

Forests for Water: A Step-by-Step Guide for Payment Schemes

GUIA/ MANUAL DE USUARIO

Bosques para el Agua: guía paso a
paso para desarrollar esquemas de pago



Manual 2021

Autor principa
Nisbet, T.R.

Autores contribuyentes
Andreucci, M.-B., De Vreese, R., Hiigbom, L., Kay, S.,
Kelly-Quinn, M., Leonardi, A., Lyubanova M.I.,
Ovando Pol, P., Quinteiro, P., Pérez Silos, I., Valatin, G.

Autor principal

Thomas, R. Nisbet – Forest Research, Alice Holt Lodge, Wrecclesham, Farnham GU10 4LH, United Kingdom.

Autores Contribuyentes

Maria-Beatrice Andreucci – Department of Planning, Design, Technology of Architecture, Faculty of Architecture, Sapienza University of Rome, Italy.

Rik De Vreese – Independent researcher and consultant in Urban Forestry and Ecosystem Services, Ghent, Belgium.

Lars Högbom – the Forestry Research Institute of Sweden (Skogforsk), Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala. Sweden.

Sonja Kay – Agroscope, Research Division Agroecology and Environment, Research group Agricultural Landscapes and Biodiversity, 8046 Zurich, Switzerland

Mary Kelly-Quinn – School of Biology and Environmental Science, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.

Alessandro Leonardi – ETIFOR | Valuing Nature, Padova University Spin-off, Piazza A. De Gasperi 41 - 35131 Padova (PD), Italy

Mariyana I. Lyubenova – University of Sofia “St. Kliment Ohridski”, Department of Ecology and Environmental Protection, 8 D. Tzancov blvd., 1164 Sofia, Bulgaria.

Paola Ovando Pol – The James Hutton Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH, United Kingdom.

Paula Quinteiro – Centre for Environmental and Marine Studies (CESAM), Department of Environment and Planning, University of Aveiro, Portugal.

Ignacio Pérez Silos – Environmental Hydraulics Institute, Universidad de Cantabria, C/ Isabel Torres nº15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, Spain.

Gregory Valatin – Forest Research, Alice Holt Lodge, Wrecclesham, Farnham GU10 4LH, United Kingdom.



Esta publicación se basa en el trabajo de
COST Action CA15206, con el apoyo de COST (European Cooperation in Science and Technology)

1. Introducción

El principal objetivo de la política de la Unión Europea (UE) para el agua es el de garantizar que tanto las personas como el medio natural dispongan de agua de buena calidad en una cantidad suficiente. A pesar de los esfuerzos de los Estados miembros para mejorar el estado del agua, únicamente el 40% de las aguas superficiales (ríos y lagos) se encuentran en un buen estado o potencial ecológico (EEA, 2018). La contaminación difusa con origen mayoritariamente agrícola, por la excesiva emisión de nutrientes (nitratos y fosfatos), pesticidas, sedimentos y organismos indicadores de contaminación fecal (FIO) supone una importante presión sobre la calidad del agua (Figura 1). Se cree que la agricultura es la responsable de que el 25% de las masas de agua superficial no tengan un buen estado ecológico, y es la principal causa de que las masas de agua subterránea no logren un buen estado químico (EEA, 2018).

Servicios hidrológicos forestales



NUTRIENTES

Lavado e infiltración de nitratos y fosfatos por la aplicación de fertilizantes y estiércol



SEDIMENTOS

Degradación del suelo y escorrentía de sedimentos por cambios en las prácticas de gestión del suelo y las cargas ganaderas



PESTICIDAS

Deriva aérea, lavado o infiltración de pesticidas posteriores a su aplicación



ORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

Contaminación de la escorrentía superficial por bacterias fecales debidas a la aplicación de estiércol y excretas animales

Figura 1: Fuentes de captación de agua y vías de contaminación agrícola difusa que afectan al medio ambiente y los usuarios del agua



Los Estados miembros continúan desarrollando e invirtiendo en mejores prácticas agrícolas para reducir la contaminación difusa, tales como la planificación del uso de nutrientes a escala de explotación agraria, la reducción de la labranza y el uso de cultivos de captura (*catch crops*). Estas medidas han mejorado la calidad del agua, pero en la mayoría de los casos por un margen insuficiente para cumplir con los estándares de calidad ambiental requeridos. En particular, ha habido una mejora, aunque limitada, en la proporción de masas de agua que han logrado un buen estado ecológico desde que se publicaron los primeros Planes Hidrológicos de Cuenca en 2009 (EEA, 2018). Si bien hay margen para seguir mejorando la eficacia y la adopción de las medidas agrícolas, se reconoce cada vez que la mejora de la calidad del agua en la UE solo se logrará mediante un grado significativo de cambio de uso del suelo (Stutter et al., 2012). Esta guía se centra en los beneficios hidrológicos de la plantación de árboles y gestión del arbolado, aunque se reconoce que el uso de este tipo de medidas “forestales” debería ser parte de un marco más amplio de gestión integrada de cuencas hidrográficas (por ejemplo, incluyendo oportunidades para restauración de turberas y humedales) y estrategias y planes asociados.

Los beneficios ambientales provistos por los árboles, las zonas arboladas y los bosques –el término bosque que se utiliza a lo largo de este documento describe tierras cubiertas predominantemente por árboles; comprendiendo áreas arboladas relativamente pequeñas (bosquetes) hasta grandes extensiones de árboles– son cada vez más reconocidos y valorados por la sociedad. Los beneficios para el medio acuático incluyen su capacidad para proteger los hábitats y las especies acuáticas, preservar la calidad del agua potable, mitigar las inundaciones y proteger contra la erosión, los deslizamientos de tierra y la pérdida de suelo (Nisbet et al., 2011). Plantar árboles es una medida muy eficaz y relativamente segura para hacer frente a la contaminación difusa agrícola, además de fijar carbono y ofrecer otros beneficios ambientales. La plantación selectiva a pequeña escala de árboles en forma de áreas de amortiguamiento (*buffer*) dentro o alrededor de fuentes contaminantes o a lo largo de vías contaminantes representa una forma inteligente de atenuar o eliminar transferencias de contaminantes a las aguas superficiales y subterráneas, al tiempo que minimiza la demanda de tierra y sus impactos en la seguridad alimentaria.

Aunque los beneficios de plantar árboles para la mejorar de la provisión de agua son bien conocidos (Creed and Noordwijk, 2018), la expansión de esta práctica se ve muy limitada por el alto coste que tiene para los propietarios y gestores de la tierra, tanto en términos de la reducción de su valor y de los ingresos agrícolas resultantes de un cambio de uso del suelo. Este es el caso de la plantación de árboles en las tierras agrícolas más productivas y de gestión intensiva, que a su vez representan la mayor fuente de contaminación difusa. Llevar a cabo una plantación suficiente de árboles para lograr una diferencia en el estado de las masas de agua requerirá mejores incentivos en forma de pagos por el agua y otros servicios ambientales.

Hay diferentes tipos de esquemas de Pago por Servicios Ambientales (o ecosistémicos) (PSA) y su enfoques y definiciones continúan evolucionando (Forest Europe, 2019). Los objetivos primordiales de los PSA son la protección y mejora en el suministro de servicios ambientales, y a través de estos incentivos, lograr mejoras ambientales y en la gestión de los recursos naturales (Gatto et al., 2009). Idealmente, son cinco las condiciones que se deben cumplir para lograr estos los objetivos anteriores: (1) contar con un servicio ambiental bien definido a intercambiar, en este caso la plantación de árboles y el manejo apropiado de la masa arbolada nueva o existentes (en adelante, simplemente referida como bosque) orientados a la mejora de la calidad del agua; (2) la presencia de al menos un comprador y (3) de al menos un vendedor; (4) la naturaleza voluntaria de la transacción del servicio ambiental y finalmente; (5) la condicionalidad del pago, que requiere que el vendedor / productor se asegure de que el beneficio esperado se proporcione y mantenga en el tiempo. A menudo, estas condiciones no se cumplen, especialmente la condición 4, cuando por ejemplo los pagos por servicios ambientales se implementan dentro de un marco regulatorio de obligado cumplimiento. Estos casos a menudo denominados esquemas "tipo PSA".

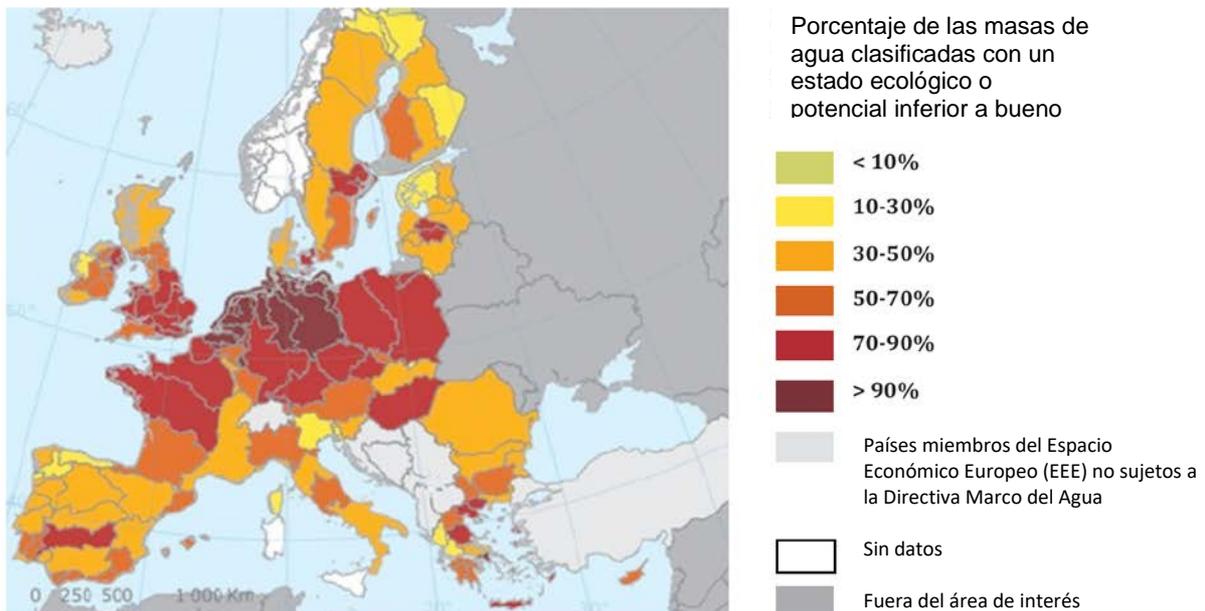
En esta guía adoptamos una definición amplia de esquema de pago a los bosques por agua, basada en tres criterios: 1) Una transferencia de recursos entre al menos dos actores; 2) Una transacción dirigida explícitamente a mejorar los servicios relacionados con el agua; y 3) Un pago por acciones relacionadas con los árboles, ya sea principalmente por servicios hidrológicos o por servicios ambientales conjuntos (incluidos los hidrológicos).

