



interior
naturalización de estanques y fuentes ornamentales

objetivos y beneficios

Los sistemas de depuración natural (lagunas, humedales artificiales y sistemas de infiltración-percolación) son muy buenos ejemplos de soluciones basadas en la naturaleza, que permiten mejorar la calidad de las aguas a partir del uso controlado de ecosistemas naturales. Aunque los criterios básicos de proyecto obedecen a conceptos de ingeniería, ligeras modificaciones en el diseño o el uso de la vegetación adecuada resultan de gran interés para favorecer la biodiversidad y mejorar la funcionalidad ecológica de estos sistemas.

Además, estas medidas también favorecen la agricultura y la jardinería ecológicas, y permiten que la instalación tenga un entorno más saludable.

La naturalización de los sistemas de depuración aporta distintos beneficios, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Crear hábitats de interés para la fauna y la flora silvestres.
- Mejorar la integración paisajística.
- Reducir los costes de operación.
- Mejorar la eficiencia de depuración. La clave de estos sistemas es que, al ser naturales, son más resilientes a posibles perturbaciones; además, requieren un bajo mantenimiento.

descripción

acciones para favorecer la biodiversidad en sistemas de lagunaje

El lagunaje consiste en el almacenamiento de agua residual en balsas durante un tiempo variable, de forma que la materia orgánica se degrade mediante la actividad de los microorganismos presentes en el medio. Se distinguen dos tipos básicos de lagunaje, que pueden naturalizarse aplicando distintos sistemas:

servicios ecosistémicos:



- **Lagunas anaerobias.** La cobertura con islas flotantes de especies vegetales de bajo desarrollo rizomático puede favorecer la creación de condiciones anaeróbicas en la balsa, a la vez que se reducen olores, mejora la integración paisajística y se favorece la biodiversidad.

Cobertura de lagunas con vegetación flotante



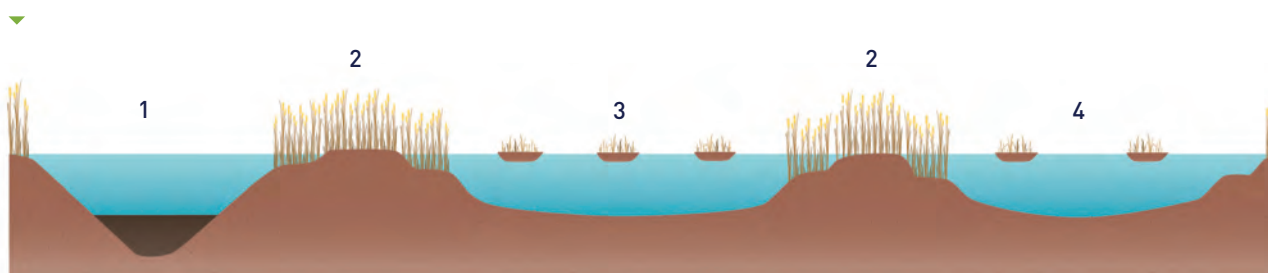
Autor: ESWEG

- **Lagunas facultativas o aerobias.**

Para aumentar la aireación y favorecer la biodiversidad conviene cubrir un máximo del 30% de la superficie con bandas de islas de macrófitos de elevado desarrollo radicular como Phrag-

mites australis e Iris pseudacorus. En lagunas poco profundas (hasta 2 m de profundidad), la incorporación de algas como Chara vulgaris permite aumentar la concentración de oxígeno en el agua.

Esquema de un sistema de depuración con una primera laguna anaerobia y dos lagunas facultativas con islas. Fuente: adaptación de Lothar Bestmann.



