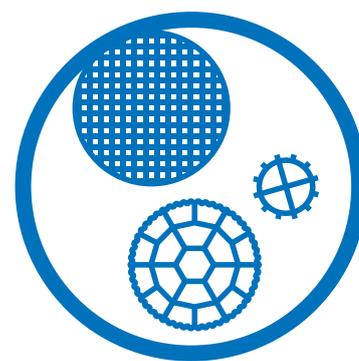


BIOSOPORTES



RECOMENDACIONES PARA EL USO
DE BIOSOPORTES EN ESTACIONES DEPURADORAS
DE AGUAS RESIDUALES



AUTORES

- Philippe Bencivengo
- Cristina Barreau
- Francois Verdet

El equipo de expertos medioambientales de Surfrider Foundation Europe.

Informe elaborado por Surfrider Foundation Europe con la financiación de la Agencia Sueca de Protección Medioambiental como parte de su labor en el Consejo Nórdico de Ministros.

AVISO LEGAL

Esta publicación es una iniciativa de la Agencia Sueca de Protección del Medioambiente y del Consejo Nórdico de Ministros. No obstante, el contenido aquí publicado no refleja necesariamente sus puntos de vista, opiniones o recomendaciones.

Ilustración | Portada | Colonización bacteriana en biosoportos. © Headworks International

AGRADECIMIENTOS

El equipo encargado del proyecto quisiera agradecer la participación de los siguientes miembros del Comité Directivo en las reuniones y su contribución a esta guía con sus comentarios y revisiones:

[Helen Klint](#) (Agencia Sueca de Protección del Medioambiente), [Nadezda Maslova](#) (Agencia Sueca de Protección del Medioambiente), [Caroline Persson Hager](#) (Agencia Noruega del Medioambiente), [Anne Christine Parborg Meaas](#) (Agencia Noruega del Medioambiente), [Kristine Von Hanno](#) (Agencia Noruega del Medioambiente), [Maria Hedenstad](#) (Agencia Noruega del Medioambiente), [Anna Karlsson](#) (Agencia Sueca para el Tratamiento de Aguas y Mares), [K. Sóley Bjarnadóttir](#) (Agencia Medioambiental de Islandia), [Hólmfríður Þorsteinsdóttir](#) (Agencia Medioambiental de Islandia), [Frank Jensen](#) (Ministro de Medioambiente de Dinamarca), [Laitinen Jyrki](#) (Instituto Finlandés del Medioambiente), [Julia Talvitie](#) (Instituto Finlandés del Medioambiente). También queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a los coordinadores del Plan de Acción Regional del Convenio OSPAR: [Jennifer Godwin](#) y [Lex Oosterbaan](#) por permitirnos presentar este trabajo en el Grupo Intersesional de Basuras Marinas (ICG-ML).

Igualmente queremos agradecer a todos los grupos de interés que contribuyeron a este trabajo compartiendo su experiencia y conocimiento sobre biosoportres:

[Raphaël Détourbe](#) (Universidad de Gotemburgo), [Aders Norskiv Stidsen](#) (Ringkøbing – Skjerne Kommune), [Regis le Quillec](#) (Agencia del Agua Loira-Bretaña), [Fabien Abad](#) (Agencia del Agua Ródano-Mediterráneo-Córcega), [Bernard Bombardi](#), [Stéphane Casella](#) y [Pierre Giacomi](#) (EDAR de Bastia), [Marie Bonnamy](#) (EDAR de Chateaufeuf Le Rouge), [Eric Bourneaud](#) (Gestión del agua – Aglomeración del País Vasco), [Adélaïde Combret](#) (SAUR), [Aurélien Brott](#) (SOCOTEC), [Jean-Sébastien Zabé](#) (Techfina), [Louise Munk](#) (Mutag Biochips), [Sofia Lind](#) (Anox Kaldnes – Veolia), [Robert Almstrand](#) (Agencia Sueca para el Tratamiento de Aguas y Mares), [Maximilan Ludtke](#) (Agencia Sueca de Protección del Medioambiente), [Asa Magnusson](#) (EDAR Gotemburgo), [Florina Lachman](#) (Vastkuststiftelsen), [Agnes Tunstad](#), [Mareike Erfeling](#) (Ministerio de Infraestructuras y Gestión del Agua de Países Bajos), y partes firmantes del Convenio OSPAR.

CONTENIDOS

1	RESUMEN	7
2	INTRODUCCIÓN	8
3	METODOLOGÍA	11
4	RECOMENDACIONES	13
4.1	Legislación europea y nacional	13
4.1.1	Medidas existentes a nivel europeo y debilidades encontradas	14
4.1.2	Recomendaciones: implementación de nuevas medidas	14
4.2	Procedimiento administrativo de autorización de vertido	16
4.2.1	Medidas existentes y debilidades encontradas	16
4.2.2	Recomendaciones: evolución del procedimiento de autorización de vertido	17
4.3	Producción, transporte, almacenamiento y manipulación	19
4.3.1	Debilidades encontradas	19
4.3.2	Recomendaciones: transporte y almacenamiento seguros	19
4.4	Seguridad de las instalaciones: identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER)	23
4.4.1	Definición de los objetivos de la IPER	23
4.4.2	Responsabilidad de la evaluación del riesgo	24
4.4.3	Metodología y contenido	24
4.4.4	Uso de la IPER	26
4.5	Diseño e instalación	28
4.5.1	Medidas existentes y debilidades encontradas relacionadas con la ingeniería de las EDAR	28
4.5.2	Recomendaciones generales	29
4.5.3	Recomendaciones: gestión del agua pluvial	29
4.5.4	Recomendaciones: ubicación de la EDAR y su entorno	30
4.5.5	Recomendaciones: ingeniería estructural	30
4.5.6	Recomendaciones: gestión de los caudales	31
4.5.7	Recomendaciones: parámetros biológicos y fisicoquímicos	32
4.5.8	Recomendaciones: equipo de retención	33
4.5.9	Recomendaciones: prevención de obstrucciones	35
4.5.10	Recomendaciones: seguridad del equipo electromecánico	35

4.5.11	Recomendaciones: métodos de mantenimiento del sistema	36
4.5.12	Recomendaciones: seguridad operacional	37
4.6	Puesta en marcha de la EDAR	39
4.6.1	Medidas existentes y debilidades encontradas	39
4.6.2	Recomendaciones: instalación	39
4.7	Funcionamiento de la estación depuradora de aguas residuales	44
4.7.1	Medidas existentes y debilidades encontradas	44
4.7.2	Recomendaciones: naturaleza del efluente	46
4.7.3	Recomendaciones: prevención del desarrollo de espumas y de bacterias filamentosas	46
4.7.4	Recomendaciones: limitar la sobreabundancia del fango	48
4.7.5	Recomendaciones: mantenimiento	49
4.7.6	Recomendaciones: formación de los operarios	50
4.8	Control de las instalaciones	52
4.8.1	Medidas existentes y debilidades encontradas	52
4.8.2	Recomendaciones: control del propietario del proyecto	52
4.8.3	Recomendaciones: supervisión de la agencia reguladora	53
4.9	Planes de emergencia	56
4.9.1	Debilidades encontradas	56
4.9.2	Recomendaciones	56
4.10	Responsabilidad medioambiental	59
4.10.1	Debilidades encontradas	59
4.10.2	Recomendaciones: principio «quien contamina paga»	59
5	PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS	60
6	CONCLUSIÓN	61
7	BIBLIOGRAFÍA	62
8	ANEXOS	65
8.1	Anexo 1	65
8.2	Anexo 2	67
8.3	Anexo 3	69

TÉRMINOS

AUDITORÍA Inspección oficial de los procesos y medidas establecidos por el centro de producción o manipulación de biosoportos para prevenir su pérdida.

BIOPELÍCULA Comunidad multicelular de microorganismos bacterianos que se adhieren unos a otros o a una superficie y que se caracteriza por la secreción de una matriz adhesiva y protectora. Generalmente se forman en el agua o en un medio acuático.

BIOSORTE Soporte plástico para el crecimiento bacteriano usado en los tratamientos biológicos de lechos fluidizados (MBBR, etc.).

CENTRO DE ALMACENAMIENTO Área que puede almacenar grandes cantidades de biosoportos durante largos periodos de tiempo. Puede estar ubicada dentro del centro de producción, en la plataforma de transporte o en la estación depuradora de aguas residuales, previo a su introducción en los tanques.

CENTRO DE PRODUCCIÓN Zona industrial donde se producen los biosoportos.

CICLO DE VIDA Secuencia de etapas desde la producción del biosORTE hasta su uso final.

DERRAME Vertido de aguas residuales sin tratar al medio natural. También puede implicar el vertido de aguas industriales sin tratar en el sistema de alcantarillado municipal.

ESTANQUE Espacio destinado al almacenamiento de efluentes durante su tratamiento, normalmente abierto.

FUGA Pérdida involuntaria de biosoportos en el medio natural.

GRUPOS DE INTERÉS Instituciones, propietarios del proyecto y subcontratas, y toda organización que participe en el ciclo de vida del biosORTE.

MANIPULACIÓN Medios usados para mover o transportar contenedores en distancias cortas, para llenar tanques o verter biosoportos.

MEDIDAS PREVENTIVAS Protocolos e instalaciones previstos para impedir la pérdida de biosoportos en el medio natural.

TANQUE Misma función que el estanque, pero normalmente cerrado.

TRANSPORTE Transporte de larga distancia entre el centro de producción y el centro de almacenamiento.

VERTIDO Emisión de aguas residuales tratadas en el medio natural.

SIGLAS / ABREVIATURAS

ANUMA Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente

DMA Directiva Marco del Agua - Directiva Europea 2000/60/CE

DMEM Directiva Marco sobre la Estrategia Marina - Directiva Europea 2008/56/CE

DTARU Directiva para el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas - Directiva Europea 91/271/CEE.

EDAR Estación depuradora de aguas residuales

GMAO Gestión de mantenimiento asistida por ordenador

IPER Identificación de peligros y evaluación de riesgos

MBBR Biorreactor de lecho móvil

ONG Organización no gubernamental

OSPAR El Convenio para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste o Convenio OSPAR es el instrumento legislativo que regula la cooperación internacional en materia de protección medioambiental en el nordeste Atlántico.

RAP ML 2 Segundo Plan de Acción Regional para la prevención y gestión de las basuras marinas.

UE Unión Europea



1 RESUMEN

Se estima que cada año entre 8 y 12 millones de toneladas de plástico acaban en el mar. Ecosistemas marinos y litorales de todo el planeta sufren la amenaza de la contaminación causada por plásticos, que resulta perjudicial tanto para especies marinas (asfixia, ingesta...), fondos marinos (deterioro del lecho marino), como para humanos, por su impacto socioeconómico.

Durante los últimos 15 años, se han observado millones de fugas al entorno marino y ribereño de biosoportes de plástico: soportes para el crecimiento bacteriano usados en algunas estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). En la mayoría de los casos, los biosoportes no se retiran del medio acuático, por lo que contribuyen al problema global de la contaminación causada por plásticos.

Para identificar el origen de dichas fugas y poder entender mejor las causas de este tipo de contaminación procedente de EDAR se realizaron diversos estudios y se analizaron 40 casos. En los países nórdicos, se han observado casos de contaminación en Suecia, Islandia, Dinamarca y Noruega. Las características físicas de los biosoportes los convierten en contaminantes con gran movilidad que tienen la capacidad de dispersarse rápidamente en el medio acuático.

La contaminación por biosoportes afecta directamente a al menos 11 de las 15 partes firmantes del Convenio OSPAR.

Las fugas de biosoportes se pueden encuadrar en dos categorías: fugas masivas puntuales (graves) y fugas difusas que se producen de manera crónica y son más difíciles de rastrear. Pueden afectar a estaciones depuradoras urbanas o industriales de todos los tamaños, sin importar su ubicación.

Por estas razones, la Agencia Sueca de Protección

del Medioambiente se ha interesado en poner fin a este tipo de contaminación por plásticos y reducir su impacto medioambiental.

El objetivo de este documento es elaborar una serie de recomendaciones que sirvan para gestionar los biosoportes de manera segura, basándose en soluciones técnicas y de gestión ya existentes que han demostrado ser efectivas, y prevenir las emisiones de biosoportes en entornos marinos y ribereños.

En la elaboración de este documento, resultó de gran utilidad mantener un enfoque global que abarcara cada etapa del ciclo de vida del biosoporte para identificar posibles mejoras en materia de producción, transporte, almacenamiento, ingeniería, funcionamiento de las instalaciones y eliminación de los biosoportes. Con el fin de garantizar la viabilidad de esta guía, se consultó a los grupos de interés representados en las diferentes etapas para conocer sus comentarios y sugerencias sobre estas buenas prácticas. Se tuvieron en cuenta una gran variedad de propuestas (desde procedimientos administrativos hasta la modernización e instalación de los equipos) para establecer una base sólida para futuras acciones preventivas y correctivas.

El presente informe también servirá para desarrollar unas políticas comunes a los países nórdicos y para identificar y hacer un seguimiento de las áreas susceptibles de mejora o que puedan estar abiertas a cooperación y colaboración en materia de contaminación por plásticos.

Ilustración | Página izquierda | Biosoportes en una playa del País Vasco. © Surfrider Foundation Europe

2 INTRODUCCIÓN

Esta guía pretende ofrecer una serie de buenas prácticas a los países nórdicos, así como asesoramiento a todos los grupos de interés, públicos o industriales, que participan en el ciclo de vida del biosoporte: desde las autoridades encargadas de conceder los permisos, hasta los operarios de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. La aplicación de estas propuestas debería contribuir a reducir el riesgo de fugas involuntarias de biosoportes a los entornos marinos y ribereños causadas por fallos de las estaciones depuradoras de aguas residuales.

BIOSOPORTES: CONTRIBUCIÓN ADICIONAL A LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS

La acumulación de plásticos en mares y costas se ha convertido en un problema mundial. Se estima que cada año entre 8 y 12 millones de toneladas de plástico acaban en el mar. El plástico está por todos lados: en aguas superficiales, en los sedimentos oceánicos profundos... y supone una amenaza para los ecosistemas marinos y litorales. Hace 15 años, se observó a lo largo de la costa norte del Atlántico una nueva forma de contaminante plástico. Se trataba de los biosoportes utilizados para mejorar la eficiencia

del tratamiento de aguas residuales. Debido a fugas involuntarias procedentes de diversos tipos de procesos de tratamiento de aguas residuales, los biosoportes acaban en el medio acuático y en la costa, donde contribuyen a la contaminación causada por los plásticos.

¿QUÉ SON LOS BIOSOPORTES?

Los biosoportes son soportes de plástico usados en las estaciones depuradoras de aguas residuales en la fase de tratamiento secundario (fase biológica). Durante esta fase, las bacterias degradan la materia orgánica y el nitrógeno, así como el fósforo¹. En este sistema de cultivo de lecho fijo, las bacterias crecen en distintos soportes para formar biopelículas. Los biosoportes, añadidos por millones a los tanques, ofrecen una superficie significativamente mayor para que crezcan las biopelículas, aumentando así la capacidad de depuración. Al mismo tiempo, la incorporación de biosoportes hace que se reduzca la cantidad de terreno necesario para albergar las instalaciones.

Dependiendo de los requisitos necesarios para el tratamiento (naturaleza y volumen del efluente,

aguas receptoras), pueden aplicarse diferentes tecnologías caracterizadas por el uso de bioportos. Las más comunes son:

- Biorreactor de lecho móvil (MBBR)
- Fango activado de película fija (IFAS)

Desde finales de los 90 del siglo pasado, se han desarrollado múltiples técnicas que emplean bioportos para garantizar la conformidad de las emisiones de aguas residuales de acuerdo a lo estipulado por la Directiva Europea para el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (DTARU). Los bioportos pueden estar fijos o fluidizados (en movimiento en la columna de agua) y pueden estar formados por diferentes materiales. Pueden ser de origen mineral, como pelotitas de barro o rocas volcánicas, o soportes sintéticos de plástico. Evidentemente, en caso de fuga la principal preocupación atañe a los soportes de plástico.

Estos son los tres tipos de soportes plásticos usados en procesos fluidizados:

►Biosoportos

Normalmente, cilindros de 1 a 5 cm, también pueden tener forma plana. Están hechos de polietileno de alta densidad (HDPE) o polietileno (PE). Se usan principalmente en los procesos tipo biorreactor de lecho móvil (MBBR).

►Biobolas

Bolas irregulares de 3 a 5 mm de polietileno (PE) y polietileno reciclado (RPE), que posiblemente incumplan las regulaciones actuales en materia de residuos plásticos peligrosos².

►Bolas de poliestireno

Bolas esféricas regulares de entre 3 y 5 mm.

¿CUÁL ES EL PROBLEMA

Un gran número de EDAR que usan los procesos tipo biorreactor de lecho móvil (MBBR) experimentan fallos que pueden ocasionar fugas de bioportos al medioambiente.



Ilustraciones | Página izquierda | Biosoportos acumulados en los márgenes del río Sena tras una fuga importante. Francia. © Renaud François | Página anterior (abajo) | Bolas de poliestireno. © Surfrider Foundation Europe | Página anterior (arriba) | Biobolas negras en la playa de Plympton (R. U.). © Claire Wallerstein

Notas | 1. Lustig, G., 2012, *Moving bed biofilm reactors (MBBR) I Suecia, Svenskt Vatten*. **2.** Turner, A., Wallerstein, C., Arnold, R., 2019, *Identification, origin and characteristics of bio-bead microplastics from beaches in western Europe, Science of The Total Environment, Volumen 664, p. 938-947*. **3.** Bautista Barrera, S., 2021, *Att stänga av kranen för marint skräp: en rapport om fyra föremål, TFM en la Universidad de Gotemburgo*.

4. Bencivengo, P., Barreau, C., Bailly, C., Verdet, F., 2018, *Wastewater filter media and pollution of aquatic environments*. **5.** Tunstad, A., 2021, *The biocarrier escape routes, Identifying leaks through a Product Chain Organisation study, TFM en Ecología Industrial, Universidad de Chalmers*.

Desde finales de 2010, se han observado en Europa emisiones masivas de biosoportes (desde varios miles hasta varios millones de piezas)³⁴⁵. Al menos 11 de los 15 países firmantes del Convenio OSPAR están directamente afectados por la contaminación causada por biosoportes (Suiza, Dinamarca, Francia, Alemania, Islandia, Países Bajos, Noruega, Portugal, España, Suecia, Reino Unido) (Anexo 1).

También se han observado otros casos difusos y crónicos de fuga al medio natural, pero la falta de información sobre los procedimientos usados por las EDAR hace que sea difícil identificar el origen de estas emisiones.