2. Objetivo y alcance

El objetivo principal de este documento es ofrecer una guía para el diseño apropiado y coste efectivo de esquemas de pago que promuevan la plantación de árboles y el manejo del arbolado para proteger y mejorar la calidad del agua. En lo que sigue esta la estructura de esta guía sigue los principales pasos para en el establecimiento de un esquema de pago por servicios hidrológicos. Los pasos iniciales de este proceso incluyen la identificación los problemas que afectan la calidad de aguas, y cómo la plantación de árboles o el manejo del arbolado puede ser de ayuda, la gestión de potenciales desventajas, y examinar los beneficios múltiples, que continúan con el diseño del esquema de pagos, seguimiento y las estrategias de comunicación. Lo anterior es aplicable a todos los actores involucrados en la gestión sostenible del agua, las actividades agrícola y forestal, incluyendo desde responsables políticos, los gestores de cuencas hidrográficas, los gestores de la tierra, inversores, grupos profesionales hasta las comunidades locales. La aplicación de esta guía proporcionará un lenguaje y un marco comunes para apoyar y asegurar el éxito de los esquemas de pago en cuanto a la provisión servicios hidrológicos y otros servicios ambientales, al tiempo que se minimicen los inconvenientes (como la reducción de la disponibilidad de agua debida a la plantación de árboles).

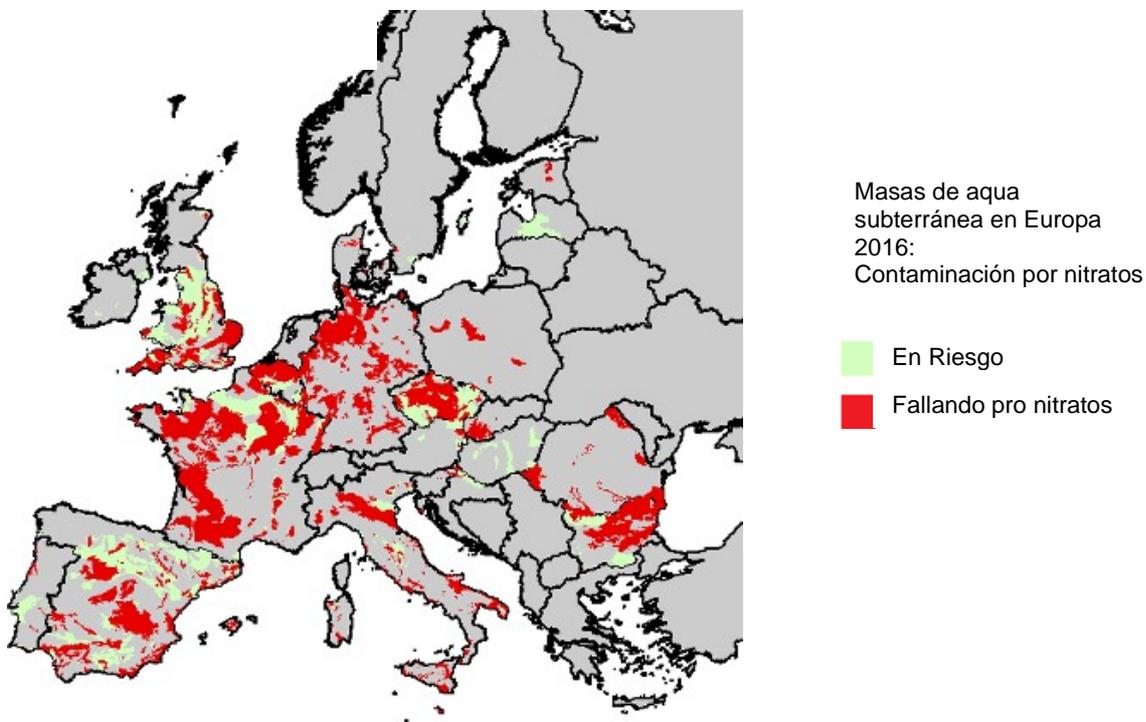
3. Definiendo el problema

A consecuencia de la introducción en 2000 de la Directiva Marco del Agua de la UE (DMA), hoy en día existe un mayor y mejor conocimiento sobre el medio acuático en todos los Estados miembros de la Unión Europea. El seguimiento y la evaluación continua de las aguas superficiales y subterráneas en más de 130.000 emplazamientos han permitido una mejor y detallada comprensión del estado de las masas de agua de Europa, así como de las presiones que impiden que la mayoría de estas masas de agua no haya logrado el buen estado o potencial hídrico esperado (Mapa 1).



Mapa 1: Proporción de masas de agua superficial por Estado miembro en un estado ecológico inferior al bueno. Reproducido desde EEA (2016) © European Environment Agency, 2016

Los organismos nacionales de regulación del agua regularmente compilan y actualizan series de datos y mapas que muestran qué cuerpos de agua están en un estado inferior al bueno, así como, las actividades que lo causan, y medir el progreso desde la introducción de medidas y programas para alcanzar el estado deseado. Esto incluye información sobre qué cuerpos de agua no están en buen estado debido a contaminantes difusos como nutrientes, sedimentos y pesticidas derivados de la agricultura, así como también sobre las aguas afectadas por otras presiones antropogénicas sobre su calidad (Mapa 2). Los organismos reguladores del agua también poseen información sobre la ubicación y el estado de aguas particularmente sensibles, como las áreas protegidas para la provisión de agua potable y las aguas de alto estatus ambiental que sustentan hábitats y especies prioritarios. Estos datos se envían a la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA por sus siglas en inglés) a intervalos regulares para permitir una evaluación del estado y las presiones que actúan sobre las aguas europeas, con la última evaluación publicada en 2018 (EEA, 2018).



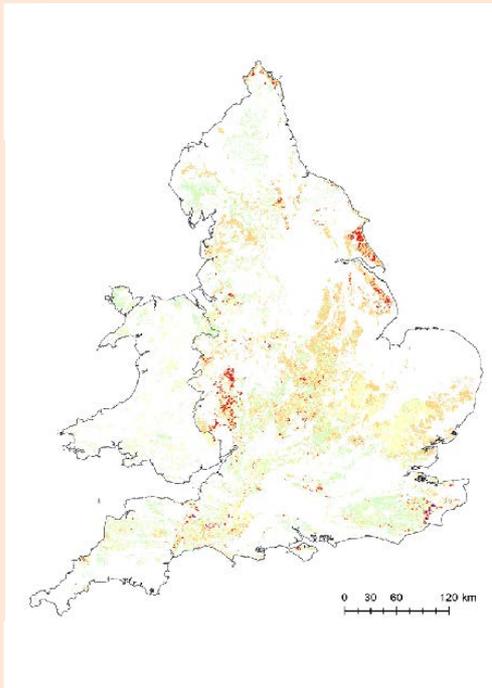
Mapa 2: Distribución de las masas de agua subterránea en los Estados miembros que fallan en cumplimiento de estándares ambientales para la concentración de nitratos

Responder a las presiones sobre los recursos hídricos y alcanzar los objetivos deseados requiere una acción coordinada, y a largo plazo, a escala de la cuenca hidrográfica o áreas de captación de agua. Este es particularmente el caso de la gestión de la contaminación difusa, que a menudo tiene una variedad de puntos de origen, repartidos a través de los espacios naturales y la propiedad de la tierra. En algunas regiones y países, los modelos de difusión de contaminantes han permitido identificar fuentes y vías de contaminación que ayudan a focalizar las medidas (Collins et al., 2018; Mockler and Bruen, 2018). En muchos Estados miembros se han formado asociaciones que adoptan un enfoque integrado a escala de la cuenca hidrográfica para hacer frente a las actividades contaminantes y lograr mejoras. Estas asociaciones suelen estar dirigidas por organismos intermediarios, que están en mejores condiciones para lograr cambios sobre el terreno con la asistencia de licitaciones coordinadas para la financiación de estas acciones.

(<https://ribblelifetogether.org/improve/woodlands/>, <https://wrt.org.uk/project/3rivers-project/>, <https://www.woodlandsofireland.com>, <https://www.etifor.com/en/studies-and-research/>).

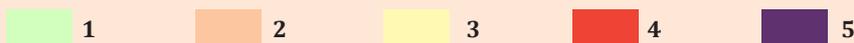
4. La importancia de cartografiar las oportunidades

El mapeo de oportunidades puede ayudar a identificar y priorizar los cuerpos de agua, y los terrenos para la plantación de árboles y la adopción de medidas de manejo forestal dirigidas a reducir la presión sobre los recursos hídricos (Broadmeadow and Nisbet, 2012). El mapeo de oportunidades, basado en la evidencia, apoya la gestión integrada de cuencas hidrográficas y ayuda a orientar y respaldar el desarrollo de esquemas de pagos por servicios ambientales para los “bosques por el agua” (PESFOR-W). Este enfoque se basa en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) e integra una amplia gama de datos espaciales para determinar las ubicaciones más efectivas para el cambio de uso y la gestión de la tierra a fin de cumplir los objetivos de la DMA y generar múltiples beneficios para la sociedad (Cuadro 1).



Cuadro 1: Mapa de las oportunidades para reducir la contaminación difusa y el riesgo de inundaciones en Inglaterra y Gales

El mapeo de oportunidades se aplicó a Inglaterra y Gales en 2014 para orientar mejor las subvenciones y la inversión privada para la creación de bosques para ayudar a obtener resultados positivos en cuanto a la calidad del agua y la gestión del riesgo de inundaciones. El mapeo utilizó series de datos nacionales de cargas y presiones de contaminantes difusos sobre el agua, modeladas con una resolución de 1 km² para fosfatos, sedimentos, nitratos, pesticidas totales y organismos indicadores de contaminación fecal. Estos se superpusieron con datos espaciales sobre el riesgo de inundación de los ríos, incluida la propensión de los suelos a generar escorrentías rápidas. Las áreas objetivo para la creación de bosques se identificaron en función de su potencial para reducir uno o más contaminantes difusos y contribuir a gestionar el riesgo de inundaciones. Posteriormente, los mapas se utilizaron para puntuar los beneficios del agua para informar las solicitudes de plantación y dar apoyo al programa de subvenciones. Para obtener más información, consulte: <https://www.forestresearch.gov.uk/research/forest-hydrology/opportunity-mapping>



Los pasos clave para el mapeo de oportunidades son:

