribbean: Financing Mechanisms for Regional Replication*, Inter-American Development Bank and World Resources Institute. Washington, DC, 56 páginas.

MARTÍNEZ GUTIÉRREZ, R., (2017). “Relaciones interadministrativas por medios electrónicos. Interoperabilidad”, en GAMERO CASADO, E. (dir.). *Tratado de Procedimiento Administrativo Común y Régimen Jurídico Básico del Sector Público*, Tirant lo Blanch, Valencia, tomo II, págs. 2891-2932.

MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M.I., MOLINA GIMÉNEZ, A, (2023). *La Economía Circular y el sector del agua en España. Análisis jurídico-económico*. Escritos del Agua 1. Tirant Lo Blanch. Valencia, 140 págs.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, MITERD. 2020. *Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España*, 172 págs.

MOLINA GIMÉNEZ, A., (2016). “La protección jurídica de las aguas subterráneas ante pesticidas y nitratos”, en *IAgua*. Consultado en: [La protección jurídica de las aguas subterráneas ante pesticidas y nitratos | iAgua](https://www.iaagua.es/la-proteccion-juridica-de-las-aguas-subterraneeas-ante-pesticidas-y-nitratos) (último acceso: 25 de agosto de 2023).

MONGE, C., VERÓN, J.J., (2019). *La iniciativa social de mediación en los conflictos del agua en Aragón*. Pressas de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 144 págs.

MORRIS, J.T., (2007). “Ecological Engineering in intertidial saltmarshes”, en *Hydrobiologia* 577, págs. 161-168.

MUJERIEGO, R., GARCÍA, J., HERNÁNDEZ MARINÉ, M., (1998). “Tratamiento de aguas residuales urbanas mediante lagunas de alta carga: evaluación experimental”, en *Ingeniería del Agua*, junio 1998. Recuperado: [Tratamiento de aguas residuales urbanas mediante lagunas de alta carga: evaluación experimental | Ingeniería del Agua \(upv.es\)](https://www.upv.es/ingenieria-del-agua/tratamiento-de-aguas-residuales-urbanas-mediante-lagunas-de-alta-carga-evaluacion-experimental) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

MULDER, G., (2018). *Green Bonds and Integrated Landscape Management*, IUCN National Committee of the Netherlands, Amsterdam, 2018-062.

NACIONES UNIDAS, ONU-Agua. 2010. *Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water*. Policy Brief, 18 págs. Recuperado de: [unw_ccpol_web.pdf \(unwater.org\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

NÁJERA, S., RICO-AZAGRA, J., ELVIRA, C., GIL-MARTÍNEZ, M., (2018). *Tratamiento biológico de aguas residuales: nuevas estrategias de control*, Actas de las XXXIX Jornadas de Automática, Badajoz, 5-7 de Septiembre de 2018.

NESSHÖVER, C., ASSMUTH, T., IRVINE, K. N., RUSCH, G. M., WAYLEN, K. A., DELBAERE, B., HAASE, D., JONES-WALTERS, L., KEUNE, H., KOVACS, E., KRAUZE, K., KÜLVIK, M., REY, F., VAN DIJK, J., VISTAD, O. I., WILKINSON, M. E., WITTMER, H., & WOOD, C. M., (2017). “The science, policy, and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective”, en *Science of The Total Environment*, 579, págs. 1215-1227. Recuperado de: Consultado en: <https://emma.msrb.org/IssueView/Details/P2404087> (último acceso el 23 de agosto de 2023).

NESSHÖVER, C., PRIP, C., WITTMER, H., (2015). “Biodiversity governance: a global perspective from the Convention on Biological Diversity”, en GASPARTOS, A., WILLIS, K.J. (Eds.), *Biodiversity in the Green Economy*. Routledge, London, págs. 289-308.

NEWMAN, J. R., DUENAS-LOPEZ, M., ACREMAN, M. C., PALMER-FELGATE, E. J., VERHOEVEN, J. T. A., SCHOLZ, M. y MALTBY, E., (2015), *Do On-Farm Natural, Restored, Managed and Constructed Wetlands Mitigate Agricultural Pollution in Great Britain and Ireland?: A Systematic Review*, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), afiliado al Centre for Ecology and Hydrology, London.