En la mayoría de los casos, los biosoportes que llegan al medio acuático no se recuperan, por lo que contribuyen al problema global de la contaminación originada por plásticos. Normalmente, acaban en las orillas o siendo ingeridos por animales marinos (tortugas, pájaros, etc.), colaborando de esta manera con la degradación de los ecosistemas.

Las propiedades físicas de los biosoportes, en particular su densidad, muy parecida a la del agua, los convierte en contaminantes con una gran movilidad y capacidad de dispersarse rápidamente en el medio acuático, con lo que son más difíciles de contener.

SOLUCIONES DISPONIBLES

La solución más eficaz en la lucha contra la contaminación por plásticos sigue siendo reducir los riesgos en origen. Esta guía cubre la totalidad del ciclo de vida del biosoporte, desde el diseño de la EDAR hasta el uso y eliminación de los biosoportes. El problema de la contaminación por biosoportes puede ser tratado desde diferentes ámbitos de actuación.

Una serie de entrevistas con los grupos de interés que participan en diferentes etapas del ciclo de vida del biosoporte sirvió para identificar las medidas necesarias para mitigar los riesgos, algunas de ellas ya implementadas y otras aún por aplicar. Dichas medidas van desde la supervisión reglamentaria hasta la modernización tecnológica, pasando por la mejora de los planes de gestión de crisis. Para conseguir el objetivo de

reducir el número de fugas de biosoportes, es esencial la movilización de todos los grupos de interés, ya que de esta manera se garantiza que se le da importancia al impacto medioambiental de este tipo de contaminación. La aplicación de medidas preventivas y la seguridad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales también suponen factores clave para la reducción efectiva del riesgo de fuga.

Las recomendaciones contenidas en este documento se centran en los biosoportes. Sin embargo, sería conveniente aplicarlas también a los tres tipos de soportes de plástico mencionados anteriormente, dada la similitud de propiedades físicas y uso.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL

El presente informe debe servir para contribuir al desarrollo de unas políticas comunes a los países nórdicos y para identificar y hacer un seguimiento de las áreas que puedan estar abiertas a cooperación y colaboración.

Responde también a la resolución 3/7 de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (ANUMA) que destaca la ambición a largo plazo de eliminar los vertidos de desechos de plástico y de microplásticos a los océanos, y al Objetivo de Desarrollo Sostenible 14.1 de la ONU.

Además, el presente documento refleja una contribución al trabajo del Convenio para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste (conocida comúnmente como Convenio OSPAR), en lo relacionado con su objetivo de desechos marinos, concretamente «para reducir de forma sustancial la cantidad de desechos marinos presentes en la zona marítima OSPAR a niveles en los que sus propiedades y cantidades no resulten nocivas para el medio marino».

Si bien en un principio esta guía está destinada a los países nórdicos, debe destacarse que, aunque cada EDAR tiene sus propias especificaciones medioambientales, el núcleo del problema es el mismo, independientemente de su ubicación. Por lo tanto, estas recomendaciones pueden ser útiles para una gran variedad de instalaciones.



3 METODOLOGÍA

Las propuestas mencionadas en el presente documento son fruto de la experiencia acumulada durante 12 años de estudio de los procesos donde se usan biosoportres, del análisis de los casos de contaminación identificados y de las entrevistas realizadas a un grupo seleccionado de partes interesadas que participan en el funcionamiento de las EDAR (Anexo 2).

El objetivo principal consistió en determinar las medidas/acciones que debían aplicarse para un uso seguro de los biosoportres a lo largo de su ciclo de vida.

La definición de las diferentes etapas del ciclo de vida que se ha optado por seleccionar tiene en cuenta todas las fases de uso de los biosoportres,

desde su fabricación en centros de producción hasta el final de su vida, ya sea accidental o controlado⁶⁷. Los procedimientos administrativos y normativos en el seno de las EDAR también se revelaron como una oportunidad para la mejora del uso de los biosoportres y las instalaciones asociadas a ellos.



Ilustraciones | Arriba (foto) | Tratamiento de fango activado en estación depuradora. © Irstea E. Cotteux | Abajo (ilustración) | Etapas del ciclo de vida del biosoportre. © Surfrider Foundation Europe

Notas | 6. Agence de la Santé et des Services Sociaux de la Montérégie (Québec), 2015, Manuel d'élaboration d'un guide de bonnes pratiques. **7.** EUNOMIA, 2019, Preventing plastic pellet loss in supply chains. Design of a supply chain approach to prevent pollution from plastic pellets. Informe para Zero Waste Scotland.

METODOLOGÍA



Las recomendaciones son el resultado de un proceso iterativo donde se realizaron diversas consultas a los diferentes grupos de interés.

→ Entrevistas y cuestionarios sobre la experiencia de los grupos de interés relacionada con el uso de biosportes ([Anexo 3](#)).

Estas son las fases atravesadas en la creación de las recomendaciones:

→ Análisis de las experiencias y de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y definición de las medidas aplicables.

→ Síntesis de información, estudios previos e informes disponibles.

→ Deliberación sobre las recomendaciones (enfoque iterativo, que incluye las nuevas recomendaciones que resultan de cada nueva conversación o entrevista).

→ Recopilación de datos e información adicionales no publicados de diferentes autoridades medioambientales y ONG con experiencia en el tema:
— Preguntas específicas en reuniones y a través de correo electrónico.

— Documentos compartidos por el Convenio OSPAR (Resumen de la información compartida por las partes firmantes del Convenio OSPAR en respuesta a la solicitud de información del 22 de junio de 2022).

Más información sobre el método en A. Tunstad 2021, *The biocarrier escape routes*, donde se describe el enfoque socio-material como una forma de recogida de datos y de análisis, de desarrollo de nuevas preguntas y de elaboración de nuevas recomendaciones como un procedimiento simultáneo donde los diferentes pasos se influyen unos a otros.

→ Identificación de los grupos de interés que participan en el ciclo de vida de los biosportes ([Anexo 2](#)).

Ilustraciones | Arriba | Proceso de iteración a largo plazo para la aplicación de las buenas prácticas.
| Abajo | Biosportes recogidos en las orillas del lago de Serre-Ponçon, Francia, 2021. © JP Coulomb
| Página derecha | Vista aérea de una EDAR. © Ivan Bandura



4 RECOMENDACIONES

El presente estudio se basa en una serie de casos observados y en testimonios recogidos durante varios meses, pero no es exhaustivo. Las instalaciones siempre serán de un modo u otro vulnerables, dada la complejidad de los ciclos de vida de los bioportos y los sistemas de aguas residuales asociados, y la continua exposición a factores ambientales a los que se ven sometidas. Teniendo en cuenta los puntos débiles identificados, observamos margen de mejora en el diseño de las instalaciones, en la forma de tratar las aguas residuales, en la formación de los operarios y de las autoridades administrativas, y en la gestión de las crisis. Para una mayor consistencia y una mejor comprensión, las recomendaciones atienden a la cronología del ciclo de vida del bioaporte y al tipo de grupo de interés.



4.1 LEGISLACIÓN EUROPEA Y NACIONAL

DESTINATARIO Autoridades nacionales

FASE Diseño del sistema / instalación

4.1.1 MEDIDAS EXISTENTES A NIVEL EUROPEO Y DEBILIDADES ENCONTRADAS

La legislación europea y nacional proporciona el marco normativo que define cómo se deben diseñar las instalaciones de saneamiento para que su impacto en el medio acuático sea mínimo. Afecta a sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, industriales e individuales. La presencia de residuos de plástico en el medioambiente se considera cada vez más un indicador del buen estado medioambiental, como indica el **descriptor 10 de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina 2008/56/CE de la UE (DMEM)** «*Desechos marinos: Las propiedades y las cantidades de desechos marinos no resultan nocivas para el medio litoral y el medio marino*». El tipo de medida implica la definición de protocolos de control que cuantifiquen e identifiquen los objetivos de reducción de desechos.

La **Directiva Marco del Agua de la UE 2000/60/CE (DMA)** no incluye los residuos de plástico entre los indicadores del buen estado ecológico de las masas de agua. Sin embargo, se ha demostrado que los cursos de agua son la principal vía de transferencia de desechos de origen continental al océano. Por lo tanto, podemos decir que existe una falta de coordinación entre la DMA y la DMEM y que esto tiene como resultado una falta de medidas preventivas apropiadas para las cuencas hidrográficas.

La **Directiva 91/271/CEE sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas**, que regula los vertidos de aguas tratadas al medioambiente, no incluye objetivos para la reducción de los residuos de plástico / microplástico y no tiene en cuenta la presencia de biosoportes de plástico en las operaciones que tienen lugar en las estaciones depuradoras.

A la luz de esta revisión regulatoria no exhaustiva, podemos afirmar que la legislación europea no da la cobertura necesaria a los biosoportes. La ausencia de un enlace en el continuo tierra-mar y la antigüedad de ciertas directivas también pueden suponer un obstáculo para la aplicación de medidas preventivas o correctivas congruentes con los problemas actuales. Además, debido a la ausencia de un claro reconocimiento legal del problema, rara

vez se aplican sanciones medioambientales.

4.1.2 RECOMENDACIONES: IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS MEDIDAS

Legislar es un mecanismo de actuación esencial que permite a las autoridades locales, regionales, nacionales y europeas definir normas y requisitos de control como umbrales de emisión, documentos técnicos para la evaluación del riesgo y procedimientos de emergencia y equipo específico que debe ser usado.

→ Adopción de medidas ambiciosas

Reforzar las medidas de prevención de fuga de biosoportes al medio acuático mediante la legislación europea y nacional. En particular, la Directiva para el Tratamiento de Aguas Residuales debería considerar los biosoportes como un posible riesgo medioambiental.

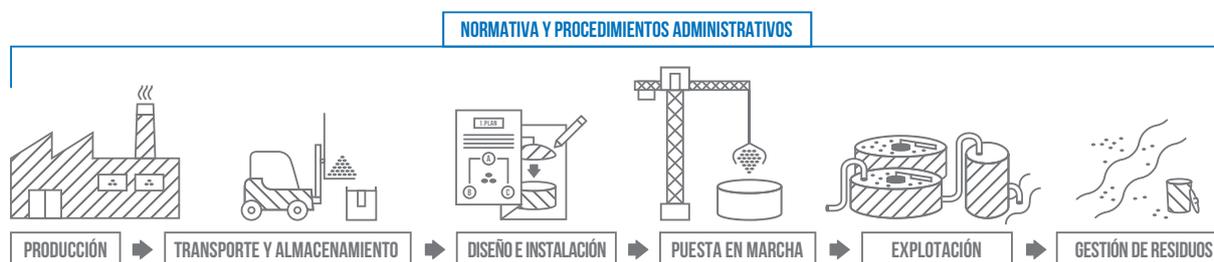
Incorporación de los residuos plásticos como indicadores del buen estado ecológico de las aguas contempladas por la DMA.

Tener en cuenta las rutas de transporte de origen continental y asegurar el continuo tierra-mar de acuerdo a lo previsto por la DMEM.

Ilustración | Abajo | Recogida de biosoportes tras una fuga en Vindafjord, Noruega, 2018. © R.R.



4.2 PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO DE AUTORIZACIÓN DE VERTIDO



DESTINATARIO Autoridades reguladoras
FASE Instalación del sistema

sobre los procesos biológicos (por ejemplo, tipo y volumen de los biosoportes utilizados) en una base de datos central y no es fácil acceder a los datos sobre los sistemas industriales o particulares.

4.2.1 MEDIDAS EXISTENTES Y DEBILIDADES ENCONTRADAS

Con el fin de garantizar la efectividad del tratamiento de los efluentes previo a su vertido al cuerpo receptor, las aguas residuales procedentes de núcleos con una población equivalente de 2000 habitantes o superior, y todas las aguas residuales industriales, deben cumplir con la legislación nacional/europea.

Cuando se crea o se pone al día un sistema de tratamiento de aguas residuales, debe extenderse un permiso de vertido al medioambiente. Las solicitudes de vertido deben dirigirse a las correspondientes agencias gubernamentales. Dependiendo del tamaño y del tipo de instalación, puede haber implicados diferentes departamentos con un ámbito de intervención local, regional o nacional.

→ Actualmente, las autoridades responsables de autorizar las descargas al medioambiente solo reciben información general sobre los procesos de tratamiento biológico (efluentes a tratar, procesos generales, capacidad de tratamiento...).

→ Las autoridades responsables de aprobar las solicitudes de estaciones depuradoras de aguas residuales no siempre cuentan con la formación adecuada para analizar las características técnicas de los sistemas de tratamiento de aguas residuales a instalar.

→ No se recoge la información sobre las características de las estaciones depuradoras ni la información

En países como Suecia⁸, Noruega o Francia, es necesaria una evaluación de los riesgos y la sostenibilidad de la EDAR como parte del proceso de obtención del permiso. El presente documento tiene por misión evaluar los riesgos relacionados con los sistemas en sí mismos, pero no cubre los posibles riesgos relativos a los procesos de biorreactores de lecho móvil.

Sin embargo, no es obligatorio informar del uso de soportes de plástico, como lo son los biosoportes donde crecen biopelículas, durante el tratamiento biológico. El objetivo principal del permiso de vertido es garantizar que los efluentes tratados cumplen con la legislación (europea o nacional) y no incluyen la contaminación por plásticos como un indicador de la calidad del agua.

4.2.2 RECOMENDACIONES: EVOLUCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE AUTORIZACIÓN DE VERTIDO

Una de las primeras medidas podría ser considerar los biosoportes como un peligro potencial para el medioambiente en caso de fuga.

► **Formar a las autoridades encargadas de conceder los permisos de vertido**

→ Informar a las autoridades competentes de los riesgos asociados a los biosoportes para que puedan evaluar con datos en la mano la solicitud de la EDAR desde un primer momento. De esta manera podrán garantizar que se adoptan medidas de prevención de riesgos.

Notas | 8. Agencia Sueca de Protección del Medioambiente, 2017, Swedish Environmental Law: An introduction to the Swedish legal system for environmental protection, Informe 6790

►Requisitos adicionales

→ [Informe de las tecnologías usadas](#) para el tratamiento biológico de las aguas residuales por parte de los fabricantes u operarios de las EDAR, incluyendo, si es necesario, el tipo y volumen de biosoportes de plástico.

→ [Descripción de los dispositivos de retención usados](#) para prevenir la fuga de biosoportes tanto dentro de la instalación como al medio acuático, e incorporación de medidas de supervisión en el autocontrol de los operarios.

►Requerir a las EDAR una identificación de peligros y evaluación de riesgos

→ [La aprobación de un permiso de vertido](#) por parte de las autoridades competentes debe estar condicionado a una Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER) de un sistema particular.

El objetivo de la IPER para cada estación es evaluar la fiabilidad de las instalaciones en términos

de cumplimiento de sus objetivos de recogida y tratamiento de aguas residuales. Permite sobre todo la identificación de las estructuras/equipo que pueden suponer un riesgo para el buen funcionamiento del sistema, y por ende de la calidad de los vertidos y del cuerpo receptor. También incluye medidas relevantes y sostenibles para el control y gestión de estos riesgos.

→ [Los organismos instructores](#) deberán garantizar que se integran a la IPER dos puntos esenciales:

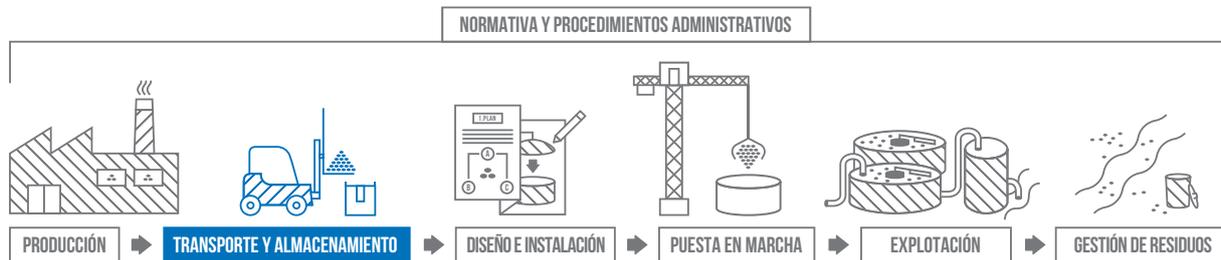
- Los biosoportes deben ser considerados un peligro potencial para el medioambiente.
- La identificación de las medidas preventivas necesarias para minimizar los riesgos y estar mejor preparados en caso de incidente.

La IPER es un documento clave que debe acompañar a la EDAR a lo largo de su vida operacional y por lo tanto es esencial que esté correctamente elaborado. *Ver apartado 4.4 para más información sobre cómo elaborar una IPER.*



Ilustración | Arriba | Contenido del estómago de una tortuga marina, 2021. © G. Darmon y D. Gambaiani

4.3 PRODUCCIÓN, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN



DESTINATARIO Fabricantes de bioportos

FASE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

riesgos (prevención de fugas y contención de derrames) y recuperar bioportos perdidos en los centros de producción, almacenamiento y uso.

4.3.1 DEBILIDADES ENCONTRADAS

Existe muy poca información sobre las precauciones que se toman durante la fase de producción del bioportador. Las recomendaciones para esta etapa del ciclo de vida se basan simplemente en aplicar el sentido común y extrapolar las similitudes con las fábricas de producción de pélets de plástico⁹¹⁰.

Se observó que los desagües no estaban lo suficientemente preparados para evitar que se filtraran plásticos. Se identificó en repetidas ocasiones el almacenamiento exterior sin supervisión como causa de fuga de bioportos al medio natural.

4.3.2 RECOMENDACIONES: TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO SEGUROS

Las siguientes recomendaciones se centran en las etapas iniciales del ciclo de vida del bioportador, anteriores a su introducción en los tanques de tratamiento de aguas residuales.

La mayoría de las fábricas se encuentran en Asia, aunque algunas compañías también fabrican sus portos en Europa, por lo que es posible implementar a nivel europeo una gestión más segura de los bioportos, que vaya desde su producción hasta el final de su vida.

Se identificaron dos tipos de medidas útiles para reducir y eliminar pérdidas de bioportos en las fábricas durante su transporte y almacenamiento: las preventivas y las correctivas. Se le debe dar prioridad a las medidas preventivas para reducir

►Diseño de los centros de producción y almacenamiento

→ Equipar los centros de producción y almacenamiento con suelos lisos para una mejor limpieza de las superficies en caso de incidente. Se deben evitar los suelos no firmes y permeables, como la gravilla.