1. Utilizar los conjuntos de datos de la DMA para identificar los límites de las masas de agua superficiales y subterráneas que no tienen un buen estado ecológico o químico debido a contaminantes difusos de la agricultura; determinar cuáles y cuántos contaminantes difusos son los que están causando fallos, ya sea por las mediciones de la DMA con relación a estándares químicos o biológicos del agua, o mediante una evaluación de riesgo;
2. Aprovechar las estadísticas disponibles (por ejemplo, de inventarios agrícolas o encuestas sobre el uso de fertilizantes o plaguicidas), encuestas y mediciones o modelización de contaminantes para identificar y clasificar las fuentes localizadas y los canales de cada contaminante difuso que drena a las cuencas hidrográficas contribuyentes;
3. Mapear cualquier restricción espacial (por ejemplo, hábitats abiertos proteicos o sitios de interés arqueológicos) y sensibilidad (por ejemplo, valores paisajísticos) a la plantación de árboles dentro de las cuencas hidrográficas; superponer conjuntos de datos espaciales para identificar los puntos críticos de

- contaminación libres de restricciones a la plantación de árboles, donde existen oportunidades para la creación de bosques para reducir uno o más contaminantes difusos en masas de agua contaminadas;
4. Considerar y mapear cualquier otro problema relacionado con el agua que podría beneficiarse de la plantación de árboles (por ejemplo, comunidades río abajo o activos en riesgo de inundación) y superponerlos para determinar el alcance de la plantación para brindar múltiples beneficios donde hay mayor necesidad;
 5. Trazar un mapa de los posibles inconvenientes (*trade-offs*) de los servicios hidrológicos asociados a la plantación de árboles (por ejemplo, masas de agua que fallan debido a un estado deficiente o caudales inadecuados) y utilizar las sensibilidades cartografiadas para orientar el diseño y la gestión de la plantación para minimizar los inconvenientes (por ejemplo, cambiando la especie forestal para reducir uso del agua de los árboles);
 6. En los bosques existentes, cartografiar datos sobre las especies forestales y su edad para determinar las oportunidades de rediseño y ordenación de la masa forestal, a fin de reducir los riesgos futuros para las funciones de protección del agua de los bosques (por ejemplo, del cambio climático);
 7. Utilizar los hallazgos para enmendar e integrar los bosques, agua, inundaciones y estrategias y planes relacionados para ofrecer un enfoque, basado en la cuenca hidrográfica, más eficaz para abordar la contaminación difusa y lograr los objetivos de la DMA.

5. ¿Cómo pueden ayudar las plantaciones forestales?

Los bosques son ampliamente reconocidos como la cubierta terrestre preferida para proteger los suministros de agua. Esto refleja una variedad de atributos de los bosques, que incluyen la capacidad del dosel forestal para moderar intercepción de agua de lluvia por la evaporación del dosel húmedo. La naturaleza bien estructurada de los suelos forestales como resultado del aporte sostenido de materia orgánica, el enraizamiento de los árboles y la falta de alteración del suelo, reduce su erosionabilidad y promueve la estabilidad de las laderas. La absorción activa y reciclaje de nutrientes en el dosel forestal y el nivel generalmente muy bajo de insumos químicos a los bosques, como fertilizantes o pesticidas favorece una mejor calidad en el agua (Nisbet et al., 2011; Creed and Noordwijk, 2018). En consecuencia, las aguas que drenan en los bosques suelen ser de muy alta calidad y condiciones ecológicas, y requieren poco o ningún tratamiento para el suministro público de agua.

La tala histórica de bosques para la agricultura ha resultado en la pérdida generalizada de estos beneficios hidrológicos. Mientras que los cambios hacia usos de la tierra más intensivos son a menudo asociados con alteraciones y daños en los suelos, una mayor erosión y altos aportes de nutrientes y químicos. A pesar de las recientes mejoras en las prácticas agrícolas, muchas actividades agrícolas generan pérdidas significativas de sedimentos, nitratos, fosfatos, pesticidas y / o organismos indicadores de contaminación fecal hacia el medio acuático. Éstos generan contaminación difusa y hacen que una gran cantidad de masas de agua no alcancen un buen estado ecológico. La seguridad alimentaria puede impedir la replantación de bosques a gran escala para abordar el problema, pero existe un margen significativo para la plantación de bosques espacialmente específicos o el uso de la agrosilvicultura para marcar la diferencia.

Las plantaciones espacialmente dirigidas funcionan porque las fuentes de contaminantes, los canales por los que los contaminantes se mueven hacia los cursos de agua y la vulnerabilidad de los usuarios del agua río abajo son espacialmente variables (Figura 2). Por ejemplo, los suelos varían en su vulnerabilidad al daño, su capacidad para retener nutrientes y productos químicos, su propensión a generar escorrentía superficial rápida y el grado de conectividad con cursos de agua. Una vez que los contaminantes se movilizan en el agua o el aire, éstos tienden a moverse a lo largo de vías preferidas, como canales superficiales, líneas de drenaje y la dirección predominante del viento. Los receptores de agua, como los pozos de agua subterránea, son receptores de agua de distintas procedencias (áreas) y profundidades del suelo. La plantación de árboles en, alrededor, o a lo largo de estas fuentes, vías y receptores de contaminantes clave, puede ser potencialmente muy eficaz para reducir la transferencia de contaminantes a los cursos y los suministros de agua, mejorando notablemente la calidad del agua para una ocupación tan limitada de tierra.

La plantación de árboles a lo largo de los canales de contaminantes en forma de franjas o áreas de amortiguamiento ofrece un beneficio doble en la calidad del agua (Figura 2). En primer lugar, se elimina el aporte de contaminantes asociados a la actividad agrícola anterior en esta zona de suelo. En segundo lugar, existe una gran oportunidad para que los árboles plantados actúen como una barrera para el movimiento de contaminantes desde ladera arriba o contra el viento. Los contaminantes pueden ser retenidos o removidos

mediante: (i) el fomento de la escorrentía para que se infiltren en el suelo mejor estructurado de la zona de amortiguamiento; (ii) mediante filtración o deposición superficial cuando la escorrentía superficial pasa a través de la capa superficial de hojarasca o se mantiene en depresiones superficiales creadas por las raíces de los árboles; (iii) por absorción de raíces e incorporación de los contaminantes en la biomasa forestal; o (iv) por intercepción y captura de contaminantes cuando el flujo de aire contaminado pasa a través del dosel de los árboles. Las zonas de amortiguamiento en los bosques de ribera tienen el beneficio adicional de eliminar las entradas de contaminantes y reducir el daño en esta área de tierra muy vulnerable y conectada con los cuerpos de agua, además de brindar un espacio para que los árboles plantados eliminen los contaminantes arrastrados río abajo dentro del curso de agua principal durante los periodos de crecida de agua.

Los datos de seguimiento de la DMA muestran una marcada diferencia en la calidad del agua entre los usos de la tierra forestal y agrícola, y la magnitud de esta diferencia depende de la intensidad y calidad de la gestión de la tierra. La cantidad de contaminantes aportada en forma de fertilizantes, enmiendas orgánicas y productos químicos, y las exportaciones de estos al agua son bien conocidas para cada uso de la tierra, y pueden ser utilizadas en modelos de difusión de contaminantes para estimar el impacto y la efectividad de un área o una unidad de cambio de uso de la tierra determinada (Tabla 1). Por el contrario, es más difícil predecir el efecto de las áreas de amortiguamiento, ya que éste está influenciado por muchos factores de diseño y gestión, así como por la naturaleza y el tipo de contaminante y la escala de intervención. Sin embargo, los estudios han demostrado que con un buen diseño y una gestión adecuada, las áreas de amortiguamiento arboladas pueden ser muy efectivas para reducir la entrega de contaminantes desde las tierras de ladera, con eficiencias posibles de hasta el 100% para ciertos contaminantes (Perez-Silos, 2017).

	Pastizales permanentes	Eriales a pastos	Trigo	Cebada	Maíz	Colza	Superficies forestales
Aplicación de nitrógeno (kg/ha/año)	94-135	10	131-167	120-132	46-62	155-189	20
Exportación de Nitratos-N (kg/ha/año)	0,86-10,58	0,02-0,05	1,54-19,72	1,54-19,72	1,52-19,72	3,29-17,4	0,02-0,1
Aplicación de fosfatos (kg/ha/año)	6-16	0	13-35	18-41	27-43	15-37	0
Exportación de fosfatos(kg/ha/año)	0,012-0,169	0,008	0,038-0,458	0,038-0,458	0,038-0,458	0,15-1,834	0,008

Tabla 1 Cargas de nutrientes y coeficientes de exportación estimados para diferentes cultivos en comparación con superficies forestales en Gran Bretaña. Las cargas de nutrientes fueron tomadas de la Encuesta británica de uso de fertilizantes en el periodo 2000-2011 (BSFP, 2013). Los coeficientes de exportación se basan en los datos modelados para el Informe de seguimiento de la evaluación nacional de ecosistemas del Reino Unido (Bateman et al., 2014).

1 A lo largo de los cursos de agua

plantar árboles proporciona una barrera de amortiguamiento de las actividades de manejo de la tierra adyacente, reduciendo el flujo de sedimentos de nutrientes, pesticidas y organismos de indicadores fecales a las aguas. La cubierta arbórea también provee la muy necesitada sombra y enfría las corrientes de agua, mientras el sistema radical protege la ribera y reduce la erosión del canal y su colmatación.

2 En las inmediaciones de los pozos de agua

plantar árboles protege las aguas subterráneas de la contaminación por nutrientes y pesticidas.

3 En las llanuras de inundación

restaurar los bosques en las llanuras de inundación ralentiza los flujos de agua y retiene los contaminantes difusos



4 En las inmediaciones de las cuadras animales:

restaurar los bosques en las inmediaciones de las cuadras animales captura amonio y mejora la calidad del aire.

5 A lo largo de las vías de agua:

plantar árboles a lo largo y a través de las vías de agua aumenta la infiltración de la escorrentía superficial y la retención de contaminantes

Figura 2: Localización preferidas en el paisaje agrario para la plantación de árboles para reducir la contaminación difusa

Una revisión de 65 estudios encontró que el ancho de la zona de amortiguamiento es un factor determinante, y que la eliminación de contaminantes generalmente disminuye con la reducción de la anchura de la zona de amortiguamiento (Perez-Silos, 2017). Hay una serie de factores importantes que actúan para reducir la eficiencia mediante la cual las zonas de amortiguamiento arboladas pueden eliminar los contaminantes difusos de las tierras de las laderas. Estos incluyen el aumento del volumen de escorrentía, el aumento de la carga de contaminantes (especialmente si la cantidad de contaminantes que drenan desde la tierra cuesta arriba excede la capacidad de los árboles y el suelo para eliminarlos o procesarlos), la presencia de árboles muy jóvenes o viejos, árboles enfermos, malas condiciones para el crecimiento de árboles, espaciamiento más amplio entre árboles y la presencia de canales de derivación como desagües. Por lo tanto, se requiere mucho cuidado en el diseño y la gestión de las áreas de amortiguación para hacer frente a las cargas de contaminantes locales y para lograr y mantener altos niveles en su eliminación. Esto último, puede requerir un manejo productivo de los bosques y una cosecha regular para sostener la absorción de nutrientes (ver la Sección 6).