OME BARRERA, O., ZAFRA MEJÍA, C., (2018). “Factores clave en procesos de biorremediación para la depuración de aguas residuales. Una revisión”, en *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, 21(2), págs. 573-585, Julio-Diciembre 2018. Recuperado de: [Factores clave en procesos de biorremediación para la depuración de aguas residuales. Una revisión | Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica \(udca.edu.co\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2011a. *El estado de los recursos mundiales de tierra y agua para la agricultura y la alimentación: manejar los sistemas en riesgo*, Londres. Recuperado de: www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf

- 2011b. *Producir más con menos: guía para los responsables políticos sobre la intensificación sostenible de la producción de los pequeños agricultores*. Roma. www.fao.org/docrep/014/i2215e/i2215e.pdf.

- 2014a. Construir una visión común para una alimentación y una agricultura sostenibles: Principios y enfoques, Roma. Recuperado de: www.fao.org/3/a-i3940e.pdf
- 2014b. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Emisiones por usos y absorciones por pozos. División de estadística de la FAO. Documento de trabajo serie ESS/14-02, Roma. www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf.
- 2014c. Agroforestry: Reconciling Production with Protection of the Environment. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3710e.pdf>
- 2016. Gestión de cuencas hidrográficas: una guía para la gestión integrada de los recursos hídricos.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN/GRUPO TÉCNICO INTERGUBERNAMENTAL DE SUELOS (FAO/GTIS), 2015. *Status of the World's Soil Resources (SWSR)* - Informe principal. Roma, FAO. www.fao.org/3/a-i5199e.pdf

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO, OCDE (2015), Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE. Adoptados por el Comité de Políticas de Desarrollo Regional de la OCDE el 11 de mayo de 2015. Paris

PARISH, F., SIRIN, A., CHARMAN, D., JOOSTEN, H., MINAYEVA, T., SILVIUS, M. AND STRINGER, L. (eds.), (2008). *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*. Global Environment Centre/Wetlands International. Petaling Jaya, Malaysia/Wageningen, the Netherlands, págs. 60-98.

PARTENARIADO PNUMA-DHI/UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA/THE NATURE CONSERVANCY, PNUMA-DHI/IUCN/TNC. 2014. *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Management Approaches for Water- Related Infrastructure Projects*. PNUMA, 75 págs.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, PNUMA/CBD. 2000. *Enfoque ecosistémico. Decisiones adoptadas por la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica en su Quinta Reunión*, Nairobi, 15-26 de mayo de 2000, págs. 103-109.

- 2011. *Informe Global sobre la Economía Verde*. Ginebra, Suiza.

QUAMMEN, D. (1996). *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*, Scribner, Nueva York, 704 páginas.

RAYMOND, C.M., BERRY, P., BREIL, M., NITA, M.R., KABISCH, N., DE BEL, M., ENZI, V., FRANTZESKAKI, N., GENELETTI, D., CARDINALETTI, M., LOVINGER, L., BASNOU, C., MONTEIRO, A., ROBRECHT, H., SGRIGNA, G., MUNARI, L. AND CALFAPIETRA, C., (2017). *An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects*. Report prepared

by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom, 10 páginas. Recuperado de: [A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas — University of Helsinki](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

REID A.J., CARLSON A.K., CREED I.F., ELIASON E.J., GELL P.A., JOHNSON P.T.J., KIDD, K., MACCORMACK, T.J., D OLDEN, J., ORMEROD, S., SMOL, J.P., TAYLOR, W., TOCKNER, K., VERMAIRE, J., DUDGEON, D., COOKE, S., (2019), “Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity”, en *Biological Reviews*, 94, págs. 849-873. Recuperado de: [Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity - PubMed \(nih.gov\)](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

REVILLA, P., ALVAREZ-IGLESIAS, L., PEDROL, N., et al. (2018), “Mejora del maíz frente al cambio climático: fuentes de tolerancia a la sequía”, en *Vaca Pinta*, nº 2, 03-2018, págs. 110-112. Recuperado de: [\(PDF\) Mejora del maíz frente al cambio climático: fuentes de tolerancia a la sequía \(researchgate.net\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

REY MELLADO, R. (2022). *Las soluciones basadas en la naturaleza como instrumentos de intervención en las ciudades ante los retos del cambio climático*. Tesis doctoral. Universidad CEU San Pablo. Escuela internacional de Doctorado. Madrid, 2022, 418 páginas. Recuperada de: [CEU Repositorio Institucional: Las soluciones basadas en la naturaleza como instrumentos de intervención en las ciudades ante los retos del cambio climático.](#) (último acceso el 14 de septiembre de 2023).