1. Balsa de decantación (LAGUNA ANAEROBIA)
2. CARRIZAL DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA Y REGULACIÓN DE FLUJOS
3. LAGUNA FACULTATIVA CON VEGETACIÓN FLOTANTE
4. LAGUNA FACULTATIVA DE AFINAMIENTO

A continuación se indican actuaciones generales para favorecer la biodiversidad en los sistemas de lagunaje:

- Conectar las lagunas con hábitats de interés ecológico localizados en el entorno. Para favorecer la conectividad ecológica es interesante que el sistema de lagunaje mantenga continuidad en algún punto con bosques, matorrales, charcas u otros hábitats acuáticos, como un curso fluvial.
- Diversificar los márgenes del sistema de lagunaje mediante la plantación de helófitos y la creación de sectores con gravas, rocas, piedras amontonadas, vegetación densa, praderas, acumulación de ramaje muerto, etc. Esto contribuye a diversificar los hábitats de los márgenes que se ofrecen como enclaves para la fauna.
- Crear islas en el centro de las lagunas. Estos elementos ofrecen refugios para la fauna inaccesibles para los depredadores.

- Crear estructuras con gravas para la cría de aves. La adecuación de áreas con gravas en el centro de islas u otros lugares de difícil acceso ofrece lugares para la nidificación a resguardo de depredadores. Para ello debe acondicionarse una capa de al menos 20 cm de grosor de gravas o canto rodado de 2-8 cm de diámetro. Es interesante instalar el material más adecuado en función de las preferencias de las especies de aves que puedan anidar en la zona. Bajo la capa de gravas puede instalarse una malla antihierba para evitar, así, que el espacio sea colonizado rápidamente por vegetación.

- Control de peces y tortugas que afectan al desarrollo de la vegetación. Un exceso de algunas especies pueden dañar las praderas sumergidas (especialmente si no están totalmente consolidadas); si no es posible su control, pueden ser necesarios cerramientos protectores para evitar su degradación.

- La instalación de troncos parcialmente hundidos puede crear puntos de parada para las aves o insolación de galápagos acuáticos.

Islas vegetadas y para la cría de aves



Autor: Albert Sorolla

acciones para favorecer la biodiversidad en humedales artificiales

Los humedales artificiales son sistemas de depuración donde el agua discurre por un sustrato de gravas con vegetación, en los que los procesos de descontaminación se producen mediante interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos y la vegetación.

Se distinguen dos tipos básicos:

- **Humedales de flujo superficial.** El tratamiento del agua se produce con el flujo del agua a través de los tallos y las raíces de la vegetación flotante, sumergida y emergente.

- **Humedales de flujo subsuperficial (horizontal/vertical).** Consisten en canales o zanjas rellenas de material granular, generalmente grava, donde el nivel del agua se mantiene por debajo de la superficie granular. La plantación de vegetación emergente permite reducir la producción de malos olores debido a que no hay contacto directo entre el agua residual y el aire.

Los humedales artificiales requieren un bajo mantenimiento; la masa vegetal muerta no debe retirarse totalmente, ya que actúa como fuente de carbono para el sistema.

A continuación se indican actuaciones generales para favorecer la biodiversidad en humedales artificiales:

- Es recomendable, en humedales y en sistemas de lagunaje, crear conexiones con zonas adyacentes, diversificar los márgenes y crear islas en el centro de las lagunas (en el caso de humedales de flujo superficial).
- Asimismo, conviene revegetar con especies autóctonas con importante desarrollo radicular. Las especies más adecuadas se seleccionarán en función de la situación del humedal arti-

ficial (clima, horas de insolación, etc.). Es interesante diversificar las especies que se utilicen para favorecer la naturalización del humedal y la resiliencia del sistema.

- En sistemas terciarios donde los procesos anteriores han consumido el carbono del sistema es preferible no retirar la vegetación para que, en su descomposición, aporten carbono a este sistema. Los lixiviados que produce el carrizo son particularmente adecuados para esta función.

- Al final de los humedales artificiales, especialmente los de flujo subsuperficial, es recomendable crear una charca que permita crear hábitats para la fauna (véase la ficha 3.1).

acciones para favorecer la biodiversidad en sistemas de infiltración-percolación

Se trata de un proceso de depuración aeróbico que consiste en infiltrar aguas residuales a través de un sustrato específico que actúa como filtro y reactor biológico aerobio. Se distinguen dos tipos básicos:

- **Filtros verdes o jardines filtrantes (wildlife garden o rain gardens).** Situados en zonas urbanas, los jardines filtrantes permiten depurar el agua residual o procedente del lavado de las zonas impermeabilizadas tras precipitaciones moderadas.