La presión de los propietarios de la tierra para minimizar el uso de tierras agrícolas actúa como una restricción importante en el ancho de la zona de amortiguamiento, que puede resultar en un desempeño subóptimo. A modo de guía aproximada, la Tabla 2 muestra lo que podría esperarse en términos de reducción de diferentes contaminantes difusos ladera arriba mediante un ancho creciente en una zona de amortiguamiento arbolada bien diseñada y gestionada, de acuerdo con una revisión de estudios científicos (Pérez-Silos, 2017). Se carece de datos para los organismos indicadores de contaminación fecal y usa de muchos plaguicidas diferentes, ya que la eficiencia de eliminación de estos últimos depende en gran medida del tipo de plaguicida y su vía de movimiento.

Ancho de la zona de amortiguamiento	5 m	10 m	20 m	50 m	100 m
Nitrato-N	20%	30%	40%	80%	90+%
Fosfato-P	10%	20%	30%	60%	90+%
Sedimentos suspendidos	80%	90+%	90+%	90+%	90+%

Tabla 2 Reducción porcentual en la concentración de contaminantes difusos en la escorrentía superficial desde ladera arriba hacia los cursos de agua que se puede lograr con una zona de amortiguamiento arbolada bien diseñada y gestionada de ancho variable. Interpolaciones basadas de las relaciones derivadas de la revisión de Perez-Silos (2017).

Si bien la Tabla anterior puede usarse para explorar la efectividad ambiental de plantaciones de árboles en comparación con otras medidas y permitir una aproximación a su coste efectividad, el diseño de un esquema, y especialmente uno que haga una diferencia a escala de cuenca, debería basarse en la modelización hidrológica. Comprender los procesos hidrológicos y del suelo es crucial para identificar las fuentes y los canales de contaminación para una correcta focalización de las medidas, así como para cuantificar y mejorar su eficacia ambiental. Es importante utilizar un modelo distribuido espacialmente que se pueda incorporar dentro de un SIG para determinar la ubicación e integración más efectivas de las medidas, teniendo en cuenta la dinámica en la difusión de contaminantes y en la evolución de las medidas. El modelo de base física *Soil & Water Assessment Tool* (SWAT) es a menudo utilizado para tales aplicaciones, aunque requiere una gran cantidad de datos, no es adecuado para cuencas muy pequeñas (<150 ha) y requiere un cuidado espacial para garantizar la parametrización correcta del modelo, especialmente con relación a los procesos forestales (Baksic, 2018). En situaciones de falta de los datos y recursos necesarios para permitir la modelización de los procesos hidrológicos, se pueden aplicar herramientas más simples, como el conjunto de modelos InVEST: *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (Kareiva, 2011).

6. Importancia de la gestión forestal

Los beneficios de plantar árboles por los servicios hidrológicos pueden evolucionar a lo largo de varios años antes de establecerse por completo, debido al tiempo que tardan los árboles en crecer y formar un dosel forestal y sus efectos en el uso del agua y mejoras del suelo. También puede haber un retraso significativo antes de que las reservas de nutrientes o contaminantes del suelo, como los pesticidas acumulados por usos del suelo anteriores, se descompongan o se eliminen del sistema suelo-roca. El tiempo de espera variará según el tipo de contaminante, la profundidad de las vías del agua (siendo mucho más lenta para aguas subterráneas más profundas) y la naturaleza de la plantación de árboles (por ejemplo, tipo de especies forestales y la espesura del arbolado). Por ejemplo, la reducción de sedimentos en suspensión, fosfato total / adsorbido y los organismos indicadores de contaminación fecal se pueden producir rápidamente (en uno a tres años) mediante el cese de las actividades que alteran el suelo, la eliminación del ganado y la mejora de la capacidad de infiltración del suelo por el enraizamiento de los

árboles. Por el contrario, si bien habrá un cambio rápido en el aporte de nitratos y plaguicidas posterior al cambio del uso del suelo, las reservas de estos productos químicos en el suelo y las aguas subterráneas pueden tardar décadas en eliminarse de los suministros de agua subterránea.

Una ventaja particular de la plantación de árboles es la naturaleza semipermanente del cambio de uso de la tierra, de modo que los beneficios hidrológicos pueden asegurarse a largo plazo. Sin embargo, esto depende de que los árboles plantados y los bosques establecidos se manejen y replanten de manera sostenible, si éstos se talan o se pierden debido a incendios, tormentas o plagas y enfermedades. La gestión productiva puede proporcionar beneficios económicos a los propietarios y gestores de la tierra por producción de madera y leña, pero presenta riesgos de contaminación debido a operaciones forestales como la extracción de madera, así como la pérdida temporal de los beneficios hidrológicos hasta que los árboles vuelvan a crecer después de la tala. Estos riesgos pueden minimizarse mediante buenas prácticas forestales, pero requieren un cuidado especial en la planificación, el diseño y la gestión forestal, especialmente en lugares sensibles como zonas de amortiguamiento próximas a los márgenes de cursos de agua (zonas de amortiguación riparias) (Forestry Commission, 2019).

Las plantaciones forestales espacialmente dirigidas para interceptar contaminantes difusos de tierras agrícolas adyacentes requieren un diseño más detallado y una gestión activa para mantener y promover la eliminación de contaminantes. Las especificaciones técnicas variarán sitio a sitio y debe determinarse caso por caso. El diseño del bosque debe adaptarse al tipo de contaminante y su vía de difusión. Por ejemplo, la captura de sedimentos se mejora al crear una superficie de suelo rugosa y con vegetación que se beneficia de una menor sombra del dosel y un mayor espacio entre los árboles. En contraste, la eliminación de nitratos requiere bosques húmedos con suelos anegados para promover la pérdida de nitratos por desnitrificación, o plantar especies de árboles de crecimiento más rápido y en espacios reducidos para maximizar la absorción de nitratos a través de la desnitrificación (tenga en cuenta que esto incrementa las emisiones de óxidos de nitrato, un potente gas de efecto invernadero (GEI)), o plantar especies de árboles de crecimiento más rápido y en espacios reducidos para maximizar la absorción de nitratos. Cuando los aportes de nitratos de las tierras de ladera arriba son muy altos, puede ser necesaria la extracción regular de madera o leña para evitar la saturación de nitratos y la sobrecarga de las áreas de amortiguación. En tales casos, zonas de amortiguación más amplias facilitarán la cosecha por fases de las líneas de árboles para mantener cierto grado de eliminación de nitratos, aunque se requiere especial cuidado para evitar daños al suelo durante las operaciones de aprovechamiento forestal.

Otros contaminantes como el amoníaco y los pesticidas que se dispersan a través del aire requieren especial atención en el diseño de la estructura del dosel del bosque para maximizar la deposición aérea y la captura de contaminantes. Un ejemplo típico es el diseño de zonas de amortiguamiento arboladas alrededor de los establos u otras estancias ganaderas para reducir las emisiones de amoníaco (Bealey et al., 2016). Otro problema puede ser la presencia de drenajes o fisuras en el suelo que permiten que los contaminantes en las aguas de drenaje eludan el potencial de retención del suelo y de absorción de las raíces. Esto puede requerir intervenciones físicas para interrumpir estas vías, a través del bloqueo de drenajes. Este bloqueo también puede ocurrir de forma natural con el tiempo debido al enraizamiento de los árboles o a la contracción y expansión del suelo (Stutter et al., 2020).

Algunos consideran que dejar el arbolado y los bosques sin gestionar es una opción más atractiva para garantizar los beneficios hidrológicos, más el cambio climático y los riesgos de tormenta, incendios y brotes de enfermedades suponen un desafío cada vez mayor. La gestión de estos riesgos está impulsando la necesidad de una mayor intervención para aumentar las especies de árboles y la diversidad de edades o instalar cortafuegos para mejorar la resiliencia de los bosques, especialmente en aquellos donde la gestión histórica ha dejado rodales de una sola especie o de edad relativamente uniforme. Los ejemplos incluyen la conversión extensiva de bosques de coníferas a bosques de frondosas en algunas zonas de Alemania, ya que los rodales de abetos y pinos se ven cada vez más afectados por plagas y enfermedades (Schuler et al., 2011). Sin embargo, la ausencia de manejo productivo en algunos bosques hace que tales intervenciones no sean rentables para los propietarios forestales que necesitan apoyo económico.

7. Gestionando los potenciales aspectos negativos

Si bien los bosques y la plantación de árboles son generalmente positivos para la protección de la calidad del agua, existe una desventaja potencial común. Esto se relaciona con la capacidad de los árboles para

usar más agua que otros tipos de vegetación más cortos (ej., pastizales o matorrales), lo que resulta en una menor escorrentía o recarga de agua (por ejemplo, debido a la intercepción / evaporación del dosel húmedo y / o tasas de transpiración potencialmente más altas sostenidas por un enraizamiento más profundo) (Nisbet, 2005). El tema es complejo, ampliamente investigado y todavía suscita debates. Mucho depende de una amplia gama de factores asociados al sitio, especialmente la escala geográfica, el clima, la altitud, la geología, el tipo de suelo, el tipo de bosque, las especies de árboles presentes, la distribución de edades y la cobertura del suelo. En general: las coníferas reducen el rendimiento hídrico más que las frondosas; las diferencias entre especies individuales tienden a ser pequeñas (aunque con algunas excepciones); las reducciones son mucho menores para árboles muy jóvenes y viejos; y el impacto en el rendimiento de agua en la cuenca es relativamente pequeño (difícil de medir) cuando menos del 20% del área de una cuenca se planta con árboles o estos son talados (Creed y Noordwijk, 2018).

En algunos lugares, los bosques pueden tener el efecto contrario y aumentar la producción de agua. Los ejemplos notables incluyen bosques de gran altitud que son efectivos para atrapar el agua de las nubes, la plantación de bosques de frondosas en pastizales sobre suelos calcáreos, y donde los bosques reemplazan la agricultura o los cultivos de regadío con un alto uso de agua (Creed y Noordwijk, 2018; Roberts y Rosier, 2005). El uso de agua en un bosque existente puede reducirse cambiando el tipo del arbolado de coníferas a frondosas, así como diversificando la edad del arbolado e introduciendo más claros, aunque esto puede representar un coste significativo para los propietarios forestales.

La cuestión del uso del agua se complica aún más en cuanto al impacto de los bosques en los caudales de agua durante la estación seca, cuando los suministros de agua son escasos. Se puede esperar que el mayor uso de agua por parte de los árboles reduzca los caudales bajos, pero mucho depende de la naturaleza de los suelos y la geología locales. Las rocas permeables son las más vulnerables, mientras que se puede esperar que las reducciones sean pequeñas o nulas en zonas de roca impermeable, y con suelos pobremente estructurados. Aquí, la plantación de árboles puede mejorar la infiltración del suelo, lo que lleva a una mayor proporción neta de agua de lluvia que drena en profundidad y complementa los caudales bajos. Otra excepción se refiere a la presencia de bosques ribereños y llanuras aluviales, que pueden mejorar la retención de aguas de inundación y su posterior descarga, lo que ayuda a mantener los flujos de agua en la estación seca. Otro factor que complica aún más la situación es que un mayor uso de agua y la reducción potencial de la cantidad de agua disponible por parte de los bosques puede ser beneficioso al reducir los flujos de agua en cuencas con riesgo de inundación y los problemas de salinización del suelo en tierras secas.