RIBAS PALOM, H., SAURÍ PUJOL, D., (2022). “Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategias en la gestión del riesgo de inundación”, en *Cuadernos de Geografía 108-109*, València, págs. 819-832. Recuperado de: [Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategias en la gestión del riesgo de inundación | Ribas Palom | Cuadernos de Geografía de la Universitat de València \(uv.es\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

ROSA MORENO, J., (2010). “Uso sostenible del patrimonio natural y de la biodiversidad”, en *Noticias de la Unión Europea*, núm. 307.

ROST, S., GERTEN, D., HOF, H., LUCHT, W., FALKENMARK, M. y ROCKSTRÖM, J., (2009). “Global potential to increase crop production through water management in rainfed agriculture”, en *Environmental Research Letters*, vol. 4, núm. 4.

RUÍZ DE APODACA ESPINOSA, A.M., (2022). “Economía circular y regulación de los lodos de EDAR”. En MELGAREJO MORENO, J., LÓPEZ ORTIZ, M^a I., FERNÁNDEZ ARACIL, P. *Agua, energía y medio ambiente*, Alacant, Universitat d’Alacant, págs. 691-714.

SILVA, M., WATSON, G, AMIN, A.L., WATKINS, G., RYCERZ, A, y FIRTH, J., (2020). *Increasing Infrastructure Resilience with Nature-Based Solutions (NbS)*, Inter-American Development Bank, 51 páginas. Recuperado de: [Increasing infrastructure resilience with nature-based solutions \(NbS\) | PreventionWeb](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

SINGH, H., (2006). *Mycoremediation: Fungal Bioremediation*, Wiley Interscience, Noviembre 2006, 624 páginas.

SINGH, R., (2016). *Water Security and Climate Change: Challenges and Opportunities in Asia*, Discurso inaugural en el Instituto Asiático de Tecnología, Bangkok, 29 de noviembre - 1 de diciembre de 2016.

SKOV, H., (2015). “UN Convention on Wetlands (RAMSAR): Implications for Human Health”, en ELIAS, S.A., (Ed.), *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Amsterdam, Elsevier, págs. 496-503. Recuperado de: [\(PDF\) UN Convention on Wetlands \(RAMSAR\): Implications for Human Health \(researchgate.net\)](#) (último acceso el 14 de Septiembre de 2023).

SMITH, M., CROSS, K., PADEN, M. Y LAVAN, P. (2020). *Acuíferos: Gestión sostenible de las aguas subterráneas*. San Jose, Costa Rica: UICN ORMACC.

STAGNARI, F., RAMAZZOTTI, S. AND PISANTE, M. (2009). “Conservation Agriculture: A different approach for crop production through sustainable soil and water management: A review”, en Lichtfouse, E. (ed.), *Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants*, vol. 1. Dordrecht, Países Bajos, Springer, págs. 55-83. Recuperado de: [\(PDF\) Conservation Agriculture: A Different Approach for Crop Production Through Sustainable Soil and Water Management: A Review \(researchgate.net\)](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

STROSSER, P., DELACÁMARA, G., HANUS, A., WILLIAMS, H., JARITT, N., (2015). *Una guía para apoyar la elección, el diseño y la implementación de las medidas naturales de retención de agua en Europa. Recoger los múltiples beneficios de las soluciones basadas en la naturaleza*. Versión final de abril 2015. Recuperada de: [NWRM Guide](#) (último acceso el 23 de agosto de 2023).

STUDER, I. (2020). *Impact Investment for Biodiversity Conservation: Cases from Latin America and the Caribbean*, Inter-American Development Bank, Washington, DC, Enero 2021, 78 páginas. Recuperado de: [Inversión de impacto para la conservación de la biodiversidad: Casos de América Latina y el Caribe | Publications \(iadb.org\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

WITTMER, H., BERGHÖFER, A., SUKHDEV, P., (2010). Economía de los ecosistemas y de la biodiversidad (TEBB), porque no podemos arriesgarnos a considerar la naturaleza como algo garantizado, PNUMA.

THE NATURE CONSERVANCY, TNC. 2015. *Upper Tana-Nairobi Water Fund Business Case*. Version 2, The Nature Conservancy: Nairobi, Kenya, 36 págs. Recuperado de: [Nairobi-Water-Fund-Business-Case FINAL.pdf \(fondosdeagua.org\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

TURNER, R., DAILY, G., (2008). “The ecosystem services framework and natural capital conservation”, en *Environmental and Resource Economics* 39, págs. 25-35. Recuperado de: [The Ecosystem Services Framework and Natural Capital Conservation | SpringerLink](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

UN ENVIRONMENT PROGRAMME/WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, UNEP-WCMC. 2016. *The State of Biodiversity in Latin America and the Caribbean: A Mid-term Review of Progress towards the Aichi Biodiversity Targets*, Cambridge, UK: UNEP-WCMC, 140 págs. <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/outlook-grulac-en.pdf>

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, IUCN. 2012. *Programa de la UICN 2013-2016*. Adoptado por el Congreso Mundial de la Naturaleza de la UICN, septiembre de 2012, 35 págs. Recuperado de: [WCC-5th-003-Es.pdf \(iucn.org\)](#) (último acceso el 13 de julio de 2023).