→ Instalar tamices y rejillas extraíbles en los puntos de evacuación de agua que detengan y recojan los bioportos en caso de derrame. Estas protecciones deben ser fácilmente accesibles y fáciles de instalar.

►Condiciones de almacenamiento

→ Almacenar los bioportos en contenedores resistentes que no sean proclives al deterioro o a la ruptura durante su manipulación. Tanto sacos grandes como otros más pequeños (100 l) pueden ser buena opción.

→ Son preferibles los sacos con ojales y asas que puedan ser manipulados con grúas y cables para garantizar una mayor estabilidad. Este tipo de sacos deberían proporcionar un mayor control durante el llenado de los tanques con bioportos.

→ Evitar embalajes sensibles a la luz solar o al agua. Los rayos UV pueden deteriorar gravemente los materiales (sobre todo los plásticos), por lo que se recomienda almacenar los bioportos en un lugar resguardado. En caso de que se almacenen en el exterior, se recomienda cubrir los sacos con una lona protectora que esté bien asegurada.

Notes | 9. OSPAR Commission, 2021, OSPAR Guidelines in support of Recommendation 2021/06 on the reduction of plastic pellet loss into the marine environment. **10.** OSPAR Commission, 2018, OSPAR Background Document on Pre-production Plastic Pellets.

→ **Procurar usar contenedores adecuados y sellados** durante las fases de transporte y almacenamiento del biosoporte y comprobar la integridad del contenedor en cada una de estas fases.

→ **Mantener los biosoportes alejados de zonas propicias a peligros naturales.** Preferiblemente en edificios cerrados y no en zonas al aire libre. Si por cualquier motivo resultase necesario su almacenamiento en zonas con riesgo de inundación, este no deberá superar las dos semanas y deberá contar con un control especial, con comprobaciones diarias de los partes meteorológicos y del riesgo de inundación.

→ **Planificar la distribución de los biosoportes** antes de su introducción en los tanques para evitar periodos de almacenamiento prolongados en la estación depuradora. Deben pasar el menor tiempo posible almacenados en el suelo.

►Manipulación

→ En el centro de producción, **se debe emplear un dispositivo neumático** para llenar los sacos de biosoportes de una manera más precisa y sin riesgo de derrame.

→ **Debe reducirse al mínimo la manipulación y el transporte de biosoportes** a lo largo de la cadena de suministro.

►Llenado de tanques con biosoportes

→ **Cuando se carguen los tanques con biosoportes, deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:**

- Hacerlo preferiblemente en un día sin viento.
- Usar equipos de manipulación estables y apropiados.
- No transferir los biosoportes a un tanque que ya está lleno.

►Formación de los responsables y del personal

→ **Formar al personal en labores de buen ensacado,** manipulación, almacenamiento, contención y recuperación de derrames.

→ **Formar al personal en gestión de crisis.**

►Plan de emergencia en el centro de producción

En relación con el riesgo de derrame en el centro de producción o almacenamiento:

→ **Añadir el riesgo de derrame** de biosoportes a los planes de emergencia ya existentes.

→ **Equipar los centros de producción y almacenamiento** con equipos de contención y limpieza, como

aspiradoras industriales y tanques de recuperación de reserva, para facilitar a los responsables de las instalaciones una rápida y fácil recuperación de los contenedores dañados o derrames menores en la zona de trabajo.

→ **Establecer una lista de medidas prioritarias** en caso de incidente con biosoportes para contener el derrame en el centro de producción o almacenamiento.

→ **Informar de los derrames** en la zona de producción/almacenamiento a los responsables de seguridad de la compañía.

En caso de derrame al medioambiente:

→ **Cartografiar los ríos y cuerpos de agua cercanos,** así como sus cuencas, para identificar las presas y las zonas donde se pueden colocar diques temporales (consultar mapas y procedimientos existentes en caso de contaminación por hidrocarburos, residuos flotantes, etc.).

→ **Informar de las pérdidas de biosoportes** lo antes posible para aplicar las correspondientes medidas de contención y limpieza tanto en el centro de producción o almacenamiento como en su entorno cercano.

→ **Informar a las autoridades medioambientales locales** de las pérdidas de biosoportes en el entorno inmediato a las instalaciones de la compañía.

►Control

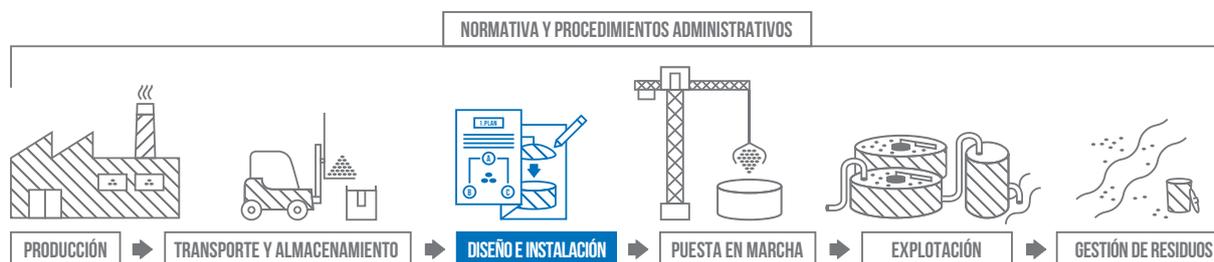
→ **Garantizar la conformidad de las instalaciones.**

Todas las compañías que formen parte de la cadena de suministro deben dar cuenta en auditorías periódicas de los procedimientos de prevención, contención y limpieza existentes en sus instalaciones.



Ilustración | Arriba | Transporte y almacenamiento de sacos a granel de biosoportes. © R.R.

4.4 SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS (IPER)



DESTINATARIO Cliente o responsable del proyecto

FASE Diseño de la EDAR

4.4.1 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA IPER

Se debe analizar cada función de la cadena de tratamiento de efluentes donde exista riesgo de pérdida de bioportos para realizar un inventario de las posibles fallos o averías, de origen material o humano, y sus consecuencias, e identificar aquellas que podrían afectar de manera significativa al sistema y por consecuencia, al cuerpo receptor ¹¹.

Los objetivos del IPER son:

- Catálogo del equipo y las intervenciones que podrían causar mal funcionamiento.
- Análisis del impacto de los periodos de mantenimiento y de las reparaciones que requieran una gran intervención.
- Propuesta de acciones correctivas adaptadas a cada escenario: relacionadas con la arquitectura funcional ; especificaciones particulares de los equipos ; sistemas de detección y alerta.
- Lista de las piezas de repuesto necesarias o disponibilidad de piezas de repuesto fuera del centro.
- Organización y programación de la política de mantenimiento.

A las instalaciones ya existentes les da la oportunidad de revisar el historial de averías del centro

y desarrollar recomendaciones que sirvan para evitar su repetición o mitigar sus efectos.

A las nuevas instalaciones les permite integrar las cuestiones de fiabilidad en la etapa de diseño e introducirlas en las operaciones en curso. Los contenidos del análisis deben adaptarse al sistema y ser proporcionales a las posibles consecuencias en caso de avería, integrando los problemas y la vulnerabilidad del cuerpo receptor ¹².

Se puede crear una versión operacional fácil de consultar que se pueda utilizar de manera cotidiana, en forma de fichas de procedimientos distribuidas al personal de operaciones, por ejemplo.

4.4.2 RESPONSABILIDAD DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO

La responsabilidad de la evaluación del riesgo recae sobre el propietario de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El análisis lo puede realizar el propietario de la EDAR, el diseñador de la EDAR o un contratista externo. Siempre que sea posible, debe realizarse antes de la puesta en servicio de la estación. El diseñador puede encargarse del informe, ya que conoce las debilidades del sistema y puede dar las garantías necesarias.

Si se trata de una instalación ya existente, el análisis (o su actualización) puede llevarlo a cabo el propietario o delegarlo al operario o a una empresa consultora especializada. No obstante, es preferible que la IPER la realice una consultoría especializada para tener una evaluación externa de la EDAR y de los riesgos presentes.

Notas | **11.** Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE), 2021, *Analyse des risques de défaillance, Note de cadrage*. **12.** Zabe, J.S., 2018, *Reliability of the start-up stage of an activated sludge treatment plant. Engineering Sciences [Physics]*.

4.4.3 METODOLOGÍA Y CONTENIDO

Los fallos o averías más propensas a producirse y ocasionar una fuga de biosoportes al medio natural pueden identificarse realizando un estudio del sistema de tratamiento de aguas residuales desde un punto de vista funcional o teniendo en consideración las estructuras y los equipos esenciales. Se pueden usar varios métodos, como el AMFE (análisis modal de fallos y efectos) o el AFO (análisis funcional de operatividad).

Es esencial contar con tablas de evaluación que tengan en cuenta la frecuencia y gravedad para determinar el índice de riesgo asociado a cada parámetro. La armonización de estas tablas puede ayudar a los propietarios de un proyecto o a la autoridad encargada de conceder un permiso a aplicar y examinar dichos documentos.

¿Cuáles son las principales averías a tener en cuenta?

Para poder determinar el nivel de riesgo que presenta una avería, es conveniente utilizar un sistema de calificación que establezca una jerarquía de riesgos que tenga en cuenta lo siguiente:

- La frecuencia de la avería.
- La gravedad de la avería (o sus consecuencias).
- También puede incluirse la facilidad de detección de la avería.

Cuando se cree un sistema de calificación, habrá que tener en cuenta los siguientes principios:

— Todo derrame, grande o pequeño, que se produzca de manera muy frecuente (a definir tras consulta con la agencia local o nacional del agua) debe tener como resultado una calificación inaceptable. La definición de la frecuencia se tendrá que basar en la experiencia del operario y en el análisis de la información disponible (registros de funcionamiento, informes de accidentes, registros de control, etc.).

— La combinación de gravedad y frecuencia permite graduar de manera precisa el riesgo en una amplia escala y diferenciar los incidentes de acuerdo a su nivel de riesgo.

— Sea cual sea el sistema de calificación elegido para la EDAR, es importante mantener el mismo modelo a lo largo del tiempo para que se puedan priorizar los cambios y asegurar su control temporal.

¿Qué debe contener la IPER?

— Una descripción de la metodología usada para

el estudio (método y tablas de calificación, etc.).

— El objetivo del estudio (descripción del sistema / red) y exclusiones justificadas.

— Una lista de la gente que participa en el estudio.

— Un resumen de los riesgos identificados (con una jerarquía que se corresponda con la calificación), que destaque sobre todo los puntos débiles: los equipos o instalaciones más críticos.

— Un resumen de las recomendaciones al final del estudio (con una jerarquía relacionada con los riesgos presentes) de las disposiciones y los dispositivos técnicos, humanos y organizativos que contribuyen al control del riesgo de fallos, respecto a: instrumentación y automatización: incorporación de sensores, medidores del nivel de seguridad, alarmas de umbral bajo/alto, y cualquier instrumentación que permita un control remoto de las instalaciones.

— Equipos: cambios o modificaciones de equipos críticos como duplicado de bombas, instalación de aliviaderos y almacenamiento de equipos de emergencia o piezas de repuesto.

— Instrucciones operativas que describan los procedimientos a seguir según el fallo. Aquí se puede incluir la elección del suministro eléctrico de emergencia, instrucciones para el cambio de equipos dañados, desvío de caudales, a quién notificar en caso de emergencia, etc.

La priorización de las recomendaciones puede llevarse a cabo de acuerdo a los siguientes principios:

→ **Ponderación de la recomendación sobre reducción de riesgos.** Algunas recomendaciones son susceptibles de reducir la frecuencia/probabilidad de accidentes o de sus consecuencias. Por lo tanto, deben priorizarse las recomendaciones que reduzcan los riesgos más críticos.

→ **Eficacia de las medidas de prevención y protección.** Es práctica habitual clasificar la eficacia de una medida según el orden siguiente, de más a menos eficaz:

— Eliminar el peligro (dejar de usar un producto o equipo).

— Sustituir el peligro con un peligro menor.

— Reducir riesgos en origen modificando el diseño de un proceso o de los parámetros operacionales para adaptarlos a un mejor mantenimiento, por ejemplo.

→ **Medidas organizativas y de gestión** (sensibilización, formación, modificación de los métodos de trabajo y de supervisión, planificación y organización de las tareas, señalización, etc.).

→ **Relación coste/beneficio esperado**: el análisis de riesgos no tiene por objetivo introducir medidas desproporcionadas y costosas, sino garantizar que las principales deficiencias son subsanadas de manera adecuada.

El enfoque coste/beneficio debe permitir priorizar las recomendaciones teniendo en cuenta los medios y los recursos disponibles, así como los factores económicos asociados.

4.4.4 USO DE LA IPER

► **Desde la perspectiva de las autoridades encargadas de conceder los permisos**

→ **Hacer de la IPER un documento oficial** que se envíe a las autoridades encargadas de conceder los permisos permitirá controlar los riesgos de manera más férrea desde las primeras etapas del proyecto. El examen de las autoridades competentes también deberá permitir, dependiendo de los resultados, solicitar suministros, equipos, o software adicionales que sean apropiados y proporcionales a los riesgos identificados.

Este requisito administrativo puede aportar ventajas significativas a los sistemas de tratamiento de aguas residuales y podría mejorar la gestión de las situaciones críticas.

► **Desde la perspectiva del diseñador u operario de la EDAR**

Si se tratase de una instalación nueva, la IPER permitiría aprobar o modificar ciertas decisiones de diseño.

Si se tratase de instalaciones ya existentes, el análisis de riesgos desembocaría en un plan para la mejora de la situación actual.

Nota: Los cambios organizativos o técnicos durante la vida de un sistema pueden incidir en la IPER y sus conclusiones. Todo cambio significativo debe ser objeto de actualización¹³.



Ilustración | Arriba | Biosoportos encontrados en una playa en Córcega, Francia, 2018. © Mare Vivu

Notas | 13. Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE), 2020, Implementación del diagnóstico permanente.

4.5 DISEÑO E INSTALACIÓN



DESTINATARIO Propietario u operarios

FASE Diseño e instalación de la edar

4.5.1 MEDIDAS EXISTENTES Y DEBILIDADES ENCONTRADAS RELACIONADAS CON LA INGENIERÍA DE LAS EDAR

La depuración de aguas residuales urbanas consiste en una serie de acciones físicas, biológicas y químicas que se realizan para recoger y transportar efluentes urbanos líquidos a una estación depuradora, para después eliminar o reducir la contaminación presente. Por lo tanto, de lo que se trata es de garantizar que tienen lugar unas operaciones sobre un caudal de entrada para producir uno o más caudales de salida *(véase el diagrama de la página siguiente)*:

- Recogida y almacenamiento de los efluentes.
- Tratamiento primario (criba, desarenado, desengrasado).
- Tratamiento secundario (tanque de aireación, MBBR).
- Tratamiento terciario (físicoquímico).
- Tratamiento cuaternario (eliminación de otras moléculas químicas y de las bacterias fecales).

Las elecciones de diseño en una EDAR que use biosoportes deben tener como objetivo cumplir con dos conjuntos de parámetros básicos y evitar la fuga de biosoportes:

- **Mantener unas condiciones fisicoquímicas óptimas para el correcto desarrollo de los fangos activados.**
- **Garantizar la fiabilidad de las instalaciones, procesos y equipos necesarios para mantener los biosoportes dentro de los tanques.**

Las acciones aguas arriba del tanque contenedor de biosoportes afectan al buen funcionamiento de la tecnología y, por consiguiente, a la capacidad

de retención de biosoportes de los tanques o reactores. Las acciones aguas abajo del reactor de lecho fluidizado pueden verse afectadas por la fuga de biosoportes del tanque. Por lo tanto, las pérdidas de biosoportes en las EDAR son, por lo general, resultado de una serie de incidentes menores que llevan a un fallo más grave.

- Los fallos pueden estar ligados, entre otras cosas, a:
- El aporte considerable de aguas pluviales.
 - La mezcla de efluentes.
 - La aireación del tratamiento biológico.
 - Los sensores (O₂, nivel de agua, etc.).
 - Las medidas de retención (falta de tamices o mallas).
 - La estructura de los tanques (tipos de materiales).
 - Las bombas (dimensionado, bombas de emergencia, etc.).

Por lo tanto, es importante incorporar medidas de protección que tengan en cuenta todas las operaciones de depuración de la instalación.

4.5.2 RECOMENDACIONES GENERALES

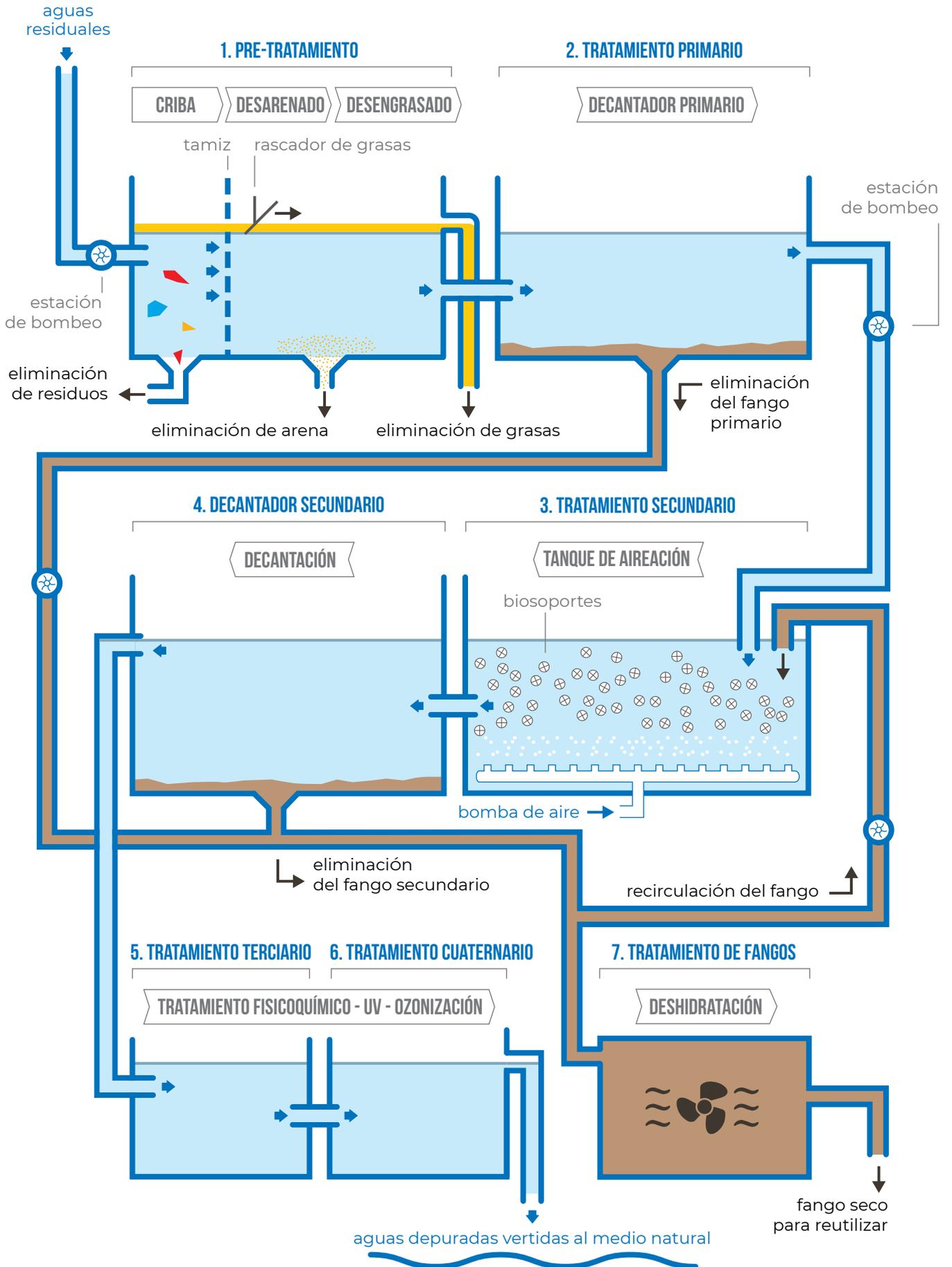
En este contexto, todas las averías identificadas que provoquen una fuga de biosoportes deben ser previstas en la etapa de diseño. Algunas recomendaciones van más allá del objetivo de los tratamientos biológicos o no son específicas de los sistemas MBBR, pero como hemos visto anteriormente, los problemas relacionados con otras etapas del sistema pueden producir pérdidas de biosoportes.