Existen modelos (ej. SWAT, WaSSI-C, Hydro-JULES) que permiten estimar el efecto de los bosques en la producción de agua, pero varían en su capacidad para representar y manejar los procesos hidrológicos forestales clave (por ejemplo, la evaporación del dosel húmedo), así como los factores de diseño y manejo forestal. Por lo tanto, es necesario tener mucho cuidado al momento de seleccionar los modelos y valores de los parámetros apropiados, así como hacer un esfuerzo serio para probar y validar las predicciones del modelo. Modelizar los impactos en los caudales extremos es el más difícil.

Otros posibles problemas hidrológicos tienden a ser más localizados en extensión e incluyen el riesgo de una mayor acidificación del agua debido a la captación de depósitos ácidos por el dosel forestal. Este problema se limita en gran medida a las zonas de tierras altas sensibles a la deposición de ácidos y está disminuyendo rápidamente debido al éxito de la UE en el control de emisiones (Nisbet y Evans, 2014). Otro problema es la sombra excesiva del dosel y la morfología deficiente del canal resultante de las plantaciones de coníferas ubicadas demasiado cerca de los cursos de agua. Se requiere, así mismo, atención para evitar la acumulación de los contaminantes capturados en la biomasa arbórea o en el suelo, que podrían liberarse de vuelta al medio acuático. Por último, si bien la plantación de árboles y la cobertura forestal generalmente reducen el riesgo de inundaciones, existen algunas excepciones localizadas, como el retroceso de las aguas de inundación río arriba de la llanura de inundación y el bloqueo de alcantarillas y puentes por el lavado de material leñoso (Nisbet et al., 2011).

Todos los posibles problemas antes mencionados pueden gestionarse eficazmente mediante un buen diseño y gestión forestal, especialmente plantando el tipo y la especie de árbol más apropiados en el lugar correcto según los factores del sitio y sus requisitos ecológicos.

8. Identificando y midiendo los beneficios múltiples

Si bien el énfasis de esta guía radica en apoyar la plantación y el manejo de bosques para proteger y mejorar la calidad del agua, es importante reconocer que esta estrategia también brindará múltiples beneficios (los llamados servicios ambientales o ecosistémicos) para apoyar otras agendas políticas. Existe un margen particular para las plantaciones forestales orientadas a reducir el riesgo de inundaciones río abajo, así como para mejorar la temperatura del agua mediante la provisión de sombra, ambos temas de creciente preocupación en el contexto del cambio climático (Burgess et al., 2017). Las plantaciones forestales también contribuyen directamente a la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono y fijación de carbono en el suelo, lo que ayudará a compensar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) agrícolas (Morison et al., 2012). Otros beneficios de interés incluyen mejoras en la biodiversidad, en particular respondiendo a la disminución de las aves forestales a través de mejoras el hábitat y en la conectividad entre bosques fragmentados y paisajes agrícolas, el suministro de madera y leña para diversificar las actividades agrícolas, y el potencial para mejorar los paisajes abiertos y proporcionar un mayor acceso para las actividades recreativas (Bateman et al., 2014).

9. ¿Cómo diseñar esquemas de pagos por servicios ambientales?

Hay ocho pasos operativos para el diseño de un esquema de PSA exitoso, que se describen a continuación en el contexto de la plantación de árboles o manejo de bosques para mejorar o proteger la calidad del agua. En los cuadros de texto adjuntos se hace referencia a tres estudios de caso que resumen esquemas de PSA exitosos.

1. **La definición del problema de la calidad del agua** es un paso que puede tomar varias formas. Para un área agrícola, el problema del agua podría ser típicamente un nivel excesivo de contaminantes difusos generados por las actividades agrícolas que resultan en el incumplimiento de los estándares de calidad del agua y su buen estado. Para un bosque existente, podría ser que su función inherente de protección de los recursos hidrológicos se vea amenazada por una presión ambiental, como un mayor riesgo de daños por tormentas o incendios debido al cambio climático, o la propagación de una plaga o enfermedad. Alternativamente, la amenaza podría provenir de la intensificación agrícola o la expansión urbana. Cualquiera que sea el problema, el punto de partida es definir claramente su naturaleza, incluida su extensión espacial y dimensión temporal. En el caso de problemas de contaminación difusa, es necesario determinar qué contaminantes (por ejemplo, nitrato, fosfato, sedimento, pesticidas u organismos indicadores de contaminación fecal) están involucrados, sus fuentes (por ejemplo, qué campos, áreas o suelos) y vías de difusión (por ejemplo, escorrentía superficial o agua subterránea). La autoridad reguladora del agua será un socio clave en la definición de asuntos relacionados con la calidad del agua.

2. **Identificación de actores locales.** Este paso implica identificar a todos los actores vinculados y afectados por el problema de agua. En teoría, los esquemas de PSA pueden limitarse a compradores y vendedores individuales, pero es más probable que involucren a una amplia gama de actores. Los actores locales se pueden clasificar en cinco grupos principales: organismos reguladores, proveedores y vendedores, beneficiarios y compradores, intermediarios y diseñadores (Figura 3). Es muy probable que los organismos reguladores, o los beneficiarios o los compradores tomen la iniciativa en el desarrollo de esquema de PSA, mientras que se requerirán esfuerzos adicionales para sensibilizar a algunos actores sobre el tema del agua y persuadirlos para que participen plenamente.

3. **Evaluación de la viabilidad de un esquema de PSA:** Reúna a las partes interesadas para explorar el problema de la calidad del agua y considerar posibles soluciones y oportunidades, aprovechando una experiencia más amplia y ejemplos de diferentes esquemas de PSA. Definir la línea de base de la calidad del agua existente y el margen de mejora necesario para cumplir con un objetivo o estándar de calidad del agua, o en el caso de la pérdida de una función de protección forestal existente, el grado de daño esperado. Compruebe que el problema no se pueda abordar mediante buenas prácticas de gestión o mecanismos regulatorios. Examine las medidas alternativas que podrían adoptarse, explorando cómo los costes, beneficios y riesgos evitados difieren entre ellas y de acuerdo

con el grado en que se utilizan, e identificar la opción de menor coste y más aceptable. Establecer si hay compradores y vendedores dispuestos a implementar y financiar las medidas preferidas, el deseo de colaborar entre los actores, la disponibilidad de intermediarios confiables para ayudar a organizar y administrar un esquema de PSA, y evaluar los costes de transacción, administración y monitoreo.

4. **Exploración de posibles beneficios para todos:** Considere si las opciones identificadas brindarán servicios ambientales adicionales (por ejemplo, en cuanto al secuestro de carbono, gestión del riesgo de inundaciones, recreación y/o biodiversidad (ver CICES (Haines-Young and Potschin, 2017)) y, de ser así, indagar si existe un mercado para estos. Cuando haya un comprador dispuesto, trate de cuantificar los beneficios potenciales y evalúe las oportunidades para el desarrollo de un esquema integrado. Para ayudar a diseñar el esquema de PSA, es preciso respaldar las decisiones de inversión y aumentar el apoyo público a través de un análisis de coste-efectividad de los costes unitarios de la mejora ambiental. Esta labor puede ser realizada por intermediarios cuando los datos se encuentren disponibles (Recuadro 2).
5. **Definición de roles y responsabilidades:** Proporcionar apoyo local para desarrollar un esquema de PSA y definir roles y responsabilidades de los actores clave. Esto debería incluir el establecimiento de límites espaciales claros para el esquema y determinar las medidas, costes asociados, pagos y plazos. Para ello es preciso buscar y redactar acuerdos.
6. **Resolución o minimización de cualquier problema legal:** considere los problemas legales, fiscales y regulatorios para los actores clave, así como las implicaciones en términos de impuestos, derechos de propiedad y el control de la contaminación, especialmente para aquellos que realizan o reciben pagos.
7. **Elaboración de las especificaciones técnicas:** Se deben desarrollar y acordar especificaciones técnicas para el diseño y la gestión de las medidas seleccionadas para abordar el problema de la calidad del agua. Para la plantación de árboles, esto incluirá la consideración de la ubicación (ej., clima local, geología, suelos y topografía), extensión / área o ancho de la plantación (ver Tabla 2), tipo de árbol, mezcla de especies, densidad de plantación, tiempo y prácticas de manejo requeridas para asegurar el establecimiento y crecimiento efectivo de los árboles (por ejemplo, preparación del suelo, control de malezas y cercas). Para un bosque existente, podría involucrar elementos de rediseño del bosque para reducir riesgos o mejorar la resiliencia, así como cambiar el tipo de bosque o la mezcla de especies, alterar la estructura de edad o introducir cortafuegos. La especificación deberá permitir reconocer la incertidumbre en la efectividad de una medida dada.
8. **Formalización del contrato de pago:** Se debe redactar un contrato formal entre compradores y vendedores, que cubra la especificación técnica de las medidas a implementar, los plazos de entrega, las condiciones de referencia de la calidad del agua, los criterios de evaluación de la consecución de objetivos, las necesidades de seguimiento, los pagos escalonados y las revisiones programadas. Sin embargo, es mejor incorporar cierto grado de flexibilidad en los Términos y Condiciones para permitir ajustes futuros informados por el seguimiento y la evaluación llevadas a cabo. Se debe evitar un alto nivel de burocracia y costes de transacción, asegurando que la administración y el monitoreo del esquema sean adecuados para su propósito.

Estudio de caso: Plantación de árboles para asegurar los beneficios hidrológicos

A nivel mundial, muchas empresas de agua están reconociendo cada vez más las crecientes amenazas a los suministros de agua y el aumento del coste del tratamiento del agua. En consecuencia, la atención se está desplazando de la infraestructura gris a la verde para asegurar mejor la calidad y cantidad de agua en el futuro a escala de cuenca hidrología. Los esquemas de PSA están surgiendo como un enfoque más sostenible para la gestión del agua mediante el cual se incentiva a los propietarios de tierras, como los agricultores y los propietarios forestales, a cambiar el uso o la gestión del suelo para una mejor protección de los suministros de agua. Medidas específicas, como la plantación de árboles dentro de las zonas de protección, ofrecen potencialmente una forma más rentable de abordar los problemas de contaminación difusa del agua en comparación con los costes tratamiento del agua por los medios convencionales.