- 2020a. *Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, el diseño y la extensión de SbN*. Primera edición. Gland, Suiza: UICN, 30 páginas. Recuperado en: [2020-020-Es.pdf \(iucn.org\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).
- 2020b. *Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of Nature-based Solutions*, primera edición, Gland, Switzerland: IUCN, 70 páginas. Recuperado en: [Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza: primera edición | IUCN Library System](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

UPHOF, N. (2008), “The system of rice intensification (SRI) as a system of agricultural innovation”, en *Journal Tanah dan Lingkungan*, vol. 10, núm. 1, págs. 27-40.

VALENCIA MARTÍN, G., (2010). “La responsabilidad medioambiental”, en *Revista General de Derecho Administrativo*, núm. 25.

VAN ALPHEN, S. (2020). “Room for the River: Innovation, or Tradition? The Case of the Noordwaard”, en HEIN CAROLA (Ed.), *Adaptive Strategies for Water Heritage: Past, Present and Future*, 308-23. Cham, Switzerland: Springer International. Recuperado de: [Adaptive Strategies for Water Heritage: Past, Present and Future | SpringerLink](#) (último acceso el 29 de agosto de 2023).

VAN DER ENT, R. J., SAVENIJE, H. H. G., SCHAEFLI, B. y STEELE-DUNNE, S. C. (2010). "Origin and fate of atmospheric moisture over continents", en *Water Resources Research*, vol. 49, núm. 9.

VIGNOLA, R., LOCATELLI, B., MARTINEZ, C., IMBACH, P., (2009). "Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists?", en *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* 14, págs. 691-696.

VYMAZAL, J., (2014). "Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review", en *Ecological Engineering*, vol. 73, págs. 724-751. Recuperado de: [Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review - ScienceDirect](#) (último acceso el 05 de Septiembre de 2023).

WANG, M, GAO, L., DONG, S., SUN, Y., SHEN, Q., y GUO, S. (2017). "Role of Silicon on Plant-Pathogen Interactions", en *Front Plant. Science*, vol. 8, artículo 701. Recuperado de: [Frontiers | Role of Silicon on Plant-Pathogen Interactions \(frontiersin.org\)](#) (último acceso el 11 de septiembre de 2023).

WATKINS, G., SILVA, M., RYCERZ, A., DAWKINS, K., FIRTH, J., KAPOV, V., CANEVARI, L, DICKSON, B., AMAL LEE, A. (2019). *Nature-Based Solutions: Scaling Private Sector Uptake for Climate Resilient Infrastructure in Latin America and the Caribbean*, Inter-American Development Bank, Climate Division, Discussion Paper IDP-DP-00724., 16 págs. Recuperado de: [Nature-based Solutions: Scaling Private Sector Uptake for Climate Resilient Infrastructure in Latin America and the Caribbean | Publications \(iadb.org\)](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

WAYLEN, K., HASTINGS, E., BANKS, E., HOLSTEAD, K., IRVINE, R., BLACKSTOCK, K., (2014). "The need to disentangle key concepts from ecosystem-approach jargon", en *Conserv. Biol.* 28 (5), págs. 1215-1224. [The Need to Disentangle Key Concepts from Ecosystem-Approach Jargon - University of St Andrews \(st-andrews.ac.uk\)](#)

WILKINSON, M., QUINN, P., BARBER, N., JONCZYK, J., (2014). "A framework for managing runoff and pollution in the rural landscape using a catchment systems engineering approach", en *Sci. Total Environ*, 468, págs. 1245-1254. Recuperado de: [A framework for managing runoff and pollution in the rural landscape using a Catchment Systems Engineering approach - PubMed \(nih.gov\)](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

WORLD OVERVIEW OF CONSERVATION APPROACH AND TECHNOLOGIES, WOCAT. 2007. *Where the Land is Greener: Case Studies and Analysis of Soil and Water Conservation Initiatives Worldwide*, copublicado por CTA/FAO/PNUMA/CDE, 380 págs. Recuperado de: [WOCAT](#) (último acceso el 11 de Septiembre de 2023).

WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el*

Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París, UNESCO.