En las recomendaciones se abordarán los siguientes temas:

- Requisitos de calidad estrictos en lo que concierne a la ingeniería civil.
- Dimensionado adecuado de la ventilación y

*Ilustración | Página derecha | Fases del tratamiento en una EDAR que utiliza biosoportes.
© Surfrider Europe*

DISEÑO E INSTALACIÓN



los mezcladores.

- Gestión global de los caudales, incluidas las redes de saneamiento.
- Protección de los caudales de salida.
- Mantenimiento sencillo que permita controlar los biosoportos en todo momento.
- Formación adecuada para una buena transferencia de conocimientos de diseñador a operario.

Los propietarios y los gestores del proyecto deben garantizar que el operario de la EDAR pueda controlar estos parámetros. El operario debe prevenir y controlar los riesgos de avería teniendo en cuenta la evolución de las dificultades medioambientales, técnicas y fisicoquímicas a lo largo del tiempo. Esto implica la correcta transferencia de información y competencias mediante una formación continua del personal, de los planes de suministro y de las instrucciones adaptadas a cada instalación.

4.5.3 RECOMENDACIONES:



Ilustraciones | Arriba | Malla sobre el estanque de una piscifactoría © Surfrider Foundation Europe

GESTIÓN DEL AGUA PLUVIAL

Reducir el agua pluvial recogida en los sistemas de alcantarillado combinados es esencial para limitar los picos que puedan saturar las estaciones depuradoras¹⁴.

Esto puede implementarse a escala de las cuencas hidrográficas y dentro de la red de saneamiento:

► Separar la recogida de agua de lluvia y de agua de uso doméstico

→ Favorecer las redes separadas para garantizar un tratamiento óptimo de las aguas procedentes de uso doméstico en caso de fuertes lluvias.

► Desarrollo de planes de gestión de aguas pluviales

→ Aumentar la permeabilidad de las ciudades creando más espacios verdes, canalizaciones o tejados verdes para dirigir el agua directamente al suelo.

→ Crear tanques naturales de tormentas o tanques subterráneos de reserva en la red de saneamiento.

4.5.4 RECOMENDACIONES: UBICACIÓN DE LA EDAR Y SU ENTORNO

Ciertos disruptores de carácter externo pueden tener un impacto sobre la integridad de la EDAR y por consiguiente sobre el funcionamiento de la instalación. Deben tomarse precauciones en lo referente a:

► Protección frente a desastres naturales

→ Instalar pararrayos para prevenir daños a los sistemas eléctricos y de control.

→ Evitar construir en zonas proclives a las inundaciones. Si no fuera posible, los equipos eléctricos o los centros de control deberán estar en altura. También se deben tomar medidas para bombear o evacuar agua en caso de inundación.

→ Realizar estudios geotécnicos para garantizar la resistencia de los edificios y confirmar la capacidad de carga que posee el suelo para soportar las estructuras.

► Actos maliciosos

→ Instalar sistemas de alarma contra intrusos.

→ Garantizar la ciberseguridad de las herramientas

Notas | 14. Groupe de Recherche, Animation Technique et Information sur l'Eau (GRAIE), 2020, *Opérations exemplaires pour la gestion des eaux pluviales*. **15.** Castanie, S., 2016, *Mise en service de la station d'épuration d'Ota Porto, TFM en Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Estrasburgo*.

de gestión y de control de la EDAR.

►Características de la naturaleza circundante

→ Evitar instalar estanques abiertos cerca de árboles de hoja caduca para prevenir que estas interfieran con los procesos biológicos o atasquen las tuberías y los sistemas de bombeo.

4.5.5 RECOMENDACIONES: INGENIERÍA ESTRUCTURAL

→ Dar prioridad a instalaciones cerradas para las nuevas construcciones.

→ Prevenir la instalación de escotillas de acceso rápido para facilitar el mantenimiento del equipo de ventilación y de las rejillas dentro del tanque¹⁵.

→ Fabricar los revestimientos internos de los tanques lo más lisos posible. Esto impedirá la acumulación de materia orgánica y la aparición de zonas de estancamiento en los efluentes que favorezcan el desarrollo de bacterias filamentosas.

→ Instalar un suelo liso alrededor de los estanques que permita una limpieza rápida y mecánica de las superficies en caso de fuga. El material del suelo debe proporcionar tracción y se debe evitar el uso de gravilla.

→ Elevar la altura de las paredes de los estanques (tanques abiertos) que contengan biosoportos.

→ Equipar el perímetro de los tanques con tamices de malla fina que capturen los biosoportos en caso de desbordamiento o de formación de espuma.

4.5.6 RECOMENDACIONES: GESTIÓN DE LOS CAUDALES

►Velocidad de flujo

Los parámetros que favorecen el desarrollo de bacterias filamentosas que pueden llegar a superar a las bacterias depuradoras son una alta concentración de efluentes y una baja velocidad de flujo combinadas con una baja aireación. Este fenómeno se observa sobre todo en redes de saneamiento largas con un desnivel bajo.

→ Mantener un caudal suficiente en el sistema de recogida para evitar la formación de sulfuro de hidrógeno. Pueden instalarse depuradoras de sulfuro de hidrógeno (incorporación de oxidantes y sales metálicas) en los colectores.

►Tanque búfer

Puede resultar necesario reequilibrar el pH, las materias en suspensión, las concentraciones de fósforo y nitrógeno de los efluentes industriales, o eliminar las moléculas que interfieran en el funcionamiento del tratamiento biológico.

→ Disponer un tanque búfer para diluir, airear o añadir reactivos. Dicho tanque debe poder vaciarse por completo y debe estar equipado con un pozo de bombeo.

►Diseño de las estaciones elevadoras

Un mal diseño de las estaciones de elevación de aguas residuales puede crear zonas de decantación favorables al crecimiento de bacterias anaerobias filamentosas. Para evitar esta situación, se recomienda:

→ Ubicar la bomba en el punto más bajo para evitar la acumulación de materia orgánica.

→ Proporcionar la pendiente suficiente en el fondo del tanque para dirigir las aguas residuales hacia la zona de bombeo.

→ Mezclar lo suficiente para prevenir la formación de depósitos.

→ Es necesario asegurarse de que las paredes del tanque no presentan rugosidades que favorezcan un crecimiento bacteriano no deseado.

►Rebosadero de tormentas

→ Instalar un tanque o estanque de tormentas aguas
Instalar un tanque o estanque de tormentas aguas.

Debe ubicarse o en la red de saneamiento o a la entrada de la estación depuradora. Este tipo de instalación permite el almacenamiento de los excesos de efluentes que tienen lugar los días de lluvia y evita los desbordamientos o derrames en la EDAR. También juega un papel fundamental en la descontaminación, ya que permite el cribado de sólidos y una decantación suplementaria de la materia suspendida durante el almacenamiento.

►Rebosadero de tormentas

→ Equipar la estación con un sistema de bypass para mantener un caudal constante en caso de grandes caudales de entrada y para regular el caudal sin poner en peligro el proceso de tratamiento. Los sistemas manuales/mecánicos deberán poder activarse en caso de fallo eléctrico y garantizar la posibilidad de descarga si fuera necesario.

►Reactores en serie o en paralelo

→ En las instalaciones más grandes, es preferible contar con reactores en serie o en paralelo en vez de un único tanque. Esta configuración permite abordar mejor las posibles variaciones en la carga, por ejemplo, en zonas turísticas. También permite mantener algunos reactores en modo de espera con fases de baja aireación cuando no sea necesario emplear la capacidad total de tratamiento de la instalación y posibilita una gran capacidad de tratamiento durante los picos.

►Bombas de emergencia

→ A lo largo del sistema, se pueden activar bombas secundarias para aumentar las tasas de flujo admitidas (sin exceder la capacidad del sistema aguas abajo). También funcionan como bombas de emergencia en caso de que la bomba principal falle.

►Válvula antirretorno

→ Equipar la salida al medio natural con una válvula antirretorno que impida al agua entrar a la depuradora en caso de inundaciones.

4.5.7 RECOMENDACIONES: PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS

►Ventilación

Los tanques biológicos se airean para mantener en suspensión los biosoportes y así mejorar el contacto fango/efluente y favorecer el desarrollo de biopelículas bacterianas. La baja ventilación es uno de los principales factores que desencadenan o agravan los fallos biológicos. Por lo tanto, es importante asegurarse de que el equipo de aireación está dimensionado de forma correcta (potencia de compresores, distribución de soplantes, etc.).

→ Adaptar el caudal de aire a los volúmenes a ventilar.

→ Evitar zonas muertas y la formación de depósitos con una distribución apropiada de los difusores.

→ Incluir un reactivo descalcificante en la entrada de suministro de los soplantes.

→ Evitar una baja ventilación o parones prolongados sin ventilación (superiores a dos horas) que puedan aumentar el riesgo de desbordamiento.

→ Adaptar el número de sensores de oxígeno disuelto a la estructura y caudal del sistema.

→ Doblar el número de sondas de oxígeno para

garantizar las mediciones en caso de fallo electromecánico u obstrucción causada por fangos o espumas.

→ Disponer una zona de desgasificación entre el reactor biológico y el decantador para facilitar la eliminación de burbujas de aire y mejorar la recuperación de fangos extraíbles.

►Mezclado

La colocación incorrecta de los agitadores en el tanque (ángulo, profundidad) o la presencia de obstáculos (guías laterales para los difusores, canales transversales, etc.) pueden afectar negativamente a su eficiencia y crear movimientos hidráulicos contrarios a los deseados. Por lo tanto, es necesario:

→ Garantizar un mezclado mecánico optimizando la colocación de los agitadores en el tanque (ángulo, profundidad, etc.) y eliminando los obstáculos (guías laterales para los difusores, canales transversales, etc.).

→ Disponer un agitador de repuesto en caso de fallo electromecánico del sistema principal.

4.5.8 RECOMENDACIONES: EQUIPO DE RETENCIÓN

►Diseño de tanques cerrados en construcciones nuevas

→ Si se producen mejoras de las instalaciones, los desagües y los estanques que contengan biosoportes deberán estar equipados con rejillas con una malla de tamaño inferior al de los biosoportes.

→ Instalar cuellos de cisne o válvulas antirretorno en las tuberías de entrada de efluentes puede ayudar a prevenir el refluo de biosoportes en caso de que aumente el nivel de agua.

→ Si se trata de un sistema nuevo, el caudal de entrada puede verse directamente desde la parte superior del tanque, que estará orientada hacia abajo, para prevenir que los biosoportes entren en las tuberías. Este tipo de instalación requiere un menor mantenimiento que las rejillas / mallas, que suelen obstruirse más.

►Filtros de retención

→ Asegurarse de que todos los caudales de entrada y salida de los reactores que contengan biosoportes están equipados con sistemas de retención (filtros, válvulas antirretorno, cuellos de cisne, etc.) que posean unas mallas de un tamaño acorde a la geometría del biosoporte. Instalar bar-

reras físicas en las aberturas para impedir el paso de biosoportos.

→ **Se deben instalar barreras físicas en las aberturas para impedir escapes.** El principio del proceso MBBR se basa en el uso de soportes bacterianos que se encuentran en movimiento dentro de la columna de agua. Se deben realizar esfuerzos dirigidos a garantizar que estos biosoportos permanecen en los tanques donde purifican los efluentes.

La instalación de estos dispositivos de protección también debería impedir que los biosoportos, en caso de mal funcionamiento del bombeo, fueran transportados aguas arriba de la EDAR.

→ **Añadir tamices** en el caudal de la bomba de aguas residuales que conecta con el MBBR para, en caso de inversión accidental del bombeo, impedir la transferencia de biosoportos del reactor a la estación elevadora.

→ **Hacer lo mismo con los siguientes circuitos:**

- Escapes de aire.
- Mangueras de adición de reactivos.
- Sistema de eliminación de fangos.

→ **Añadir múltiples tornillos** o soldar a lo largo del equipo de protección y no colocar solo unos cuantos puntos de anclaje sueltos que puedan causar debilidad estructural y acabar por romperse, permitiendo la fuga de biosoportos.

→ **Instalar filtros** o rejillas en todas las desagües.

De esta manera, se podrán recuperar los biosoportos en caso de derrame sobre el suelo de la depuradora. Estos filtros deben ser fáciles de revisar y mantener para evitar obstrucciones.

4.5.9 RECOMENDACIONES: PREVENCIÓN DE OBSTRUCCIONES

La acumulación de biosoportos en las rejillas de protección limita el caudal, aumentando por consiguiente el volumen de líquido en el tanque, lo que puede ocasionar un desbordamiento¹⁶. Por lo tanto, es esencial limitar este fenómeno.

→ **Instalar manómetros** que permitan verificar que las vías de entrada de aire no están bloquea-

das y funcionan correctamente.

► **Mecanismos para evitar obstrucciones**

→ **Se pueden evitar obstrucciones inyectando agua o aire a presión** sobre o a través de las rejillas. Esta operación se puede automatizar para realizar un mantenimiento regular de las rejillas.

► **Precauciones especiales en obras de mejora de las EDAR**

→ **Los elementos protectores deben adaptarse** para evitar el riesgo de obstrucción causado por la acumulación de biosoportos en sus superficies. En concreto, las rejillas planas deben sustituirse por rejillas cilíndricas.

4.5.10 RECOMENDACIONES: SEGURIDAD DEL EQUIPO ELECTROMECÁNICO

► **Red de suministro eléctrico**

→ **Garantizar la duplicación de las redes de suministro** en las estaciones. Obligatorio contar con un sistema de detección de averías.

► **Sistema de mando y control**

→ **Instalar un sistema de respaldo** para garantizar las dos principales funciones del sistema de control: coordinar todos los equipos de la estación depuradora y supervisar su operatividad, emitiendo alarmas en caso de mal funcionamiento.

► **Estación de inyección de reactivos**

→ **Asegurarse de que es posible verificar visualmente** el buen funcionamiento del sensor y los niveles de almacenamiento del reactivo.

→ **Habilitar la adición manual de reactivos, el suministro de agua de dilución y la homogenización de los efluentes** en caso de avería del motor o de la válvula.

► **En el tanque de tratamiento biológico**

→ **Duplicar los equipos** en áreas críticas como medida de protección frente a averías de los sensores principales.

→ **Equipar los tanques biológicos con sensores de nivel.** Como en caso de desbordamiento de los efluentes se puede producir un escape de biosoportos desde los tanques abiertos, es necesario equipar los tanques abiertos con sondas y sensores que impidan aumentos anormales del

Notas | 16. González Vázquez, B., Choubert, J.M., Paul, E., Canler, J. P., 2020, Comment éviter le colmatage irréversible des installations de biofiltration ? Techniques Sciences Méthodes, ASTEE/EDP Sciences, 11, p.71-86.

volumen del efluente. Una solución alternativa puede ser la instalación de un sensor de radar al que no le afecten las alteraciones de la espuma.

→ **Conectar los sensores de nivel de agua** a un sistema que corte el suministro de efluentes al tanque.

→ **Implementar un sistema de alarmas múltiple** (visual, acústico, que envíe mensajes SMS) que alerte lo antes posible en caso de mal funcionamiento.

→ **Instalar cámaras para vigilar** que no se destruyan los filtros o que no se pueda acceder a las sondas de los tanques cerrados.

→ **Instalar un sistema de alarma** que alerte en caso de mal funcionamiento cuando no haya personal *in situ*. La alerta debe poder enviar notificaciones automáticas al teléfono de un operario de guardia o a una oficina central que controle diferentes instalaciones.

►En el decantador

→ **Instalar un sistema de alarma** que avise en caso de mal funcionamiento de la bomba de extracción, que mida el volumen y la turbiedad del fango en la salida del decantador para garantizar que este se elimina correctamente y no se derrama dentro del tanque de aireación.

4.5.11 RECOMENDACIONES: MÉTODOS DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El control de las estaciones depuradoras de aguas residuales, bien por parte del operario o de órganos de control externos, solo es posible si se cuenta con instalaciones y equipos adecuados a los métodos de medición previstos, sobre todo en términos de accesibilidad permanente y buena representación de las muestras recogidas. De igual modo, deben facilitarse las labores de limpieza y mantenimiento.

→ **Proporcionar acceso mediante escotilla** a los tanques cerrados.

→ **Disponer un control de apertura** que esté siempre funcional y que esté colocado por encima del agua de manera que se pueda inspeccionar la mezcla de biosoportes, recoger muestras para controlar que la colonización de los biosoportes se realiza de manera adecuada, y para facilitar las labores de limpieza.

→ **Facilitar las labores de limpieza:**

— Instalar barras de guía y brazos de grúa equipados con manivelas o elevadores que sean capaces de subir los equipos pesados que suelen instalarse en el fondo de los tanques o estanques (cestas, bombas, etc.).

— Disponer zonas para la limpieza de los equipos que requieran mantenimiento habitual o cambios (filtros de dispositivos de bombeo, rejillas, etc.).