A nivel europeo, el artículo 9 de la DMA estipula que "los Estados miembros tendrán en cuenta el principio de recuperación de los costes de los servicios de agua, incluidos los costes medioambientales y de uso de recursos". Esto ha llevado a algunas empresas de agua en el Reino Unido (South West Water y United Utilities), Alemania (Sajonia y Hannover) e Italia (ETRA y Romagna Acque) a cobrar a los consumidores por los costes incurridos en la protección de las áreas fuente de agua, con pagos transferidos a los propietarios de las tierras y gestores. Estos esquemas son "similares a los PSA", ya que los consumidores no pagan voluntariamente por el beneficio / factura; sin embargo, han demostrado ser los sistemas más efectivos a nivel de la UE para mejorar la calidad del agua a escala cuenca (UNECE, 2018).



Estudio de caso: Plantación de árboles para proteger la calidad del agua subterránea

Hay tres bosques importantes para los planes de PSA hídricos en Dinamarca. Dos de ellos se encuentran cerca de Odense en Funen y el tercero cerca de Aalborg en Jutlandia. Todos están diseñados para abordar el creciente problema de la contaminación del agua subterránea por las prácticas agrícolas, especialmente la contaminación del agua potable por el aumento de los niveles de nitratos y / o pesticidas. El plan de Aalborg es uno de los más antiguos y se estableció en 1991 con fondos de EU LIFE y el municipio de Aalborg para comprar tierras a los agricultores dentro de zonas vulnerables de recarga de aguas subterráneas. 900 ha de tierras de cultivo intensivo se convirtieron en 500 ha de bosques de frondosas y 400 ha de pastos de bajo insumo, principalmente para reducir los niveles de nitratos. El beneficio del agua potable se estimó en un mínimo de 489 euros / ha / año y el beneficio social neto (excluida el agua potable) en 189 euros / ha / año, que incluía la provisión de oportunidades recreativas local y secuestro de carbono.

Los dos esquemas cerca de Odense son Elmelund Skov y Brylle Water, los cuales involucran la creación de bosques para reducir la contaminación por pesticidas de los suministros locales de agua subterránea. Esto se realizó mediante un proceso voluntario de consolidación de tierras mediante el cual se adquieren tierras agrícolas en áreas poco vulnerables y se utilizan para fomentar el intercambio de tierras con agricultores por tierras dentro de zonas vulnerables de recarga de aguas subterráneas. La tierra se transfiere a socios públicos o privados a un precio reducido para la plantación de árboles y manejo forestal, con un cambio permanente de tierra de cultivo a bosque legalmente garantizado. En Elmelund Skov, 380 hectáreas de tierras agrícolas se han convertido en bosques desde 2001 en virtud de un acuerdo de asociación entre la empresa de agua local, el municipio de Odense y la agencia forestal estatal. El plan Brylle Water es el más reciente y comenzó en 2014. Una fundación privada compró 156 ha de tierras agrícolas y plantó bosques por el 40% del coste, y el 60% restante lo financió la empresa de agua local. El proceso de consolidación de tierras implicó un coste de transacción significativo en la negociación de acuerdos con los agricultores y en la creación de relaciones de confianza entre las partes involucradas. El acceso público al bosque con fines recreativos, fue un componente importante en estos último esquemas, a la vez que suporta la justificar la financiación y el apoyo municipal al esquema



Estudio de caso: plantación de árboles para mejorar la infiltración de aguas subterráneas

Este esquema de PSA está ubicado en las afueras de la ciudad de Carmignano di Brenta, cerca de Padua en el norte de Italia. Se estableció en 2012 como un "Área de infiltración forestal" para ayudar a reponer y mejorar los recursos de agua subterránea en la zona. La sobreexplotación del acuífero había provocado la desaparición de manantiales y arroyos locales, mientras que las actividades agrícolas habían degradado la calidad del agua subterránea. Se plantó un bosque de 2.5 ha en tierra cultivable (maíz) y se cavó un sistema de zanjas para canalizar el agua superficial (a una tasa de ~ 1 millón de metros cúbicos por hectárea por año) hacia el sitio durante los períodos de exceso de flujo en el cercano río Brenta. El establecimiento del bosque ayudó a facilitar la infiltración de agua en el acuífero y mejoró la "fitopurificación", eliminando nutrientes y otros contaminantes. El bosque también proporcionó una ganancia de carbono para el propietario y productos forestales como leña, biomasa y madera a largo plazo, además de beneficiar a la comunidad local con un hábitat valioso y oportunidades para la recreación y la educación. Un grupo de partes interesadas locales y regionales, incluidos los municipios y las empresas locales, formó una asociación para licitar los fondos de apoyo que se utilizaron para diseñar y establecer el esquema de PSA en tierras agrícolas privadas. Aproximadamente el 80% de los costes de ejecución se financiaron con fondos LIFE + y RDP. La pérdida de ingresos para el propietario por el cambio en el uso del cultivo de maíz al bosque fue superada por los pagos de la Junta de Recuperación de Tierras de Brenta por el servicio de agua de infiltración (€ 1200 / ha / año), el municipio por el acceso comunitario y la recreación relacionada y eventos educativos (1.500 €/ año), más el valor de los productos de madera generados y la ganancia de carbono.).



THE MAIN ACTORS

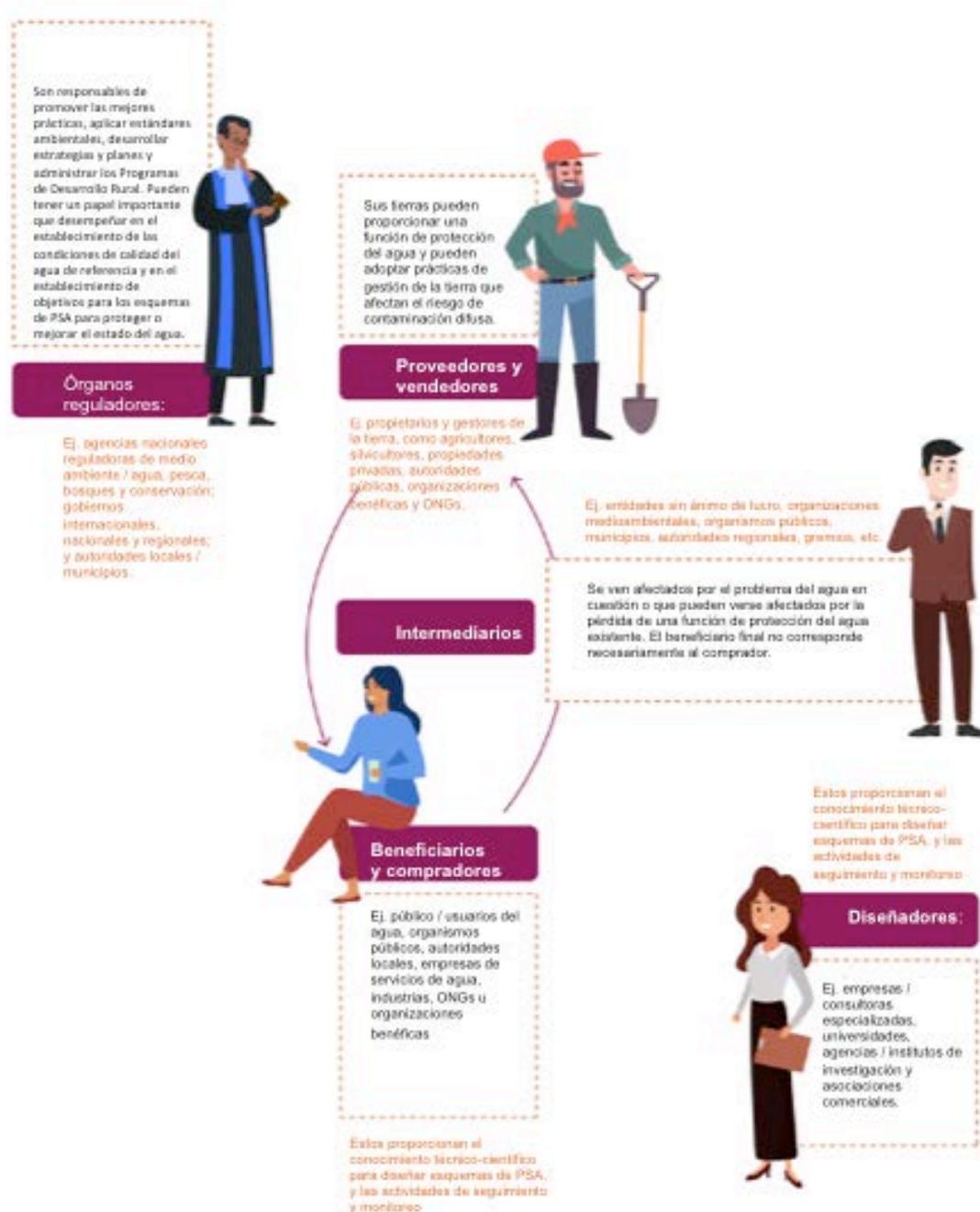


Figura 3 Principales actores que pueden participar en el diseño de los esquemas de PSA

Cuadro 2: Análisis de coste efectividad (ACE)

El análisis de coste-efectividad (ACE) es una técnica que puede utilizarse para comparar el coste de la plantación de bosques con el de medidas alternativas para mejorar la calidad del agua. Puede ser importante tanto para justificar la adopción de la plantación de bosques como para seleccionar el tipo de medidas (plantaciones forestales y/u otras) a implementar. El principal desafío es estimar la cantidad de plantación y / o el alcance de una medida alternativa que se requiere para lograr un determinado objetivo de calidad del agua. Es más fácil centrarse en un contaminante difuso específico o en un conjunto de contaminantes, como reducir la concentración de nitratos en un curso de agua en un porcentaje determinado o por debajo de un estándar ambiental, en lugar de adoptar un índice de calidad del agua más amplio como 'estado del agua' o usar una métrica biológica. Es probable que la evaluación requiera el uso de un modelo distribuido espacialmente como el SWAT para estimar el efecto de los diferentes niveles y ubicaciones de la plantación forestal en la calidad del agua, como se describe en la Sección 5. Un enfoque alternativo y más simple sería limitar la consideración del efecto de medidas alternativas sobre las cargas contaminantes, con valores para estos últimos relativamente bien conocidos para diferentes coberturas terrestres y tipos de cultivos (Tabla 1). En los casos en que se propongan medidas para reducir el riesgo de infringir los objetivos de calidad del agua que se cumplen actualmente, la mejora debería considerarse en términos de la reducción del riesgo de superar este objetivo.