Estos elementos retardan la entrega del agua al sistema de alcantarillado durante los momentos punta de precipitación. Además, aportan un elemento de valor paisajístico en los ambientes urbanos. El objetivo es que el espacio ajardinado pueda recoger las escorrentías y, en el caso de que existan zonas impermeabilizadas adyacentes, pueda funcionar como filtro verde (véase la ficha 2.3).

- **Balsas de recarga de acuíferos.** Consisten en zonas inundadas (aunque sea temporalmente) con muy poca profundidad donde se favorece la infiltración para la recarga de acuíferos. Se trata de espacios que pueden albergar una gran biodiversidad.

Las actuaciones generales para favorecer biodiversidad en sistemas de infiltración/percolación son similares a las indicadas anteriormente. En particular, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- Utilizar especies autóctonas para las revegetaciones del sistema.
- Integrar adecuadamente el sistema en su entorno.

Los sistemas expuestos pueden combinarse para mejorar los resultados. La creación de charcas o puntos de infiltración con el agua excedente de los sistemas de depuración es una actuación que favorece claramente la diversificación del sistema y la biodiversidad asociada.

Balsa de infiltración



Autor: Albert Sorolla

aspectos generales

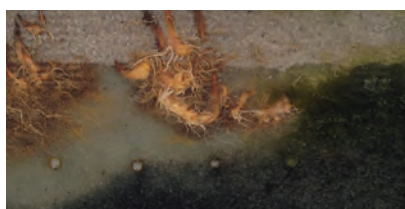
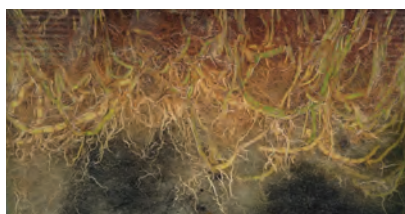
La mejora de la calidad fisicoquímica del agua se ejerce básicamente gracias a bacterias, pero la incorporación de vegetación beneficia al sistema. Por una parte, aumenta su resiliencia frente a cambios, pero también actúa como fuente de carbono y permite la evolución hacia sistemas maduros que reducen el riesgo de plagas y mejoran el paisaje y la biodiversidad.

Para las revegetaciones pueden utilizarse distintos tipos de especies (siempre se elegirán las más adecuadas en función del lugar en el que se ubique la instalación):

- Macrófitos flotantes (como *Lemna* sp.).
- Vegetación helofítica (véase la siguiente tabla).
- Vegetación acuática sumergida (como *Ceratophyllum demersum* y *Chara vulgaris*, entre otras).
- Nunca se deben utilizar especies alóctonas invasoras, como el jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) o la caña (*Arundo donax*).

Las especies helofitas autóctonas presentan distintas características de sus rizomas (véase las figuras siguientes), pudiendo gestionarse los espacios aeróbicos (nitrificación) y anaeróbicos (desnitrificación) a partir de la plantación de especies que presenten el desarrollo más adecuado de las raíces.

Diferentes comportamientos del desarrollo del rizoma de helófitas



Autor: Albert Sorolla

Otras recomendaciones y actuaciones genéricas válidas para todos los sistemas se resumen a continuación:

- Las dimensiones y profundidades de los sistemas variarán en función de la tipología.
- El mantenimiento de los sistemas es bajo o nulo. No es necesario realizar desbroces o podas de la vegetación, ya que el material muerto generado actúa como fuente de carbono para una mejor funcionalidad del sistema.
- Es imprescindible utilizar vegetación autóctona adaptada a cada situación específica.
- Se deberán tomar precauciones para evitar la introducción de fauna exótica invasora. Esta puede suponer un perjuicio grave tanto para la vegetación como para la fauna autóctona.
- La conexión de estos sistemas con los espacios naturales cercanos favorece la conectividad ecológica, por lo que se deben respetar las masas arbóreas, arbustivas y herbáceas adyacentes. En el caso de ser preciso un cerramiento, este deberá ser permeable a la fauna, especialmente pequeños mamíferos, anfibios y reptiles (véase la ficha 2.4).