— Disponer un equipo de emergencia con funcionamiento inmediato para usar en caso de apagado accidental.

→ **Garantizar el acceso a los tanques de tratamiento** y los puntos de mantenimiento en cualquier momento del año, especialmente en zonas nevadas.

4.5.12 RECOMENDACIONES: SEGURIDAD OPERACIONAL

►Elaboración de una guía de buenas prácticas

Siempre que se usen biosoportes en los sistemas de tratamiento, los contratistas deberían proporcionar una guía de buenas prácticas a subcontratistas y operarios sobre cómo gestionar dichos biosoportes. Este documento puede ayudar a definir las medidas necesarias para una gestión adecuada de los biosoportes, como son:

— Auditorías preliminares.

— Condiciones de uso.

— Condiciones de almacenamiento.

— Manipulación e introducción en los tanques.

— Protección contra desbordamientos.

— Sistemas de retención adecuados.

— Aireación y parámetros.

— Procesos para supervisar la eficiencia del sistema.

— Protocolo de autocontrol.

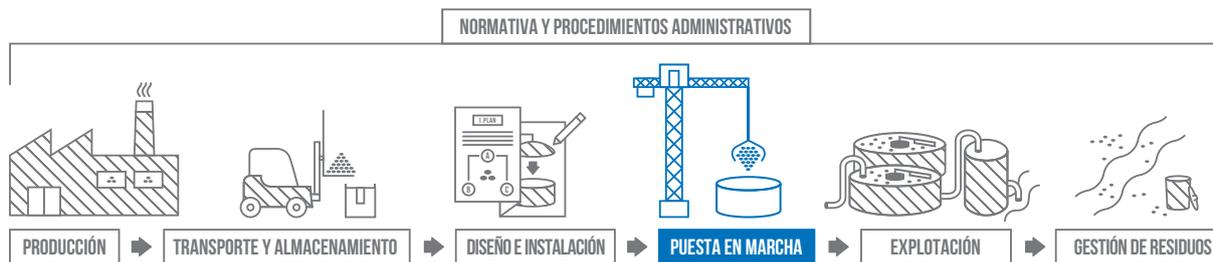
— Labores de mantenimiento fundamentales.

►Formación de los operarios

→ **Planificar formaciones** para asegurarse de que los operarios se mantienen al día y que se entienden las buenas prácticas sobre biosoportes.

Como complemento a las medidas de protección y prevención, se debe prestar una atención particular a los procesos biológicos. Es imprescindible la continua observación de los biosoportes y el mantenimiento del sistema. El objetivo de estas medidas debe ser limitar el riesgo de contaminación sin dañar la calidad de los procesos.

4.6 PUESTA EN MARCHA DE LA EDAR



DESTINATARIO Propietario u operarios

FASE Puesta en marcha

procedimiento propuesto por el contratista, quien debe estar presente y acompañar al operario.

4.6.1 MEDIDAS EXISTENTES Y DEBILIDADES ENCONTRADAS

La fase inicial de las estaciones depuradoras de aguas residuales es particularmente crítica, ya que durante ella tienen lugar muchos casos de fuga de biosoportos al medioambiente. En la fase inicial, la estación se pone en marcha en condiciones reales y poco a poco se van acelerando las operaciones para darle tiempo a las biopelículas bacterianas a desarrollarse. Los operarios se familiarizan con las nuevas condiciones de explotación y el sistema puede ser particularmente vulnerable a las variaciones de carga y a caudales de entrada importantes.

Con objeto de prevenir averías, es común que el contratista proporcione una serie de buenas prácticas de todas las operaciones¹⁷. Sin embargo, una gran cantidad de subcontratistas durante el proceso de construcción de la EDAR puede ocasionar lagunas informativas y la no aplicación de las instrucciones de explotación, incluso cuando existen guías de buenas prácticas sobre la configuración o manipulación de los parámetros biológicos. Otras dificultades externas (presiones políticas, obligaciones arquitectónicas, plazos contractuales, etc.) también pueden perjudicar la puesta en marcha de la estación depuradora.

Los diseñadores de la estación depuradora deben proporcionar unas recomendaciones de uso que ayuden a los operadores a gestionar la estación de la manera más segura posible, incluyendo las especificidades relacionadas con los biosoportos. (véase 5.5.10).

Las recomendaciones deberían tratar los puntos siguientes:

- Control de calidad de las instalaciones
- Almacenamiento
- Manipulación
- Parámetros de funcionamiento
- Mantenimiento regular

El manual destinado a los operarios de EDAR también debería contar con un apartado dedicado a los riesgos y buenas prácticas en las operaciones de mantenimiento de la EDAR, que incluyese el vaciado de tanques, la modificación temporal de los procesos de tratamiento convencionales o la retirada de los sistemas de control que hayan dado pie a pérdidas de biosoportos.

→ Durante las semanas y meses posteriores a la puesta en marcha (según los plazos establecidos), debería estar presente el contratista para supervisar el desarrollo y funcionamiento óptimo de la EDAR.

→ Asegurarse de que los ingenieros y los operadores que participan en la fase inicial poseen un conocimiento detallado de la IPER. Deben comprobar que los puntos de control funcionan correctamente y mejorarlos en caso necesario.

4.6.2 RECOMENDACIONES: INSTALACIÓN

►Contexto de la puesta en marcha e implicación de los grupos de interés

→ La puesta en marcha debe realizarse según el

→ Informar a las autoridades reguladoras cuando

Notas | 17. Multi Umwelttechnologie AG, Instructions and recommendations for the operation of Mutag BioChip 30™ support media.

comience la entrada de agua y la instalación esté finalmente aprobada.

► Fase de prueba

→ Al poner en marcha una EDAR, se deben realizar las fases de prueba siguiendo el orden correcto. No se debe dar la aprobación final hasta que no se hayan completado todas las etapas. Obstáculos externos de tipo político, financiero/económico o turístico no deben impedir el cumplimiento total del proceso de validación.

El procedimiento general para poner en marcha la EDAR deber ser el siguiente:

► Requisitos previos a la fase inicial

→ Asegurarse de que no hay contaminantes químicos en los efluentes que puedan deteriorar los materiales plásticos.

→ Comprobar que todos los desagües y salidas de agua están protegidos con tamices, rejillas o rejas con una malla del tamaño adecuado para impedir el paso de biosoportos.

→ Comprobar que los biosoportos no están en contacto con instalaciones que puedan acelerar su desgaste (bombas, mezcladores, etc.).

→ Un mes antes de la fecha de puesta en marcha prevista, debe realizarse una revisión para asegurarse de que los equipos están listos. Esto implica:

- Efectuar pruebas de estanqueidad en tanques y tuberías.
- Llevar a cabo pruebas iniciales en los sistemas de

bombeo.

- Comprobar las conexiones eléctricas.
- Llevar a cabo pruebas electromagnéticas en las instalaciones hidráulicas, aerúlicas y neumáticas para verificar que funcionan correctamente (comprobar las tomas de corriente y el sentido correcto de rotación de los motores, probar los sensores de la estación).
- Comprobar, bajo la supervisión del ingeniero de automatización, la automatización y las conexiones entre instrumentos y equipo.

► Durante la fase inicial

→ El periodo de puesta en marcha debe incluir:

- Configuración de las instalaciones.
- Verificación del correcto funcionamiento de los equipos eléctricos, electrónicos, térmicos e hidráulicos de acuerdo a la normativa correspondiente y a las condiciones de explotación que figuran en el contrato.
- Redacción de las instrucciones de uso y formación de los operarios que estarán a cargo de las instalaciones.
- Aporte progresivo de efluentes con las mediciones y los análisis necesarios para evaluar el caudal y la carga recibida en la estación depuradora.
- Vigilancia estrecha para detectar posibles averías.
- Prueba de rendimiento para certificar la conformidad del sistema con los objetivos declarados y el funcionamiento del tratamiento biológico MBBR.

► Introducción de los biosoportos en los tanques

→ Verter los biosoportos con cuidado.

Para llenar los biorreactores, el contenedor de biosoportos debe estar a una altura de 1,5 m por encima del nivel de agua del reactor. Proceder a cortar 3 de los 4 lados de la parte de abajo del saco con un cuchillo para asegurarse de que se vacía totalmente. Desatar el nudo, si se trata de un saco reutilizable. Es de suma importancia asegurarse de que los trozos cortados del saco no acaban en el reactor para evitar que las rejillas se obstruyan.

Los biosoportos que aún no han sido colonizados tienden a flotar. Hay que prestar atención al riesgo de acumulación en la superficie y de derrame por fuera del tanque, particularmente durante la formación de espumas (foaming) o en caso de viento. La incorporación de biosoportos debe realizarse de manera gradual para darles tiempo a que se mezclen y sean colonizados.

→ Determinar el volumen óptimo de biosoportos

Ilustración | Abajo | Vertido seguro de biosoportos en un tanque abierto. © Mutag



a introducir en el tanque. Aumentar gradualmente la cantidad de biosoportres. Iniciar las pruebas con un nivel bajo. Aumentar gradualmente el volumen de biosoportres, midiendo de manera regular los parámetros, hasta que se alcance la concentración necesaria de contaminantes en el efluente tratado. Respetar un intervalo predefinido entre cada aumento de volumen de llenado para asegurarse de que las tasas de eliminación se estabilizan y de que se colonizan por completo los soportes de plástico añadidos y alcanzan un rendimiento del 100 % de biodegradación.

►Colonización

→ **Agitar los biosoportres.** Hasta que no están lo suficientemente colonizados (proceso que puede tardar varias semanas), los biosoportres tendrán una densidad inferior a la del agua y permanecerán en la superficie. Por lo tanto, el agitado debe ser más fuerte de lo normal para forzarlos a mezclarse con el agua y dispersarse de manera uniforme por el líquido.

→ **Optimizar los parámetros físicos de los efluentes.** Debe ajustarse el efluente para que la temperatura de crecimiento sea la ideal, el pH se sitúe dentro del rango adecuado, la carga de nutrientes sea suficiente y el efluente se mezcle de manera apropiada.

Inicio con fango externo

El crecimiento de biomasa (en una estación nueva, tras una parada accidental o tras una pérdida masiva de fango) puede acelerarse sembrando fangos desde otra estación que depure aguas residuales similares. Cuando se introduce fango desde el exterior, es necesario proporcionarle al tanque de aireación una concentración de oxígeno suficiente que garantice el tratamiento y la formación de flóculos. La floculación también puede facilitarse añadiendo reactivos de coagulación-floculación.

Inicio sin fango

— **Con agua limpia :** el agua puede tomarse directamente del entorno (agua dulce, sin sedimentos). El tiempo de llenado del estanque no debe exceder unos días, siendo necesaria una aireación activa durante todo el proceso.

— **Con aguas residuales:** solo se admiten en el tanque de aireación si han sido pretratadas. Esta solución sirve a menudo para favorecer el inicio de la floculación de las bacterias limitando la carga a tratar para reducir la carga másica y facilitar la floculación (bypass transitorio) o añadiendo reactivos de coagulación-floculación.

►Periodo de observación

→ **Garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones** durante un periodo de 30 días. Durante este periodo, las instalaciones deben funcionar de manera estable, sin mal funcionamiento ni averías (hidráulicas, mecánicas o eléctricas). No se debe encontrar biosoportres por fuera del tanque biológico.

►Aceptabilidad del trabajo

Al final del periodo de comisionado y tras validación del periodo de observación contractual, el propietario del proyecto debe darle el visto bueno a la instalación, que estará sujeta a pruebas de garantía posteriores. En caso de anomalías, debe redactarse una lista de condiciones que deben ser resueltas dentro de un periodo prescrito posterior a la inspección final. La conformidad con el contrato también puede estar condicionada a:

- La retirada correcta de los equipos de construcción y el reacondicionamiento del lugar.
- Validación de los resultados de las pruebas, con los ensayos y los controles de rendimiento correspondientes.

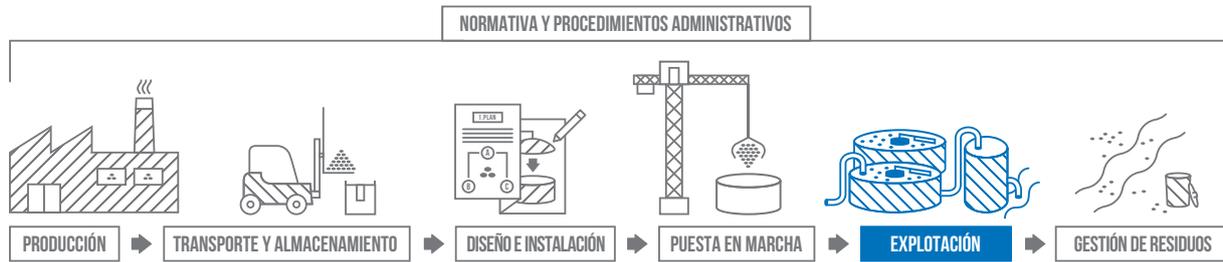
►Garantía de entrega y responsabilidad en caso de defectos

→ **Un proveedor externo deberá realizar pruebas** durante un año para validar la conformidad del contrato. Durante este periodo, no se deben producir pérdidas de biosoportres en la EDAR y los operarios deben asegurarse de que las medidas de protección son las adecuadas.

Ilustración | Debajo | Saco de grandes dimensiones siendo transportado en grúa. © Mutag



4.7 FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES



DESTINATARIO Operarios de EDAR
FASE Puesta en marcha / Funcionamiento

4.7.1 MEDIDAS EXISTENTES Y DEBILIDADES ENCONTRADAS

El tratamiento de las aguas residuales se basa en el balance entre la entrada de efluentes caracterizados por unos parámetros específicos (caudal, composición fisicoquímica, temperatura, etc.) y la capacidad de las bacterias depuradoras de tratar estos efluentes. Por lo tanto, el objetivo del operario será garantizar que se cumplen todas las condiciones necesarias para garantizar el correcto desarrollo de las bacterias depuradoras.

En los sistemas de alcantarillado combinado, las lluvias abundantes pueden causar variaciones significativas de los niveles de agua y alterar los parámetros del efluente (oxigenación, sólidos en suspensión, contaminantes químicos u orgánicos, etc.), e impactar directamente en los procesos biológicos en curso. Además, otros factores como las aguas residuales procedentes del turismo o los vertidos industriales pueden también tener un impacto en la naturaleza de los efluentes. El mantenimiento de los biosoportos dentro del tanque es otro parámetro específico adicional a tener en cuenta por los operarios que está directamente influido por los parámetros biológicos de los efluentes.

Aunque el rendimiento de la depuración y la fiabilidad del fango activado están sobradamente comprobados, ciertos tipos de fallos biológicos pueden afectar a su comportamiento. Los signos de disrup-

ción pueden ser, entre otros, un exceso de espuma o de fango, fluctuaciones de los niveles de agua en los tanques o variaciones del caudal^{18 19}.

Se le debe prestar atención especial al desarrollo de las biopelículas en los biosoportos y a identificar y detectar condiciones no favorables y sus fallos resultantes.

Los parámetros fundamentales para controlar el crecimiento bacteriano son los siguientes:

- Composición de los efluentes y sus variaciones.
- Niveles de fango.
- Tasa de aireación/de mezcla.
- Desarrollo de las bacterias filamentosas que puedan conducir a una degradación del fango: no decantación o sobreproducción.
- Infiltración, depósitos, heterogeneidad, grasas.
- Formación de espumas que atrapan a los biosoportos en la superficie y alteran las sondas de nivel.

Las condiciones más destacadas que afectan a la seguridad de las instalaciones son las siguientes:

- Operarios mal informados o sin la formación suficiente sobre las especificidades de los procesos en los que intervienen biosoportos.
- No prevención de la necesidad de intervención rápida en caso de meteorología adversa.
- Desequilibrios bacterianos que pueden ocasionar el desarrollo de bacterias filamentosas y la formación de espumas.

El crecimiento filamentosos es la presencia en un flóculo (o entre dos flóculos) de organismos filamentosos. En cantidades excesivas, estos organismos forman flóculos hidrófobos que capturan burbujas de aire que alteran las propiedades de

Notas | 18. *Fond National pour le Développement des Adduction d'Eau (FNDAE), 2005, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions, document technique, N°33.* **19.** *Fond National pour le Développement des Adduction d'Eau (FNDAE), 2002, Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, document technique, N°22 bis.* **20.** *Duchene, P., 1994, Dysfonctionnements biologiques dans les stations d'épuration en boues activées, Coloquios Pollutec.*

decantación de los fangos, comprometiendo así la calidad del agua tratada. El perjuicio causado por los filamentos es proporcional a su densidad y, sobre todo, a su longitud. También influyen las especies filamentosas presentes, ya que algunas son más perjudiciales que otras²⁰.

Los principales fallos debidos a las bacterias filamentosas se dan bajo dos formas:

- Una mala decantación de los fangos debido al aumento de su volumen.
- Formación de una capa gruesa de materiales flotantes en la superficie, que proporciona a su vez un ambiente favorable para el desarrollo de bacterias filamentosas.

Este tipo de problema puede ocasionarse debido a las siguientes razones:

- Aumento rápido de la carga con un aporte puntual masivo de sustratos orgánicos (efluentes industriales, alcantarillado, etc.) que causa una falta relativa de oxígeno (no se satisface la necesidad inmediata aun cuando la entrada global de oxígeno parece correcta).
- Llegada de una gran cantidad de productos tóxicos que causan la destrucción de una gran parte de la biomasa y que ocasionan una pérdida de rendimiento de las instalaciones.

La segunda gran área de prevención de fugas de biosoportres está ligada a la **fiabilidad de las estaciones depuradoras de aguas residuales, que dependen en gran medida del mantenimiento y la seguridad de los sistemas. Sin embargo, las lagunas en las operaciones de mantenimiento pueden afectar a la fiabilidad de la EDAR, especialmente:**

- Las negligencias en el mantenimiento de los equipos de retención de biosoportres.
- La falta de actualización de los planes de mantenimiento y del registro de incidentes.
- La necesidad no prevista de piezas de repuesto.

4.7.2 RECOMENDACIONES: NATURALEZA DEL AFLUENTE

►Garantizar la calidad de los efluentes

El agua a tratar debe contener la suficiente carga de nutrientes para garantizar el crecimiento y regeneración de la biomasa fijada. Las emisiones de grasas, salmueras, metales pesados y sustancias tóxicas (fenoles, cianuros, etc.) en las redes de saneamiento deben ser vigiladas estrechamente.