El análisis de coste-efectividad implica dividir el coste de la plantación forestal u otra medida por la mejora / ganancia obtenida en la calidad del agua. Dependiendo de si se trata de una reducción de la concentración o de la carga, el coeficiente de rentabilidad (RCE) calculado puede expresarse en unidades como euros per mg o euros per kg / ha de un contaminante determinado. El coste agregado debe calcularse descontando los costes en años futuros durante la vida útil del bosque plantado. Los costes deben incluir los ingresos no percibidos por el cambio en el uso de la tierra (coste de oportunidad) y los costes de transacción. Cuando se adopta la perspectiva del inversor privado, los costes también deben incluir cualquier cambio en los incentivos financieros involucrados. Sin embargo, cuando el ACE se lleva a cabo desde una perspectiva social, los cambios en los pagos por subvenciones (por ejemplo, asociados con los planes agroambientales de la UE) deben excluirse porque estos pagos se consideran como una transferencia. Aunque las estimaciones de la coste-efectividad se centran en la calidad del agua, el valor de otros beneficios generados por el bosque también puede incluirse en su cálculo y usarse para compensar el coste, reduciendo así el RCE. Esta puede constituir un reto para la valoración monetaria de algunos beneficios, como las mejoras en los hábitats y biodiversidad, pero es más fácil para otros, como el secuestro de carbono.

Los pasos clave involucrados en CEA son:

- Identificar el problema de la calidad del agua y el nivel de mejora requerida, así como en la concentración o carga de un contaminante difuso específico a cumplir o para contribuir al logro de un estándar de calidad del agua determinado.
- Estimar la cantidad de plantación forestal y otras medidas alternativas necesarias para lograr la reducción deseada en la concentración o carga de contaminantes utilizando modelos o presupuestos de contaminantes. Calcular el coste agregado de implementar las medidas, incluidos los ingresos no percibidos, los costos de transacción y (desde la perspectiva del sector privado) los incentivos, la gestión de descuentos y otros costes que se espera surjan en el futuro durante la vigencia de las medidas.
- En los casos en que los cambios esperados en la efectividad de la medida a lo largo del tiempo difieran entre las medidas, se debe adoptar uno de dos enfoques: dividir los costes agregados por un índice de beneficio ambiental que pondera las mejoras ambientales futuras de acuerdo con el momento en que se espera estas surjan (por ejemplo, aplicando una tasa de descuento a las mejoras esperadas en años futuros); o comparar medidas utilizando un comparador de coste-efectividad de referencia que tenga en cuenta cuándo surgen las mejoras (un enfoque que a veces se usa para comparar opciones para la mitigación del cambio climático, por ejemplo, DBEIS, 2019).
- Considerar otros beneficios y cualquier inconveniente proporcionado por las medidas o por el uso original de la tierra y, cuando sea factible, estimar el valor monetario o los costes de estos (de manera similar, aplicando una tasa de descuento a los que surjan en años futuros), para calcular el coste neto de cada medida.
- Teniendo en cuenta los costes netos anteriores y la eficacia medioambiental de las medidas potenciales, incluida una previsión para el riesgo y la incertidumbre, calcule el promedio y rango del RCE para cada medida y compare su rendimiento. Las curvas de costes de reducción marginal se pueden utilizar para explorar la relación entre la rentabilidad de diferentes medidas y la cantidad total de contaminación difusa que se reduce en puntos específicos en el futuro.
- Utilizar los resultados para diseñar un esquema de pagos apropiado para promover la medida de menor coste o la combinación de medidas para cumplir y asegurar los objetivos de calidad del agua dentro de un plazo determinado, teniendo en cuenta la idoneidad y aceptabilidad local de las medidas.
- Cuando sea importante atraer una variedad de inversores para la creación de bosques, considere calcular la rentabilidad desde otras perspectivas (por ejemplo, mitigación del cambio climático y / o atenuación del riesgo de inundaciones) también.

Es importante mantener toda la documentación relevante que detalle los cálculos para informar la revisión y el aprendizaje futuros.

10. Monitoreo, evaluación and revisión

El monitoreo puede tomar muchas formas que afectan de forma significativa a su coste. En primer lugar, las medidas implementadas requerirán un cierto nivel de seguimiento para garantizar que se diseñen según lo planificado y se gestionen adecuadamente para cumplir y mantener su eficacia en la reducción de contaminantes. Para la plantación de bosques, esto incluye verificar que los árboles estén completamente establecidos (por ejemplo, reemplazando cualquier pérdida del arbolado y manejando el pastoreo y posibles problemas de malezas y plagas), que el bosque establecido se maneje de manera sostenible y, cuando corresponda, el arbolado sea replantado para asegurar la efectividad del esquema en el largo plazo. En el caso de plantaciones más específicas, como las áreas de amortiguamiento en zonas de ribera, es necesario verificar que éstas estén diseñadas y gestionadas de manera adecuada para hacer frente al problema de la contaminación difusa (y para generar beneficios conjuntos) a lo largo de la vida útil del proyecto. Esto incluye verificar que las tasas de crecimiento de los árboles sean suficientes y sostenidas para hacer frente a la escorrentía de nutrientes provenientes de la tierra agrícola adyacente, así como evitar la sobrecarga/saturación de la zona de amortiguación por los contaminantes y que cualquier intervención de gestión dañe el sitio.

En muchos casos será necesario monitorear la respuesta de la calidad del agua para verificar que las medidas estén teniendo el efecto deseado. Es posible depender de las redes de monitoreo existentes (por ejemplo, para las evaluaciones de la DMA) operadas por los reguladores del agua con este propósito, pero estas generalmente se llevarán a cabo a escala de masa de agua y, por lo tanto, es posible que deban complementarse con mediciones locales. El monitoreo debe adaptarse a la naturaleza de la medida implementada, cómo afectará a las fuentes y canales de contaminación difusa y al contaminante o contaminantes específicos involucrados. Por ejemplo, es menos probable que la plantación de bosques a pequeña escala justifique el monitoreo de la calidad del agua del río y sea más adecuada para realizar mediciones basadas en parcelas, tales como cambios en las condiciones del suelo. Debe haber un acuerdo sobre la ubicación, el tipo, la frecuencia y el coste del monitoreo. De igual forma es necesario que este acuerdo cubra el manejo, almacenamiento y propiedad de datos, así como el análisis de datos, presentación de informes y publicación de resultados.

Es probable que abordar los problemas de contaminación difusa a escala de cuerpos de agua requiera áreas extendidas de plantación de árboles que involucren a varios propietarios y que demoren varios años en producirse. Esto requerirá una planificación estratégica y una gestión integrada de la cuenca, con una revisión periódica del progreso y las acciones. El progreso realizado en el logro de los objetivos de calidad del agua puede estar directamente relacionado con los pagos contratados, aunque la alta variabilidad temporal de los parámetros de calidad del agua (por ejemplo, debido a la variabilidad en las condiciones climáticas y los niveles de los ríos) puede hacer de esto un desafío importante, especialmente en a escalas temporales cortas o medias. Se debe considerar la posibilidad de realizar una evaluación periódica de la rentabilidad del plan/esquema, para informar sobre la necesidad de cualquier cambio, compartir lecciones y, en última instancia, garantizar su éxito.

11. Corriendo la voz

Una comunicación, difusión y marketing exitosos de las acciones de PSA dependen de que los mensajes se dirijan adecuadamente a los actores relevantes. Los niveles de concientización y comprensión de los beneficios hidrológicos de los bosques variarán enormemente entre los actores y, por lo tanto, es posible que se requieran diferentes enfoques e historias. Tenga en cuenta los diferentes estilos de aprendizaje y adapte la información en consecuencia. Los enfoques académicos que se aplican en el aula pueden no funcionar en el campo. Sea sensible a las condiciones y relaciones locales.

Es probable que haya controversias sobre las fuentes y canales de contaminación difusa, especialmente entre propietarios y administradores, lo que requiere una discusión abierta de las pruebas y la opinión de expertos. A menudo, estarán disponibles varias opciones alternativas para abordar un problema hidrológico dado, y aquellas que involucran cambios en el uso del suelo y, en particular, la creación de bosques, enfrentarán la resistencia inherente de algunos. Centrarse en la focalización cuidadosa de las medidas para mejorar la eficacia y minimizar el impacto en el uso de la tierra existente es muy importante.

Reunir a diferentes grupos, discutir puntos de vista contrapuestos y resolver diferencias es fundamental. Se debe considerar el uso de un facilitador como un intermediario confiable, especialmente cuando existen diferencias profundamente arraigadas entre los actores. El uso de mapas y resultados de modelos puede ser muy útil, pero debe manejarse con sensibilidad y no usarse para repartir culpas. Muchos no confiarán en estos productos y cuestionarán su capacidad para reflejar la realidad. En consecuencia, es muy importante fundamentar la veracidad de dicha información, que es mejor si los actores clave se reúnen y discuten los problemas y las contramedidas propuestas en el campo.

Se debe hacer uso de estudios de casos regionales y más amplios para desarrollar opciones y generar confianza y consenso, incluso visitando los sitios de demostración existentes cuando sea posible (ver por ejemplo estudios de caso relevantes en: www.forestresearch.gov.uk/research/pesforw/case-studies). Estos estudios pueden ser una excelente manera de mostrar los beneficios hidrológicos y otros beneficios más amplios asociados a la plantación de árboles, así como la función de protección de los bosques existentes y las amenazas que estos enfrentan.

12. References

- Baksic, N. (2018), Reviewing available pollutant models and decision support tools for informing the design and management of woodland creation measures for reducing agricultural diffuse pollution. STSM Scientific Report. COST Action 15206. Forest Research, Surrey. 12pp.
- Bateman, I., Day, B., Agarwala, M., Bacon, P., Bad'ura, T., Binner, A., De-Gol, A., Ditchburn, B., Dugdale, S., Emmett, B., Ferrini, S., Carlo Fezzi, C., Harwood, A., Hillier, J., Hiscock, K., Hulme, M., Jackson, B., Lovett, A., Mackie, E., Matthews, R., Sen, A., Siriwardena, G., Smith, P., Snowdon, P., Sünnerberg, G., Vetter, S., & Vinjili, S. (2014) UK National Ecosystem Assessment Follow-on. Work Package Report 3: Economic value of ecosystem services. UNEP-WCMC, LWEC, UK. 246pp.
- Bealey W.J., Dore A.J., Dragosits U., Reis S., Reay D.S. and Sutton M.A. (2016) The potential for tree planting strategies to reduce local and regional ecosystem impacts of agricultural ammonia emissions. *Journal of Environmental Management* 165:106-116.
- Broadmeadow, S. and Nisbet, T. (2012) National map of woodland creation opportunities: targeting eWGS to help meet the objectives of the WFD and reduce flood risk in England. Final Report to Forestry Commission England. Forest Research, Alice Holt Lodge, Farnham, Surrey (29 pp).
- BSFP (2013) British Survey of Fertiliser Practice dataset. From Department for Environment, Food & Rural Affairs, London.
- Burgess-Gamble, L., Ngai, R., Wilkinson, M., Nisbet, T., Pontee, N., Harvey, R., Kipling, K., Addy, S., Rose, S., Maslen, S., Jay, H., Nicholson, A., Page, T., Jonczyk, J. and Quinn, P. (2017) Working with Natural Processes - Evidence Directory. Environmental Agency, Bristol. 298 pp.
- Collins, A.L., Newell Price, J.P., Zhang, Y., Godday, R., Naden, P.S. and Skirvin, D. (2018) Assessing the potential impacts of a revised set of on-farm nutrient and sediment 'basic' control measures for reducing agricultural diffuse pollution across England. *The Science of the Total Environment*, 621, 1499-1511.
- Creed, I.F. and Noordwijk, M.v. (eds.) (2018) Forest and Water on a Changing Planet: Vulnerability, Adaptation and Governance Opportunities. A Global Assessment Report. IUFRO World Series Volume 38. Vienna. 192 p.
- DBEIS (2019) Valuation of energy use and greenhouse gas. Supplementary guidance to the HM Treasury Green Book on Appraisal and Evaluation in Central Government. Department of Business, Energy and Industrial Strategy, London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/794737/valuation-of-energy-use-and-greenhouse-gas-emissions-for-appraisal-2018.pdf
- EEA (2016) Annual Indicator Report Series (AIRES): Surface Waters. EEA Environmental Indicator Report No 30/2016. EEA, Copenhagen, Denmark.
- EEA (2018) European waters - assessment of status and pressures 2018. European Environment Agency EEA Report 7/2018. <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water>
- Forest Europe (2019) Valuation and payments for forest ecosystem services in the pan-European region. Final Report of the Forest Europe Expert Group on valuation and payments for forest ecosystem services. Forest Europe, Bratislava, Slovak Republic. <https://foresteurope.org/publications/>