Vegetación helofítica adecuada

Nombre científico	Nombre común
<i>Carex vulpina</i>	lastán o marciega
<i>Carex pendula</i>	cárice llorón
<i>Carex riparia</i>	cárice de las riberas
<i>Cladium mariscus</i>	junco espigado
<i>Filipendula ulmaria</i>	reina de los prados o altarreina
<i>Iris pseudacorus</i>	lirio amarillo
<i>Juncus acutus</i>	junco espinoso
<i>Juncus inflexus</i>	junco
<i>Juncus effusus</i>	junco de esteras
<i>Juncus maritimus</i>	junco marítimo
<i>Lythrum salicaria</i>	salicaria o arroyuela
<i>Phalaris arundinacea</i>	alpisto bravío
<i>Phragmites australis</i>	carrizo
<i>Typha angustifolia</i>	enea
<i>Typha latifolia</i>	espadaña de hoja ancha
<i>Schoenus nigricans</i>	juncia bastarda
<i>Scirpus holoschoenus</i>	junco común
<i>Scirpus lacustris</i>	junco de agua
<i>Scirpus maritimus</i>	juncia marina
<i>Sparganium erectum</i>	platanaria

periodo de ejecución

- ▶ Las actuaciones se realizarán en los momentos del año con menor actividad biológica.

costes orientativos

- ▶ Costes muy variables según las características de la actuación.

agentes implicados

- ▶ Responsables, técnicos y personal de mantenimiento de la instalación.

a tener en cuenta

- ▶ Es fundamental contar con protocolos de detección y erradicación de especies invasoras.
- ▶ La creación de elementos que ofrezcan refugios para la fauna integrados en los sistemas de depuración y adecuados para favorecer a distintas especies de aves u otras especies aumentará el interés de estos sistemas.

Indicadores de seguimiento

- ▶ **Indicador 1.** Inventario de especies de macrófitos y de fauna establecidas en los sistemas de depuración.
- ▶ **Indicador 2.** Diversidad de especies vegetales y animales establecidas en los sistemas de depuración naturalizados. Número de especies de interés o índice de diversidad que considere sus abundancias relativas.
- ▶ **Indicador 3.** Número de incidencias anuales en la adecuada naturalización del estanque (aparición de fauna exótica, erosión, etc.).

referencias y fuentes de información

- ▶ **LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS: EL CONTEXTO AMBIENTAL Y SOCIAL. FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD.**
https://manuelmedioambiente.files.wordpress.com/2014/07/humedales__mediterraneos.pdf
- ▶ **EUROPEAN SOIL AND WATER ENGINEERING GROUP.**
<http://www.esweg.eu>
- ▶ **SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER).**
<http://www.ser.org/>
- ▶ **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). WETLANDS PROTECTION AND RESTORATION.**
<https://www.epa.gov/wetlands>
- ▶ **FLORA IBÉRICA. PLANTAS VASCULARES DE LA PENÍNSULA IBÉRICA E ISLAS BALEARES.**
<http://www.floraiberica.es/>
- ▶ **VV. AA. (2011). MANUAL DE TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN FLUVIAL. 2.ª EDICIÓN. CEDEX.**
- ▶ **SCHIECHTL, H. M. (1980). BIOENGINEERING FOR LAND RECLAMATION AND CONSERVATION. EDMONTON/ ALBERTA, CANADÁ: UNIV. OF ALBERTA PRESS.**

REFERENCIAS DEL GRUPO:

Laguna artificial EDAR Cabezo Beaza.

Hidrogea Cartagena. Persona de contacto: Ernesto Sánchez, Responsable Depuración zona Cartagena y Jefe de plantaesancheza@hidrogea.es

Humedales de depuración del Delta del Ebro. Aquambiente. Persona de contacto: Antoni Tomás, Dirección Construcción Catalunya-Baleares- atomas@dagbares