►Limitar la introducción de sales en la red

Las variaciones en la salinidad de las redes de saneamiento debido a las filtraciones de agua de mar, el salado de las carreteras, el procesamiento de alimentos, etc. debe ser la menor posible. Todo cambio repentino en la salinidad puede causar una defloculación parcial del fango y dañar la biopelícula bacteriana. Para evitarlo, puede instalarse un tanque búfer y controlar la salinidad que entra.

►Limitar la concentración de sulfuro

→ Aumentar el caudal en las redes de saneamiento para limitar los niveles de sulfuro

Los efluentes que permanecen durante mucho tiempo en el sistema o los efluentes biodegradables (procedentes de la industria alimentaria o de la industria de fangos) pueden generar a menudo altas concentraciones de sulfuros (H₂S) que favorecen el desarrollo de bacterias filamentosas. Se pueden limitar estos efectos aumentando el caudal, inyectando aire o introduciendo oxidantes o sales metálicas en sistemas de saneamiento largos o de flujo lento propensas a la septicidad.

→ Controlar regularmente las estaciones elevadoras

La limpieza regular de las estaciones de elevación es necesaria para limitar el sulfuro de hidrógeno y la acumulación de grasa en los depósitos. Cabe destacar que la detección de

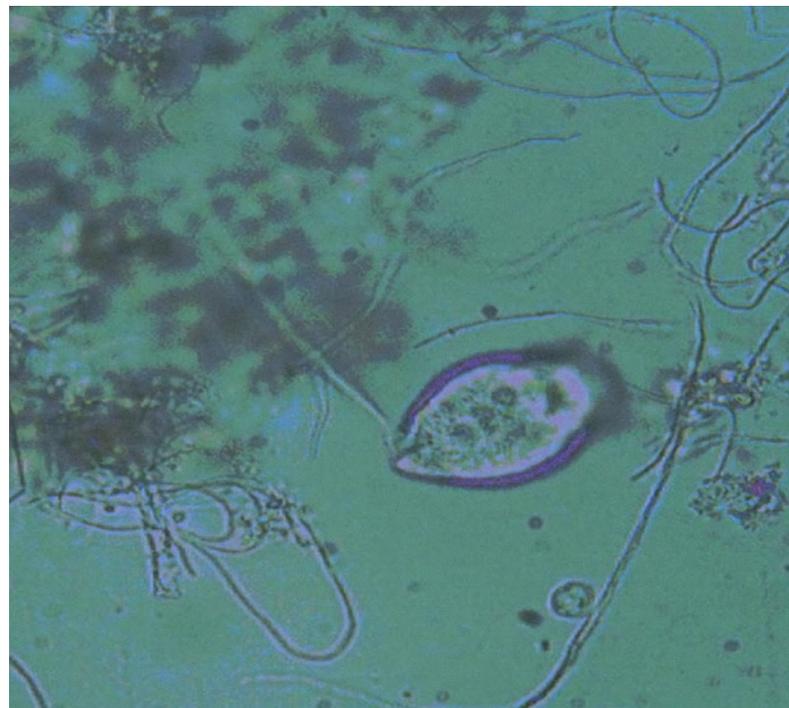


Ilustración | Arriba | Bacteria filamentosas.
© Syndicat Mixte Recyclage Agricole du Haut-Rhin

sulfuro de hidrógeno en el aire de las estaciones elevadoras puede resultar útil para la gestión y control del sistema.

►Controlar las descargas no domésticas a los sistemas de alcantarillado

El impacto de los efluentes industriales en las operaciones de la estación depende de su proporción relativa en términos de carga contaminante comparada con los típicos efluentes urbanos. Por lo tanto, las estaciones situadas en municipios pequeños que reciban efluentes industriales son normalmente más propensas a este tipo de descargas que las instalaciones más grandes donde se esperan tasas de dilución mayores.

4.7.3 RECOMENDACIONES: PREVENCIÓN DEL DESARROLLO DE ESPUMAS Y DE BACTERIAS FILAMENTOSAS

Dada la diversidad de bacterias filamentosas y de condiciones que pueden favorecer la formación de espumas, lo más práctico es evaluar el alcance de la colonización de los microorganismos filamentosos, identificar las especies que participan en este proceso mediante examen microscópico y determinar los remedios apropiados, como modificar la recirculación del fango o controlar las propiedades fisicoquímicas del efluente.

Los principales problemas causados por bacterias filamentosas se deben a la formación de una capa gruesa de material que flota en la superficie y al decantado del fango.

Para hacer frente a este tipo de fallo biológico, el operario tendrá que aplicar medidas preventivas y correctivas^{21 22}.

►Medidas preventivas

→ **Adaptar las exigencias en materia de aireación** a la naturaleza de los efluentes:

— Disponer de una capacidad de producción de oxígeno excedentaria para cubrir los picos de demanda, combinado con un buen sistema de medición de oxígeno en las diferentes partes del tanque para garantizar una aireación óptima (basada en las recomendaciones del instalador, que pueden ser

modificadas de acuerdo a las observaciones del operario).

— Asegurarse de que el sistema de ventilación airea los biosoportos de manera continua y regular.

— Adaptar el suministro de aire a las necesidades de la biomasa si las necesidades de oxígeno de la biomasa son superiores a los de agitación.

— Si no, para ahorrar energía, es posible limitar el aporte de ventilación a las necesidades de la biomasa y añadir ventilación mecánica.

→ **Verificar el funcionamiento de los mezcladores**

— Comprobar la rotación efectiva de las hojas y su dirección de rotación detectando los movimientos hidráulicos o volviendo a montar la unidad, si es necesario (controlar el desgaste y la suciedad de las hojas)²³.

— Comprobar el consumo eléctrico del agitador para asegurarse de que funciona de manera correcta y no está sucio. La potencia medida debe corresponder a la potencia establecida por el fabricante.

— Comprobar la mezcla en diferentes puntos de los tanques para asegurarse de que cumple con lo deseado y no hay zonas de acumulación de fango.

→ **Asegurar la estabilidad de la carga másica**

Asegurarse de que la carga másica óptima es estable (tasa de masa de oxígeno a suministrar y masa de microorganismos en el tanque de aireación).

→ **Controlar la temperatura del efluente**

La temperatura del fango o del efluente afecta al tratamiento y puede causar mal funcionamiento. Por lo tanto, conviene mantener el rango de temperaturas para un desarrollo óptimo de las bacterias depuradoras.

►Acciones correctivas

→ **Eliminar materias flotantes**

La eliminación de materia flotante en el reactor biológico debe servir para evitar la recirculación y el resembrado.

→ **Lastrado de efluentes**

Notas | 21. *Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Biostep, 2013, Dysfonctionnements biologiques, un digesteur qui mousse ?* **22.** *Collivignarelli, M.C., Baldi, M., Abbà, A., Caccamo, F.M., Carnevale Miino, M., Rada, E.C. y Torretta, V., 2020, Foams in Wastewater Treatment Plants: From Causes to Control Methods, Applied Science, MDPI.* **23.** *Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Biostep, 2013, Dysfonctionnements biologiques, Pourquoi et comment vérifier le bon fonctionnement d'un agitateur ?*

Esta técnica se basa en la incorporación de una sustancia con una densidad alta, normalmente minerales (talco, cenizas, carbonatos de calcio, sales metálicas, etc.) que favorecen la decantación al ser añadidos al flóculo bacteriano. El lastrado es muy útil para reconstituir un flóculo bacteriano después de una pérdida importante de fangos.

El lastrado del flóculo también puede conseguirse añadiendo fango de otra estación depuradora cercana que tenga un buen índice de fango o haciendo un bypass de parte del agua de la etapa primaria para lastrar el flóculo con la fracción de agua bruta.

→ Añadir oxidantes

Usar agentes químicos (oxidantes) con acción bactericida en el fango. Su incorporación lleva a una modificación de la estructura del fango rompiendo los filamentos. Debe tenerse en cuenta que los resultados obtenidos no pueden ser definitivos porque estos productos no juegan ningún papel en las causas que propician los desbordamientos²⁴.

→ Gestionar las grandes variaciones de carga

La inyección de un sustrato de nitrógeno en episodios de aumento repentino de la carga debe servir para aumentar la biomasa nitrificante, que normalmente tarda en desarrollarse.

4.7.4 RECOMENDACIONES: LIMITAR LA SOBREABUNDANCIA DEL FANGO

Existen distintas formas de mitigar el riesgo de niveles anormales de lechos de fango:

→ Asegurar el buen funcionamiento de los sensores de turbiedad y de caudal de fango para controlar la concentración de fango dentro del tanque de aireación.

→ Suavizar la carga hidráulica y controlar la recirculación del fango.

→ Asegurar el correcto funcionamiento del rascador del decantador.

4.7.5 RECOMENDACIONES: MANTENIMIENTO

→ Llevar a cabo un mantenimiento preventivo

Un mantenimiento preventivo garantiza una mayor capacidad operacional de los equipos y posibilita una gestión racional del trabajo del operario²⁵. Se le debe prestar atención especial al montaje de los sistemas de protección destinados a contener los biosoportos²⁶.

A tal fin, el operario debe contar con lo siguiente:

— Un calendario que indique las fechas y la frecuencia de mantenimiento de las principales piezas electromecánicas (motores, etc.) y de los sistemas de protección (rejas, redes, rejillas, etc.).

— Una ficha técnica de cada pieza del equipo, indicando sus características y los datos de contacto del fabricante y de los proveedores.

— Piezas de repuesto de todo equipo que represente un riesgo alto de pérdida de biosoportos en caso de incidente (bombas, rejas, etc.).

— Las herramientas, piezas de repuesto y bienes de consumo esenciales que deben ser sustituidos con frecuencia (tornillos, herramientas de reparación).

— Las herramientas necesarias para recuperar los biosoportos (pala, contenedor rígido, aspirador industrial, etc.) antes de que alcancen los aliviaderos o desagües de aguas residuales, el entorno cercano o los cursos de agua.

→ Establecer un contrato de mantenimiento

Si el propietario del proyecto o su delegado no pueden llevar a cabo el mantenimiento preventivo, debe firmarse un contrato de mantenimiento con un proveedor de servicios externo que ofrezca asistencia técnica con gran disponibilidad de horas los siete días de la semana.

→ Implementar un sistema de gestión de mantenimiento asistida por ordenador (GMAO)

Esta herramienta permite prever la necesidad de piezas de repuesto y modificar la frecuencia de los controles de acuerdo a informes de anomalías en tiempo real. Esta herramienta debe posibilitar la correcta aplicación de la IPER y una adaptación inmediata en caso de cambios en los protocolos y la supervisión de la EDAR.

→ Comprobar habitualmente varios parámetros

— Los sensores de la red de saneamiento y de la EDAR (O₂, H₂S, nivel de agua...).

Notas | 24. Cailleux, G., 2001, *L'épuration biologique : fonctionnements et dysfonctionnements. Dissertation. TFM. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Ciencias, Univ. Picardie Jules Verne, 63 p.* **25.** Thivel, P.X., Hus, P., Depriester, M., Rougeot, F., 2004, *Diagnostic maintenance of a paper mill wastewater treatment plant. Environnement, Ingénierie & Développement, N°34, p.27-35* **26.** Informe de mantenimiento, 2019, EDAR de San Remo, Italia

- Presencia de espuma.
- Posicionamiento correcto de rejillas y mallas.
- No existen obstrucciones.
- No hay biosoportes por fuera de los tanques.

A las autoridades responsables del control de las estaciones depuradoras se les debe hacer llegar de manera habitual los datos de este auto-control, incluida la información sobre el control de biosoportes.

► **Medidas adicionales en caso de incidentes**

- **Determinar las causas** de la avería.
- **Definir la gravedad, incidencia y detectabilidad** de la avería.
- **Definir soluciones correctivas** (medidas preventivas, correctivas, complementarias, paliativas; piezas de repuesto de emergencia a almacenar).
- **Recalcular el índice de riesgo**
Evaluar la calidad del plan de gestión de crisis, reajustándolo en caso necesario, en vista de los acontecimientos.
- **Rectificar los protocolos** y la frecuencia de mantenimiento para evitar que la avería vuelva a producirse.

4.7.6 RECOMENDACIONES: FORMACIÓN DE LOS OPERARIOS

- **Organizar sesiones formativas**
Es esencial que los operarios de la EDAR cuenten

con la formación adecuada de modo que se garantice la aplicación de las buenas prácticas necesarias para el correcto funcionamiento del tratamiento biológico con biosoportes. Las acciones formativas deben llevarse a cabo de acuerdo a las recomendaciones de uso proporcionadas por el diseñador del proyecto. Como hemos visto anteriormente, algunas recomendaciones no son específicas para biosoportes, pero es importante tenerlas en cuenta, ya que, al tratarse de un balance entre procesos biológicos y sistemas mecánicos; el enfoque debe ser global y resulta esencial una buena gestión de los parámetros biológicos y fisicoquímicos de los efluentes.

En particular, se debe informar y formar a los operarios sobre las especificidades del uso de biosoportes, a saber:

- Mantenimiento de las rejillas y otros dispositivos de protección.
- Identificación de las averías que pueden ocasionar pérdidas de biosoportes y las correspondientes medidas de intervención.
- Definición de protocolos de alerta y recuperación.

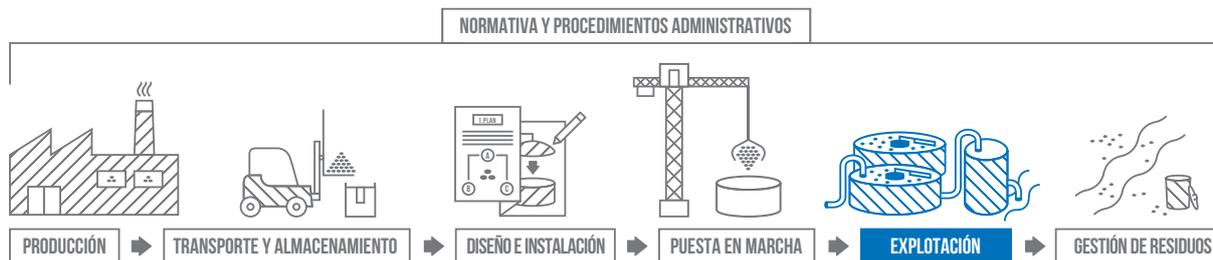
Se deben organizar sesiones formativas adicionales para los operarios nuevos.

Los subcontratistas que participen en la construcción de una EDAR con MBBR deben estar al corriente de los riesgos específicos del uso de biosoportes para poder aplicar las medidas preventivas adecuadas.



Ilustración | Arriba | Biosoportes en la orilla de una playa tras un accidente en Dinamarca, 2021. © RKS Kommune

4.8 CONTROL DE LAS INSTALACIONES



DESTINATARIO Propietarios / Agencias reguladoras

FASE Explotación / Control

4.8.1 MEDIDAS EXISTENTES Y DEBILIDADES ENCONTRADAS

Para poder garantizar la fiabilidad a largo plazo de las instalaciones de saneamiento, es de suma importancia realizar una labor de control tanto interna como externa. Los biosoportres pueden representar un peligro medioambiental, por ello las agencias reguladoras deben asegurarse de que existen medidas protectoras y de que los operarios están preparados para afrontar una crisis.

Los requisitos de autocontrol no incluyen el informar sobre pérdidas de biosoportres o sobre el estado de los equipos que previenen la pérdida de biosoportres.

La frecuencia con que se realizan los controles puede ser muy baja para detectar averías.

Generalmente, las agencias reguladoras no tienen formación sobre procesos donde intervienen biosoportres y por lo tanto los siguientes puntos de control específicos no forman parte de su supervisión:

- Pérdidas de biosoportres en la estación, en las salidas de la EDAR o en el fango.
- Presencia de medidas protectoras (rejas, etc.).
- Planes de emergencia en caso de fuga de biosoportres al medioambiente.

4.8.2 RECOMENDACIONES: CONTROL DEL PROPIETARIO DEL PROYECTO

► **Implementar un autocontrol de biosoportres**

El autocontrol debe englobar todas las prácticas destinadas a evaluar y mejorar el estado y funcionamiento del sistema de saneamiento, así como a planificar las inversiones necesarias. El objetivo es reducir el impacto medioambiental de las instalaciones^{27 28}.

La primera fase se basa en una recogida y un análisis de los datos existentes, presentados en forma de tablero de operaciones que proporciona una visión global de los indicadores por asunto, recomendaciones, palancas operativas a activar y progreso de los planes de acción.

La segunda fase pretende mejorar el rendimiento del servicio mediante la evaluación de los efectos de las acciones previas y previendo los pasos y las inversiones necesarias para una mejora continua. Se trata de un enfoque construido, apoyado y coordinado por el propietario del proyecto basado en el conocimiento operacional y en los resultados de las investigaciones de campo.

El autocontrol debe basarse en la identificación de peligros y la evaluación de riesgos. En lo que respecta a los biosoportres, el autocontrol debe centrarse en el estado de los dispositivos protectores (rejas, rejillas, etc.). El seguimiento habitual de su estado de uso puede ayudar a prevenir fugas y operaciones de mantenimiento. También deben comprobarse los sensores de nivel de agua en los tanques/estanques para asegurarse de que funcionan correctamente, sobre todo antes de fuertes lluvias. También hay que llevar un control de los instrumentos de mezclado, oxigenación y monitoreo de los niveles de oxígeno en los tanques / estanques.

La eficacia del tratamiento biológico también puede ser un buen indicador de que se están perdiendo biosoportres. Se puede comprobar de manera indirecta mediante el control de los

Notas | 27. Portal de saneamiento colectivo del Ministerio de Desarrollo Sostenible, Francia, 2011, Manual de autocontrol. | 28. Prefectura de Alta Saboya, Francia, 2011, Modelo de balance anual sobre el sistema de saneamiento.

parámetros de funcionamiento y del tratamiento biológico (consumo de O₂ disuelto, oxidación, pH, etc.). En caso de bajada del rendimiento no atribuible a la calidad del efluente entrante, convendrá definir márgenes de alerta y verificar la integridad de los bioportos mediante la toma muestras.

→ **Formar a los operarios para que apliquen el autocontrol.** Para más información, consultar el apartado 4.7.6.

→ **Informes de autocontrol**

A las agencias reguladoras se les debe hacer llegar de manera anual informes de autocontrol que abarquen el histórico de riesgos relacionados con bioportos.

► **Protocolo de control medioambiental**

→ **Establecer un protocolo destinado al control medioambiental**

Además de la supervisión estructural y funcional, es importante establecer un protocolo de control medioambiental. Su objetivo sería el de realizar un seguimiento de la presencia de bioportos posterior a la etapa final de tratamiento y garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de prevención en la estación. También posibilitará una detección temprana de casos de contaminación difusa. Una opción para realizar el control es instalar cámaras de detección en las salidas de la EDAR para detectar automáticamente la presencia de bioportos en el efluente tratado o la instalación de cestas de recuperación para realizar un recuento de forma periódica.