- Forestry Commission (2019) Managing forest operations to protect the water environment. Forestry Commission Practice Guide, Forestry Commission, Edinburgh, 48pp.
- Gatto, P., Pettenella, D. and Secco, L. (2009) Payments for forest environmental services: organisational models and related experiences in Italy. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 2 (4), 133-139.
- Haines-Young, R. and Potschin, M.B. (2017) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and guidance on the Application of the Revised Structure: www.cices.eu
- Kareiva P, Tallis H, Ricketts TH, Daily GC, Polasky S. (2011) Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services. Oxford University Press, Oxford.
- Mockler, A.E.M. and Bruen, M. (2018) Support tools for characterisation and evaluation of Programmes of Measures. Report No. 249. Environment Protection Agency, Dublin, Ireland.
- Morison, J., Matthews, R., Miller, G., Perks, M., Randle, T., Vanguelova, E., White, M. and Yamulki, S. (2012) Understanding the carbon and greenhouse gas balance of forests in Great Britain. Forestry Commission Research Report. Forestry Commission, Edinburgh. 149 pp.
- Nisbet T.R. (2005) Water use by trees. Forestry Commission Information Note 65, Forestry Commission Edinburgh, UK.
- Nisbet, T., Silgram, M., Morrow, K. and Broadmeadow, S. (2011) Woodland for water: Woodland measures for meeting Water Framework Directive objectives. Forest Research Monograph 4, Forest Research Surrey 156 pp.
- Nisbet, T.R. and Evans, C.D. (2014) Forestry and surface water acidification. Forestry Commission Research Note 16. Forestry Commission, Edinburgh.
- Perez-Silos, I. (2017) Assessing the effectiveness of woodland creation for reducing agricultural diffuse pollution – developing value ranges to create look-up tables. STSM Scientific Report. COST Action 15206. Forest Research, Surrey. 11pp.
- Roberts, J. and Rosier, P. (2005). The impact of broadleaved woodland on water resources in lowland UK: III. The results from Black Wood and Bridgets Farm compared with those from other woodland and grassland sites. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9: 614-620.
- Schuller, G., Pfister, L., Vohland, M., Seeling, S. and Hill, J. (2011) Large scale approaches to forest and water interactions. In: Bredemeier, M., Cohen, S., Godbold, D., Lode, E., Pichler, V. and Schleppei, P. (eds) *Forest Management and the Water Cycle: An Ecosystem-Based Approach*. Ecological Studies Vol. 212. Springer, New York, pp. 435-452.
- Stutter, M.I., Chardon, W.J., Kronvang, B. (2012) Riparian buffers as a multifunctional management tool in agricultural landscapes: introduction. *Journal of Environmental Quality*, 41:297-303.
- Stutter, M., Wilkinson, M. and Nisbet, T.R. (2020) Improving the benefits from watercourse field margins using 3-D buffers. Environment Agency Report, Environment Agency, Bristol.
- Ucar, T. and Hall, F.R. (2001) Windbreaks as a pesticide drift mitigation strategy: a review. *Pest Management Science*, 57: 663-75.
- UNECE (2018) *Forests and Water – Valuation and Payments for Forest Ecosystem Services*. UNECE, Geneva. 108 pp

13. Glosario

Comparador de coste-efectividad de referencia

Indicador estandarizado utilizado para juzgar la coste-efectividad de diferentes actividades que podrían adoptarse para lograr una mejora ambiental (por ejemplo, un aumento de la calidad del agua).

Beneficiarios y compradores en el esquema de PSA

These are actors (ej. water consumers and utilities) who are impacted by an issue (ej. polluted water) and would benefit from action or measures taken to remedy or reduce it, including by paying or buying for a countermeasure.

Estos son actores (por ejemplo, consumidores de agua y servicios públicos) que se ven afectados por un problema (por ejemplo, agua contaminada) y se beneficiarían de las acciones o medidas que se tomen para remediarlo o reducirlo, incluso pagando o comprando por medidas paliativas.

Análisis de coste-efectividad (ACE)

El análisis de coste-efectividad es una técnica económica para comparar los costes y efectos relativos de diferentes acciones o medidas, ej. el costo de la plantación de bosques con el de medidas alternativas para mejorar la calidad del agua. También se puede utilizar para evaluar los costes y efectos del esquema de PSA.

Ratio de coste-efectividad (RCE)

El ratio o razón de coste-efectividad es el coste neto de una acción o medida dividido por su efecto o resultado relativo. Por ejemplo, el coste de la plantación forestal dividido por la mejora o ganancia obtenida en la calidad del agua, expresada en unidades como €/ mg o €/ kg / ha de un contaminante determinado.

Contaminación difusa

Contaminación debida a actividades generalizadas sin una fuente discreta o puntual, tal como la escurriencia de nutrientes de la aplicación de fertilizantes.

Tasa de descuento

La tasa de retorno o interés que se utiliza para calcular el valor presente descontado de una cantidad de dinero o inversión que recibirá o pagará en el futuro.

Descontar

Este es el proceso de aplicar la tasa de descuento a los costes y beneficios para ponerlos en términos de valor presente (haciéndolos directamente comparables independientemente de cuándo ocurran en el futuro).

Servicios ecosistémicos (ambientales)

Los beneficios ofrecidos por los ecosistemas que contribuyen a hacer la vida humana posible y digna de ser vivida, tal como el acceso a agua limpia.

Índice de beneficio ambiental

Un índice que se utiliza para clasificar (por ejemplo, puntuando) y comparar acciones o medidas en términos del nivel de beneficio ambiental proporcionado.

Estándar de calidad ambiental

Un estándar administrativo o legal que define la concentración o el nivel de una sustancia en el medio ambiente (como en el agua) que no debe excederse, ya que el incumplimiento del estándar podría causar daños.

Bosque

Una gran extensión de tierra cubierta por árboles.

Área de infiltración forestal

Un área de tierra forestal designada para recibir agua superficial desviada de los canales de los ríos durante los períodos de mayor

caudal para recargar los acuíferos subterráneos y mejorar el suministro de agua en los períodos secos de verano.

Sistemas de información Geográficos (SIG)

Un sistema y marco informático para recopilar, gestionar, analizar y mostrar datos de referencia espacial / geográfica.

Buen estado químico

Aguas superficiales donde las concentraciones de sustancias prioritarias no superan los Estándares de Calidad Ambiental (EQS) relevantes establecidos por la Directiva EQS 2008/105 / EC (modificada).

Buen estado ecológico

Una de las cinco clases de estado ecológico de la Directiva Marco del Agua, siendo las otras muy bueno, moderado, deficiente, malo

InVEST: Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (Valoración integrada de los Servicios Ecosistémicos y sus trade-offs) Diseñadores e intermediarios en los esquemas de PSA

Un conjunto de modelos utilizados para mapear y valorar bienes y servicios de la naturaleza que sustentan y satisfacen la vida humana.

Los intermediarios son actores como entidades sin fines de lucro u organizaciones ambientales que administran un esquema de PSA implementando mecanismos para recaudar fondos de los beneficiarios, negociar pagos y redistribuirlos a los proveedores. Los diseñadores son actores tales como consultorías y agencias de investigación que brindan el conocimiento técnico y científico para diseñar esquemas de PSA y actividades de monitoreo apropiadas. Intermediarios y diseñadores en el intercambio de esquemas de PSA

Curva de coste de reducción marginal

Una clasificación de actividades alternativas de bajo a alto costo por unidad de mejora ambiental (ej. Aumento en la calidad del agua), indicando el nivel de mejora ambiental que se logra en cada una.

Esquemas de pago por servicios ambientales (ecosistémicos) (PSA)

Un esquema que transfiere recursos entre al menos dos actores y está dirigido explícitamente a mejorar la provisión de servicios ambientales, como los pagos a los agricultores por plantar árboles para obtener beneficios de la calidad del agua, o para administrar la tierra de una manera que mejore el suministro de servicios ambientales específicos.

Organismos reguladores

Una autoridad designada por el Gobierno para ejercer una función reguladora, como prevenir la contaminación del agua asegurando el cumplimiento de las normas de calidad ambiental.

Ingresos no-percibidos

La diferencia entre las ganancias realmente obtenidas y las que podrían haberse logrado con una acción alternativa, ej. ganancias agrícolas perdidas como resultado de la plantación forestal en tierras agrícolas.

14. Singlas

ACE Análisis coste efectividad

CICES Common International Classification of Ecosystem Services / Clasificación internacional común de servicios de los ecosistemas

DBEIS Department of Business, Energy and Industrial Strategy

DMA Directiva Marco del Agua

EEA European Environment Agency/ Agencia Ambiental Europea

FIO Organismo indicadores de contaminación fecal

GEI Gases de efecto invernadero

SIG Sistema de Información Geográfica

Hydro-JULES Hydrological, 3D version of the Joint UK Land Environment Simulator

InVEST Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs

LIFE+ L' Instrument Financier pour l'Environnement (Fourth phase of EU LIFE Programme)

ONG Organización No Gubernamental

PAS: Pagos por Servicios Ambientales

PESFOR-W Payments for Ecosystem Services: Forest for Water

RCE Ratio de coste efectividad

RDP Rural Development Programme

SWAT Soil & Water Assessment Tool

WaSSI-C Water Supply Stress Index-Carbon Ecosystem Services Model