4.8.3 RECOMENDACIONES: SUPERVISIÓN DE LA AGENCIA REGULADORA

→ **Formación del agente regulador**

Las autoridades medioambientales responsables de la supervisión de los órganos de control (servicios de inspección y auditoría) también precisan una formación que permita integrar los comentarios de los inspectores para mejorar el protocolo de inspección.

► **Base de datos nacional**

→ **Introducir las tecnologías usadas en los tratamientos biológicos de aguas residuales** en las bases de datos de las EDAR a nivel nacional y actualizarlas de manera regular con información procedente de una agencia supranacional como la Agencia Europea de Medio Ambiente.

La centralización de los datos a nivel nacional

servirá para identificar las estaciones depuradoras que usan bioportos, ya sean particulares, urbanas o industriales. Esto permitirá tener más capacidad de reacción ante un episodio de contaminación o en caso de inspección. Las bases de datos también permitirán identificar las comunidades o compañías que deben recibir formación y compartir con ellas las buenas prácticas.

Información mínima que debe proporcionarse:

- Instalador y operario de la EDAR.
- Tecnología utilizada (MBBR, IFAS...).
- Fecha de inicio.
- Tipo de bioporto.
- Cantidad introducida.
- Historial de fallos relacionadas con bioportos.

► **Programas de control**

Las autoridades públicas competentes deben garantizar que existe un equipo destinado a prevenir la fuga de bioportos y que este funciona correctamente, de acuerdo a lo establecido en la identificación de peligros y la evaluación de riesgos inicial. Esto se hará estableciendo un plan de inspecciones para las EDAR, que servirá de complemento al control del rendimiento.

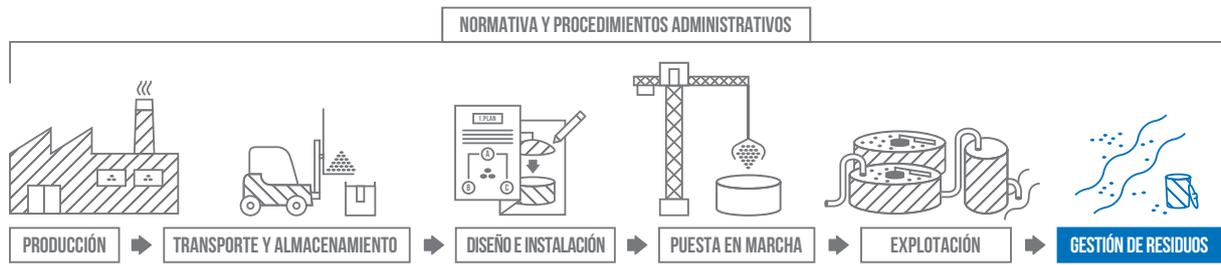
Parámetros de control clave:

- Llegada de las aguas residuales.
- Aireación y correcto mezclado dentro del tratamiento biológico.
- Sensores (O₂, nivel de agua).
- Medidas de retención (presencia de rejillas).
- Resistencia de los materiales.
- Estructura de los tanques (materiales).
- Bombas (dimensionado, bombas de emergencia...).

Ilustración | Abajo | Cesta instalada en una salida que permite la captura de bioportos.
© Acqua Publica



4.9 PLANES DE EMERGENCIA



DESTINATARIO Operarios
FASE Eliminación / Gestión de crisis

4.9.2 RECOMENDACIONES

4.9.1 DEBILIDADES ENCONTRADAS

Por lo general, los planes de emergencia no tienen en cuenta la presencia de biosoportos. Por lo tanto, no hay previstas medidas organizativas o equipo movilizable específicos en caso de derrame dentro de las instalaciones o al medioambiente. El responsable de operaciones de la EDAR generalmente es la persona de contacto en caso de accidente. Su conocimiento del impacto que puede tener una fuga de biosoportos en el medioambiente es fundamental para llevar a cabo las intervenciones necesarias. Por desgracia, por lo general, no cuentan con información sobre este tipo de peligro.

En los casos de contaminación estudiados, se observaron los fallos siguientes:

- Las autoridades locales y municipales no cuentan con formación sobre los posibles riesgos de contaminación asociados al uso de biosoportos en las EDAR de sus territorios.

- No existe un plan de acción claro en caso de fuga de biosoportos al medioambiente.

- No están identificadas las compañías y ONG capaces de hacer frente a estos casos de contaminación y por lo tanto no pueden ser contactadas a tiempo.

- Los operarios tienden a subestimar, o incluso a ocultar, el impacto de las fugas, retrasando así la adopción y aplicación de las correspondientes medidas.

- Cuando las hay, las labores de limpieza tienen lugar demasiado tarde, ya que los biosoportos de plástico se esparcen rápidamente en entornos ribereños y marinos.

La instalación de nuevas EDAR hace necesaria la creación de planes de respuesta en caso de emergencia. En su sentido más amplio, una emergencia es una situación presente o inminente que requiere una acción rápida y coordinada para proteger la salud y seguridad de las personas o para mitigar el daño a la propiedad o al medioambiente. Es necesario que los propietarios diseñen, apliquen y mantengan un plan de gestión de emergencia que cubra una amplia gama de situaciones y respuestas: desde fenómenos meteorológicos extremos hasta fallos eléctricos y averías de las instalaciones.

Los biosoportos deben ser considerados un peligro medioambiental en caso de fuga al medioambiente. Es esencial incluirlos en los planes de emergencia para preparar con antelación las medidas de respuesta y los métodos de intervención necesarios.

Los operarios de las EDAR deben informar de inmediato en caso de fuga de biosoportos a las autoridades competentes y explicarles la gravedad del incidente.

► Definición y aplicación del plan de gestión de crisis

Debido a la facilidad que tienen los biosoportos de esparcirse por el medioambiente, es fundamental tomar medidas lo antes posible.

→ Disponer un plan de gestión de crisis que incluya los riesgos que representan las fugas de biosoportos

El objetivo del plan de gestión de crisis es mejorar la contención de la contaminación y reducir su alcance, así como la posterior restauración de las instalaciones o el medioambiente. Su misión debe ser poner manos a la obra a las personas y el equipo adecuados en el momento y el lugar adecuados.

RECOMENDACIONES

El plan debe elaborarse en colaboración con los organismos y servicios de gestión de crisis, las autoridades ambientales o administrativas locales y los vecinos que puedan verse afectados por una fuga de biosoportos.

Debe posibilitar:

— Contactar a los grupos de interés para reducir la dispersión de los biosoportos:

- Comunidades locales.
- Autoridades locales a cargo de la gestión del agua.
- ONG locales de protección del medioambiente.
- Empresas especializadas en la limpieza y restauración del medioambiente.
- Periodistas (para informar a las comunidades afectadas y a los ciudadanos en general).

— Hacer una lista de las soluciones de contención y recuperación existentes.

— Establecer un plan de recuperación adecuado a los biosoportos dispersados en el medioambiente, que incluya:

- La instalación de diques y redes de contención en la columna de agua.
- La creación de una página web sobre el tema, que permita a los ciudadanos informar de la presencia de biosoportos en el medioambiente (fecha, ubicación, cantidad, que permita subir fotos), y posibilite las labores de recuperación en las principales zonas de acumulación.
- La opción de colaborar con ONG locales que tengan experiencia en organizar y gestionar recogidas de residuos.

— Cartografiar los ríos y cursos de agua cercanos y sus cuencas. Identificar las presas existentes y las zonas donde se pudieran colocar presas o diques temporales, así como las zonas naturales donde se puedan acumular los biosoportos.

— Determinar un espacio de almacenamiento cerrado donde guardar los biosoportos recogidos para prevenir más incidentes y determinar un canal de procesamiento.

— Destinar fondos que se puedan movilizar en caso de crisis.

→ **Hacer visible el plan de gestión de crisis** dentro de la estación depuradora: debe tener el tamaño y la calidad adecuados, y contener la información de contacto de los operarios que puedan movilizarse en caso de accidente.

→ **Poner a disposición instrucciones básicas** junto a instalaciones y equipos de recuperación.

→ **Presentar el plan de gestión de crisis** a las autoridades locales.

→ En caso de episodio de contaminación, **informar del desarrollo de los acontecimientos a los grupos de interés.**

→ **Hacer un seguimiento diario de las condiciones meteorológicas** para prevenir posibles accidentes adicionales.

► **Actualización del plan de gestión de crisis**

→ **Llevar a cabo una inspección anual de:**

— La pertinencia y validez del plan de gestión de crisis en caso de modificación del funcionamiento de las instalaciones y los equipos.

— La validez de la información de contacto de las personas de referencia.

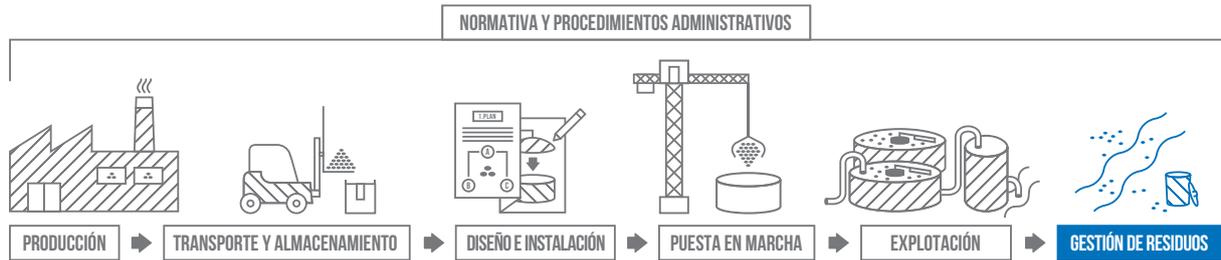
— La presencia y conformidad de los carteles de información.

— La presencia y el estado de los equipos de limpieza y contención.

Ilustración | Debajo | Operación de recuperación tras una fuga importante en la EDAR de Evolène, Suiza, 2012.



4.10 RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL



DESTINATARIO Autoridades medioambientales

FASE Eliminación / Gestión de crisis

4.10.1 DEBILIDADES ENCONTRADAS

A pesar de la sucesiva repetición de incidentes con origen claro, sigue sin aplicarse de manera generalizada el principio de «quien contamina, paga» en lo relacionado con el vertido de millones de biosoportes de plástico al medio marino y ribereño.

Hasta donde sabemos, de los 40 casos de contaminación por biosoportes identificados en Europa, tan solo en uno la compañía se hizo responsable de cubrir los gastos de limpieza (Atlantic Sapphire, en Dinamarca), y solo dos casos de vertidos fueron objeto de acciones legales (en Salerno, Italia, y Corbeil Essonnes, Francia).

La insuficiente aplicación de este principio y la inca-

pacidad de hacer legalmente responsable a quien contamina no animan a los constructores/operarios de EDAR a mejorar la seguridad de sus sistemas y prevenir de manera proactiva posibles daños medioambientales.

4.10.2 RECOMENDACIONES:

PRINCIPIO "QUIEN CONTAMINA PAGA"

Quien contamina debería hacerse responsable de los daños y costes derivados de la contaminación que causa, incluidos los gastos derivados de las medidas de prevención, supervisión y lucha contra la contaminación.

De acuerdo a este principio, toda compañía que participe en el diseño, fabricación, uso o manipulación de biosoportes, implicada en un caso de contaminación del medio acuático, debe ser considerada legalmente responsable y correr con los gastos derivados de la recuperación del medioambiente.



5 PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS

Los grupos de interés que participan en la cadena de valor de los biosoportos realizan su actividad en diversos campos y las soluciones que tienen a su alcance se pueden englobar en diferentes categorías. Por lo tanto, lo importante es saber cómo priorizarlas.

Algunas de estas soluciones pueden ser de naturaleza legislativa o administrativa. Otras pueden ser mucho más técnicas. En ausencia de medidas legislativas o administrativas, la aplicación de soluciones que prevengan las fugas de biosoportos dependen únicamente del compromiso voluntario de los grupos de interés. Por lo tanto, es crucial el papel que juegan las autoridades medioambientales.

El análisis de los incidentes que figuran a continuación, nos permite afirmar que se podrían implementar de manera prioritaria ciertas mejoras poco costosas y muy efectivas que previnieran las fugas de biosoportos al medio natural. Las siguientes recomendaciones podrían servir de base para elaborar una guía de buenas prácticas que se difundiese a todos aquellos que trabajan en el campo del saneamiento.

Al resumen de las medidas propuestas le acompaña una estimación del coste/beneficio. Esta clasificación orientativa destaca las medidas

que son más fáciles de aplicar. Existen múltiples métodos para determinar esta relación, pero conviene que se basen en la IPER de cada instalación.

Se deben priorizar las acciones preventivas y correctoras que eviten las pérdidas de biosoportos en el medio natural. Las medidas de contención y limpieza, si bien son importantes, deben tenerse en cuenta en una fase posterior.

*Ilustración | Arriba | EDAR en Zúrich, Suiza.
© Patrick Federi*

PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MEDIDAS Y EJEMPLOS DEL SISTEMA DE CALIFICACIÓN QUE PERMITE IDENTIFICAR LAS MEDIDAS PRIORITARIAS

FASE	MEDIDA	COSTE	EFICACIA / IMPACTO	FACILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN	NOTA
Procedimiento administrativo	Formar a las agencias medioambientales	+	++	+++	1
	Incorporar requisitos relacionados con las medidas de protección en los procedimientos de solicitud de autorización	+	++++	++	1
	Solicitar la realización de una IPER	+	++	++	1
Producción/ Transporte/ Almacenamiento	Mejorar las condiciones de almacenamiento	+	+	++++	1
	Manipulación más segura y limitada	+	+	+++++	1
	Formar a los empleados	+	+	+++++	1
	Adaptar el plan de emergencia	++	+	++	3
	Hacer un seguimiento de la aplicación de las medidas preventivas	++	+	++	2
Ingeniería	Mejorar las condiciones generales (geología e ingeniería civil)	+++++	+	+	3
	Mejorar la gestión de aguas pluviales y las redes de saneamiento	+++++	++++	+	1
	Mejorar la construcción de tanques / estanques	++++	++	+	3
	Mejorar los equipos de aireación y de mezclado	+++	+++	++	3
	Mejorar el diseño de las rejillas	++	+++++	++	2
Explotación	Controles de calidad	+	+	+	2
	Almacenamiento en las instalaciones	+	+++++	+++++	1
	Seguridad de la fase de prueba	+++	+++++	++	1
	Mejorar la gestión de los efluentes	+	+++	+++	2
	Mantenimiento regular	+++	+++++	+++	1
	Formación de los operadores	+	+++	+++++	1
Autocontrol	Implementar un GMAO	++++	+++	++	3
	Configurar un sistema de control de biosoportos	++	++	++	2
Supervisión	Crear una base de datos nacional	+	++++	++++	1
	Establecer un plan de control específico	++	++	++	3
Gestión de crisis	Adaptar el plan de gestión de crisis, integrar los recursos de contención y limpieza	++	++	++	3
	Mejorar la comunicación en caso de crisis	+	+	+++++	2
	Actualizar los planes de inspección / mantenimiento	+	+	+	2

6 CONCLUSIÓN

Las EDAR juegan un papel fundamental en la purificación del agua, en el mantenimiento de la resiliencia global de los ecosistemas acuáticos y en la protección de la biodiversidad. Las fugas de biosoportes desde las estaciones de aguas residuales urbanas e industriales al medioambiente comprometen este objetivo y contribuyen a la acumulación ya importante de plásticos en el medio marino.

Dada la amplia utilización de biosoportes en Europa, de la naturaleza transfronteriza de este tipo de contaminación y del riesgo de fuga debido a fenómenos meteorológicos extremos, se hace necesario disponer de una serie de medidas de prevención ambiciosas y armonizadas para los países nórdicos.

El presente estudio, realizado en colaboración con diseñadores y operadores de EDAR que usan biosoportes, identificó una gran variedad de medidas que pueden servir para reducir el riesgo de fuga de biosoportes en diferentes etapas, desde la fase preliminar de diseño hasta la fase de supervisión de las operaciones de la EDAR.

Algunas de estas recomendaciones son de sentido común y muy poco costosas de aplicar. Además, su efecto puede ser inmediato. Otras medidas, ya sean legislativas o relacionadas con el diseño de las estaciones depuradoras en sí mismas, pueden ser más complicadas de implementar y más costosas.

Aunque el diseño de una EDAR sea un compromiso entre los costes de conseguir una instalación óptima y el presupuesto disponible, no pueden ignorarse los gastos relacionados con la seguridad. En cada fase del ciclo de vida del biosoporte, la formación de diseñadores, operarios, legisladores o inspectores es básica para tomar decisiones adecuadas e informadas sobre el uso de biosoportes en las EDAR. Por lo tanto, la implicación de todos los grupos de interés es particularmente importante durante la fase inicial para que la EDAR opere de manera correcta desde el principio.

Llegados a este punto, depende de los grupos de interés el aplicar las medidas más obvias que pueden realizarse de manera rápida y por un bajo coste.

Ilustración | Arriba | Tanque en České Budějovice, República Checa. © Martin Kníže | Página derecha | Diferentes modelos de biosoportes recogidos en una playa. © Surfrider Foundation Europe

7 BIBLIOGRAFÍA

AGENCE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE LA MONTÉRÉGIE (QUÉBEC)

2015, Manuel d'élaboration d'un guide de bonnes pratiques.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE POUR L'EAU ET L'ENVIRONNEMENT (ASTEE)

2021, Analyse des risques de défaillance, Note de cadrage.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE POUR L'EAU ET L'ENVIRONNEMENT (ASTEE)

2020, Mise en oeuvre du diagnostic permanent. Guide technique. 1ère édition.

BAUTISTA BARRERA, S.

2021, Att stänga av kranen för marint skräp: en rapport om fyra föremål, Master's thesis at the University of Gothenburg.

BENCIVENGO, P., BARREAU, C., BAILLY, C., VERDET, F.

2018, Wastewater filter media and pollution of aquatic environments.

CAILLEUX, G.

2001, L'épuration biologique: fonctionnements et dysfonctionnements. Dissertation. D.E.S.S. " Qualité et Gestion de l'Eau ", Fac. Sciences, Univ. Picardie Jules Verne, 63 p.

CASTANIE, S.

2016, Sandra Castanie. Mise en service de la station d'épuration d'Ota Porto. Sciences de l'ingénieur [physics]. ffdumas-03701749f

COLLIVIGNARELLI, M.C., BALDI, M., ABBÀ, A., CACCAMO, F.M., CARNEVALE MIINO, M., RADA, E.C. AND TORRETTA, V.

2020, Foams in Wastewater Treatment Plants: From Causes to Control Methods, applied science, mdpi.

DUCHENE, P. 1994, Dysfonctionnements biologiques dans les stations d'épuration en boues activées, Actes du colloque Pollutec.

EUNOMIA

2019, Preventing plastic pellet loss in supply chains. Design of a supply chain approach to prevent pollution from plastic pellets. A report for Zero Waste Scotland.

FOND NATIONAL POUR LE DÉVELOPPEMENT DES ADDUCTION D'EAU (FNDAE)

2005, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions, document technique, N°33.

FOND NATIONAL POUR LE DÉVELOPPEMENT DES ADDUCTION D'EAU (FNDAE)

2002, Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, document technique, N°22 bis.

GONZÁLEZ VÁZQUEZ, B., CHUBERT, J.M. , PAUL, E., CANLER, J. P.

2020, Comment éviter le colmatage irréversible des installations de biofiltration ? Techniques Sciences Méthodes, ASTEE/EDP Sciences, 11, pp.71-86.

GROUPE DE RECHERCHE, ANIMATION TECHNIQUE ET INFORMATION SUR L'EAU (GRAIE)

2020, Opérations exemplaires pour la gestion des eaux pluviales.

GROUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE (GIS) BIOSTEP

2013, Dysfonctionnements biologiques, un digesteur qui mousse ?

GROUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE (GIS) BIOSTEP

2013, Dysfonctionnements biologiques, Pourquoi et comment vérifier le bon fonctionnement d'un agitateur ?

KRUSE, F.

2021, En halv miljon plastbitar utsläppta i havet – kan flytaland här, Göteborg: Göteborgs-Posten www.gp.se/nyheter/göteborg/en-halv-miljon-plastbitar-utslappta-ihavet-kan-flyta-iland-här-1.42866391

LAUGALAND, J.M. & TORGENSEN, H.

2018, Trodde stranda var full av store hagl, NRK Nyheter www.nrk.no/rogaland/millioner-av-smoplastbiter-forurensar-vindafjorden-1.14322409

LAUGALAND, J.M. & TORGENSEN, H.

2018, Politiet etterforsket ikke plastutslipp: – Beklager, NRK Nyheter www.nrk.no/rogaland/politietetterforsket-ikke-plastutslipp-na-beklager-de-1.14323003

LUNDIN, A.

2018, Flera ton plast utsläppt i älv – Älvraddarna gör polisanmälan, Fiskejournalen, www.fiskejournalen.se/fiskenyheter/flerton-plast-utslappt-i-alm-almraddarna-gor-polisanmalan

LUSTIG, G.

2014, Moving-bed-biofilm-reactors-mbbr-i-sverige-svenskt-vatten. www.yumpu.com/sv/document/view/23094903/moving-bed-biofilm-reactors-mbbr-i-sverige-svenskt-vatten

MAINTENANCE REPORT

2019, WWTP of Sanremo, Italy, Multi Umwelttechnologie AG, Instructions and recommendations for the operation of Mutag BioChip 30™ support media.

OSPAR COMMISSIO

2021, OSPAR Guidelines in support of Recommendation 2021/06 on the reduction of plastic pellet loss into the marine environment.

OSPAR

2018, OSPAR Background Document on Pre-production Plastic Pellets.
www.ospar.org/documents?v=39764

PERSSON, R.

2023, Här inleds saneringen efter plastutsläppet i Nyköping, SVT.se
www.svt.se/nyheter/lokalt/sormland/har-inleds-saneringen-efter-plastutslappet-i-nykoping

PORTAIL DE L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, FRANCE

2011, Manuel d'autosurveillance.

PRÉFECTURE HAUTE SAVOIE, FRANCE

2011, Modèle de bilan annuel sur le système d'assainissement.

RINGKØBING-SKJERN KOMMUNE

2021, Hjælp kommunen med at kortlægge sorte plasticdimser
www.rksk.dk/nyheder/kommunen/marts/hjaelp-kommunen-med-atkortlaegge-sorte-plasticdimser

SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

2017, Swedish Environmental Law, An introduction to the Swedish legal system for environmental protection, Report 6790.

THIVEL, P.X. , HUS, P., DEPRIESTER, M., ROUGEOT, F.

2004, Diagnostic maintenance of a paper mill wastewater treatment plant. Environnement, Ingénierie & Développement, N°34, pp.27-35.

TUNSTAD, A.

2021, The biocarrier escape routes, Identifying leaks through a Product Chain Organisation study, MSc thesis in Industrial Ecology, University of Chalmers.

TURNER, A., WALLERSTEIN, C., ARNOLD, R.

2019, Identification, origin and characteristics of bio-bead microplastics from beaches in western Europe, Science of The Total Environment, Volume 664, pp. 938-947.

ZABE, J.S.

2018, Reliability of the start-up stage of an activated sludge treatment plant. Engineering Sciences



Ilustración | Arriba | EDAR en Santa Clara, CA, USA. © John Cameron

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1: LISTA DE EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN POR BIOSOPORTES EN EUROPA ^{29 30 31 32 33 34}

NÚMERO DE CASOS	PAÍS	UBICACIÓN	FECHA	AGUAS RECEPTORAS	BIOSOPORTES USADOS
2	Dinamarca	Hvide Sand	Marzo 2021	Mar del Norte	BCP 750
		Mølleåværet / Charlottenlund	2014	Río Mølleå y Øresun	K5
7	Francia	Corbeil-Essonnes	Febrero 2010	Río Sena	K1
		Nive d'Arnéguy	Otoño 2012	Río Nive	K3
		Bastia	Marzo - Mayo 2020	Mar Mediterráneo	K5
		Noisy-le-Grand	Mayo 2011	Río Marne	K5
		Molines en Queyras - Saint Vêran	2016 / Julio 2021	Le Guil, La Durance y lago de Serre-Ponçon	BioChip M
		Ladoix-Serrigny	2011	Río Saona	K3/K5
		Vallouise	2010 / Junio 2017	La Durance y Lago de Serre-Ponçon	Hel-X HXF17KLL

LISTA DE EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN EN EUROPA

NÚMERO DE CASOS	PAÍS	UBICACIÓN	FECHA	AGUAS RECEPTORAS	BIOSOPORTES USADOS
1	Islandia	Islandia	2021	Océano Atlántico Norte	Desconocido
3	Italia	Salerno	Febrero 2018	Río Sele y mar Mediterráneo	Biochip P
		Itri	Diciembre 2020	Mar Mediterráneo	Hel-X
		Limone Tremosine	2013/2020	Río Adda y Río Po	K3 et Hel-X HX17KL
4	Noruega	Hisøy	Junio 2015	Mar del Norte	BWT15
		Vindafjord	Diciembre 2018	Océano Atlántico	KNS
		Halden	2017	Iddefjord y mar Skagerrak	BWT15
		Sørumsand or Blaker	Noviembre 2012	Probablemente río Glomma y mar del Norte	K3
1	Portugal	Açores	2018	Océano Atlántico	K3
5	España	Río Miño (frontera España/Portugal)	Verano 2013	Río Miño y Océano Atlántico	K1
		Playa de Nemiña	Noviembre 2017 Enero 2018	Río Castro y Océano Atlántico	K1
		Villabona / Tolosa	Septiembre 2009 Noviembre 2009	Río Oria y Océano Atlántico	AMB et KNS
		Poio (Pontevedra) / Espagne	Otoño 2012	Ría de Pontevedra y Océano Atlántico	K5
		Santesteban	Diciembre 2021	Río Bidasoa y Golfo de Vizcaya	K3
14	Suecia	Vansbro	Verano 2018	Västerdalälven	K3
		Vamas	2016	Västerdalälven	Desconocido
		Munkedal	2016	Örekilsälven	Desconocido
		Sotenäs	2014	Mar del Norte	Desconocido
		Sandviken	Abril 2020	Lago Storsjön	K3 and Hel-X
		Idre	2016	Storan Österdalälven	Desconocido
		Lysekil			K1
		Brandholmen/ Nyköping	Enero 2023	Mar Báltico	K1 / Hel-X

NÚMERO DE CASOS	PAÍS	UBICACIÓN	FECHA	AGUAS RECEPTORAS	BIOSOPORTES USADOS
	Suecia	Pinan / Öckerö	Marzo 2021	Mar del Norte	K1 / K3
		Sjölunda / Malmö	2020 / 2022	Mar Báltico	K1
		Bergsjö	2000 - 2008	Lac Bergsjøen	K2 / K3
		Klippan	2004	Mar Báltico	BioChip M
		Lessebo	2006	Lago Öjen	K1
		Kungsgårdens (Sandviken)	Abril 2020	Lago Storsjön	K3 / Hel-X
3	Suiza	Saillon	Enero 2012	Río Salentse (afluente del Ródano)	Biochip
		Saint-Prex	Septiembre 2012	El lago Lemán y el Mediterráneo	BWT 15
		Evolène	Marzo 2012	Río Le Borgne (afluente del Ródano)	Biochip

Notas | 29. Kruse, F., 2021, En halv miljon plastbitar utsläppta i havet – kan flyta iland här, Göteborg: Göteborgs-Posten. <https://www.gp.se/nyheter/goteborg/en-halv-miljon-plastbitar-utslappta-ihavet-kan-flyta-iland-har-1.4286639> | **30.** Laugaland, J.M. & Torgersen, H., 2018, Trodde stranda var full av store hagl, NRK Nyheter. <https://www.nrk.no/rogaland/millioner-av-smoplastbiter-forurensere-vindafjorden-1.14322409> | **31.** Laugaland, J.M. & Torgersen, H., 2018, Politiet etterforsket ikke plastutslipp: – Beklager, NRK Nyheter. <https://www.nrk.no/rogaland/politietetterforsket-ikke-plastutslipp-na-beklager-de-1.14323003> | **32.** Lundin, A., 2018, Flera ton plast utsläppt i älv – Älvraddarna gör polisanmälan, Fiskejournalen <https://www.fiskejournalen.se/fiskenyheter/fleratton-plast-utslappt-i-alf-alvraddarna-gor-polisanmalan> | **33.** Ringkøbing-Skjern Kommune, 2021, Hjælp kommunen med at kortlægge sorte plasticdimser <https://www.rksk.dk/nyheder/kommunen/marts/hjaelp-kommunen-med-atkortlaegge-sorte-plasticdimser> | **34.** Persson, R., 2023, Här inleds saneringen efter plastutsläppet i Nyköping, SVT.se

8.2 ANEXO 2: ENTREVISTADOS

PAÍS	COMPAÑÍA	CONTACTO
Dinamarca	Ministerio de Medio Ambiente de Dinamarca	Frank Jensen
Dinamarca	Ringkobing-Skjern Kommune	Anders Norskov Stidsen
Francia	Agencia del Agua Loira-Bretaña	Regis Le Quillec
Francia	Agencia del Agua Ródano-Mediterráneo-Córcega	Fabien Abad
Francia	EDAR urbana de Bastia	Bernard Bombardi/ Stéphane Casella
Francia	EDAR urbana de Chateaufeuf Le Rouge	Marie Bonnamy/ Rémi Grac
Francia	EDAR urbana de La Plagne	Marc Pelissier
Francia	EDAR urbana de Menton – Roquebrune	Fidele Vingelli
Francia	EDAR urbana de Vallouise - Pelvoux	Amandine Fiot
Francia	EDAR urbana de Abriès – Ristolas / Chateau Ville vieille– Molines en Queyras	Cécile Belon
Francia	EDAR de Carhaix-Plouguer	Fabien Pann
Francia	Ministerio de Transición Ecológica de Francia	Bénédicte Jénot / Augustin Ayoub
Francia	DDTM 64	Arnaud Bidart
Francia /Europa	SAUR	Adélaïde Combret
Francia /Europa	SOCOTEC	Aurélien Brottes
Alemania	MUTAG	Louise Munk
Islandia	Arctic Fish Aquaculture	Steinum G. Einarsdottir
Islandia	Agence Environnementale Islandaise	K. Sóley Bjarnadóttir Hólmfríður Þorsteinsdóttir
Noruega	Agence pour la protection de l'Environnement Norvégienne	Maria Hedenstad / Caroline
Suecia	Agence Environnementale Suédoise	Helen Klint / Maximilian Ludtke / Martin Holm
Suecia	Agence Suédoise pour la gestion de la Mer et de l'Eau	Robert Almstrand

ANEXOS

PAÍS	COMPAÑÍA	CONTACTO
Suecia	EDAR urbana de Gotemburgo	Asa Magnusson / Tove Rappmann
Suecia	EDAR urbana de Gislaved	Theodor Ekman Larsson / Hannah Steinhausen
Suecia	Tanum Kommune	Karin Görfelt and Michael Viberg
Suecia	EDAR urbana de Mellanfjärden y Bergsjö	Linda Almqvist
Suecia	EDAR urbana de Ekebro	Anders Jeppsson
Suecia	EDAR urbana de Gotemburgo GRYAAB	Emma Nivert
Suecia	EDAR urbana de Klippan	Andersson Börje
Suecia	EDAR urbana de Lessebo	Katarina Karlsson Palm
Suecia	EDAR urbana de Lysekil	Johanna Torberntsson
Suecia	EDAR urbana de Nyköping	Oliver Teichert
Suecia	EDAR urbana de Öckerö	Mats Kjellberg
Suecia	EDAR urbana de Vansbro	Åsa Ekvall
Suecia	EDAR urbana de Vrigstad y Farstorp	Kim Tietze
Suecia	Profesional independiente TFM sobre biospoortes	Agnes Tunstad
Suecia	West Coast Trust -Suède	Florina Lachmann
Suecia / Europa	Anox Kaldnes – Veolia Water	Sofia Lind
Francia	Suez France	No contesta
Francia	FP2E - Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau	No contesta
Francia	Standard Norge	No contesta
Global	Global Salmon Initiative	No contesta
Global	Aquaculture Stewardship Council	No contesta
Global	Global Seafood Alliance	No contesta

8.3 ANEXO 3: CUESTIONARIO

COMPARTÉ LO QUE SABES SOBRE LOS BIOSOPORTES

Surfrider Foundation Europe* ha recibido el encargo de elaborar una guía para la manipulación de biosoportres de forma segura por parte de la Agencia Sueca de Protección del Medioambiente.

Este encargo servirá de contribución al grupo de trabajo sobre basuras marinas del Convenio OSPAR. (<https://www.ospar.org/work-areas/eiha/marine-litter>)

Los biosoportres son pequeños plásticos que sirven de soporte para bacterias y que se introducen en los tanques de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) para mejorar la eficiencia del tratamiento. Por desgracia, los constantes fallos son causa de fuga de biosoportres al medioambiente. Están presentes sobre todo en tratamientos secundarios como los MBBR (Biorreactor de lecho móvil).

Nuestra misión girará en torno a un grupo de expertos (agencias medioambientales de países nórdicos, diseñadores de EDAR, operadores, ayuntamientos) quienes, gracias a su participación en el ciclo de vida de los biosoportres, podrán compartir sus experiencias.

Con objeto de reforzar esta guía de buenas prácticas, buscamos aún más personas expertas que compartan con nosotros nuevas recomendaciones o validen las ya existentes.

Consideramos que puedes ser de interés para este proyecto y por eso estaríamos muy agradecidos si pudieras compartir con nosotros la experiencia que tienes en el uso de biosoportres.

El presente cuestionario nos ayudará a comprender mejor tu experiencia. Se tardan unos 5-10 minutos en rellenarlo.

Si te es más cómodo, puedes contestar en tu idioma.

Los resultados de este cuestionario son privados, no se compartirá ninguna información de manera pública sin tu autorización.

Puedes contactar con nosotros en caso de duda.

Muchas gracias de antemano por tu contribución.

Philippe Bencivengo - Surfrider Foundation Europe
@ pbencivengo@surfrider.eu

** Surfrider Foundation Europe es la ONG de referencia en la lucha para la protección de los océanos y de aquellos que los disfrutan. Su trabajo ha sido reconocido por numerosos expertos europeos.*

COMPARTÉ LO QUE SABES SOBRE LOS BIOSOPORTES

Cuéntanos un poco sobre ti

- 1. ¿Cómo te llamas? (Nombre y apellidos)
.....
- 2. ¿Para qué organización trabajas? (Compañía / ministerio / ONG...)
.....
- 3. ¿Cuál es el ámbito de tu actividad? (Local, nacional, europeo, internacional...)
.....

Experiencia con biosoportes

- 4. ¿Durante cuánto tiempo has trabajado con biosoportes?
.....
.....
- 5. ¿En qué fase del ciclo de vida del biosoporte participas?
 - Legislación / Control
 - Producción / suministro de biosoportes
 - Transporte/ Almacenamiento
 - Diseño e instalación de estaciones depuradoras de aguas residuales
 - Explotación de estaciones de aguas residuales
 - Gestión de residuos (final de vida / desbordamientos)
 - Otros
- 6. ¿Puedes contarnos un poco más sobre tu puesto?
.....
.....
.....
- 7. ¿Alguna vez has tenido que lidiar con incidentes o dificultades en la gestión de biosoportes?
 - Sí No No sé
- 8. Si la respuesta es sí, ¿podrías contarnos qué ocurrió?
.....
.....
.....
- 9. ¿Se ha documentado tu experiencia en el uso de biosoportes dentro tu organización?
 - Sí No No sé

COMPARTIR LO QUE SABES SOBRE LOS BIOSOPORTES

10. Si la respuesta es sí, ¿en qué tipo de documento / soporte? (página de información página web, guía del usuario, recomendaciones, proceso de control, registro de incidentes...)

.....
.....

Participación en la «capitalización de la experiencia»

11. ¿Deseas contribuir a este proceso participativo?

El proceso consiste en compartir tu experiencia con biosoportes, participar en grupos de trabajo online y ayudar a validar la guía con otras personas que trabajen con biosoportes.

- Sí No Otros

Si la respuesta es «Otros», cuéntanos un poco más:

.....
.....

Promoción y difusión

12. ¿Es posible compartir las recomendaciones y la guía de buenas prácticas con tu organización?

.....

13. ¿Conoces a más personas que estén interesadas en formar parte de este proceso de «capitalización de la experiencia»?

En caso de que sí, ¿podrías hacerles llegar este cuestionario o compartir con nosotros sus datos para ponernos en contacto con ellas?

.....
.....

14. Si quieres compartir cualquier otra información de interés sobre biosoportes, puedes hacerlo aquí.

.....
.....
.....

15. Podemos ponernos en contacto contigo en caso de que necesitemos más información?

- Sí No Otros

16. Correo electrónico:

