

DEPURACION DE AGUAS CON PLANTAS EMERGENTES



ISAURA MARTIN MARTINEZ

Doctora Ingeniero Agrónomo
Unidad de Botánica Agrícola E. T. S. I. A.
Ciudad Universitaria. 28040 Madrid



DEPURACION DE AGUAS CON PLANTAS EMERGENTES

La contaminación y el progresivo deterioro de las aguas dulces resulta un problema suficientemente conocido como para que no sea necesario incidir aquí de nuevo sobre su importancia y gravedad. La preocupación creciente por este tema se refleja claramente en una legislación cada vez más estricta en los países desarrollados en lo que a vertidos a cauces públicos se refiere.

Los sistemas convencionales de depuración de aguas residuales permiten tratar caudales muy elevados con pocas necesidades de terreno pero, en contrapartida, su coste de inversión y mantenimiento es alto y exigen gran regularidad en el caudal y carga contaminante de los vertidos. Por ello, estos procesos resultan especialmente adecuados para grandes poblaciones, capaces de proporcionar vertidos regulares y de asumir el coste que estos sistemas suponen.

Como alternativa a las técnicas convencionales de depuración se han desarrollado una serie de sistemas denominados «naturales», que aprovechan y potencian los procesos de purificación físicos, químicos y biológicos que ocurren de forma espontánea en la Naturaleza. Estos sistemas, que exigen elevadas superficies de terreno, presentan un bajo coste de inversión y mantenimiento y se adaptan bien a variaciones de caudal y carga contaminante en los vertidos, por lo que resultan muy adecuados para pequeñas comunidades rurales o industrias agrarias.



Fig. 1.—Aspecto de un sistema de depuración por aplicación al suelo, con cubierta vegetal de chopos (filtro verde).

Entre estos sistemas naturales se encuentran los lagunajes, en sus diversas modalidades, los sistemas de aplicación al suelo y los que utilizan plantas acuáticas. Dentro de este último grupo, los que emplean plantas emergentes parecen presentar unas perspectivas muy prometedoras y están siendo ampliamente estudiados en Europa y Estados Unidos.

TIPOS DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

El conocimiento de cuáles son los elementos responsables de la contaminación, qué efectos nocivos producen y cuáles son los procesos que los pueden eliminar, son aspectos que resultan básicos a la hora de diseñar y manejar de forma adecuada un sistema de depuración. Por ello, y aun a riesgo de que resulte repetitivo, ya que este apartado ha sido citado en hojas divulgadoras anteriores, se ha preferido incluir de nuevo en ésta un breve resumen de los tipos de contaminantes de las aguas residuales urbanas.

Entre los agentes contaminantes de las aguas presentes en los vertidos residuales de las poblaciones se pueden citar como más importantes:

Las materias en suspensión

El aumento de sólidos en suspensión, tanto orgánicos como inorgánicos, disminuye la transparencia del agua, lo que dificulta la entrada de la luz y, por tanto, el desarrollo normal de la vida vegetal y animal en la misma. El contenido de materias en suspensión, expresado en miligramos de materia seca insoluble por litro, constituye uno de los principales parámetros de la medida de la contaminación de las aguas.

La materia orgánica

La materia orgánica aparece en los vertidos como consecuencia de actividades domésticas y fecales y, al ser en su mayoría biodegradable, da lugar a una elevada proliferación de bacterias en el agua. Estos organismos consumen el oxígeno disuelto y originan situaciones de deficiencia de O_2 (oxígeno) que implican una serie de efectos bien conocidos: muerte de especies animales, malos olores, etc.

La estimación de la materia orgánica biodegradable se realiza mediante la denominada Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), que es otro de los parámetros fundamentales en la medida de la contaminación.

Los compuestos minerales de fósforo y nitrógeno: fosfatos, nitratos y amonio

Estos elementos (y especialmente el fósforo) son la causa de la eutrofización de lagos y embalses, fenómeno que se ha acelerado en los últimos años y que constituye un problema que requiere gran atención. La abundancia de fósforo y nitrógeno da lugar a un gran desarrollo de algas que, además de ser indeseable desde un punto de vista estético, provoca un consumo de



oxígeno en zonas profundas que disminuye notablemente la calidad del agua.

Los organismos patógenos

Los agentes que pueden causar enfermedades en hombres y animales constituyen otro grupo de contaminantes presentes en las aguas residuales, incluyéndose en él las bacterias, virus y protozoos patógenos, organismos que pueden sobrevivir en el agua durante períodos variables de tiempo, de días a semanas, dependiendo de las condiciones ambientales.

Para estimar este tipo de contaminación se utilizan grupos de organismos indicadores cuya presencia se asocia con la existencia de patógenos. Los grupos de organismos utilizados fundamentalmente a este respecto son los «coliformes totales» y «coliformes fecales».

Además de los agentes contaminantes citados anteriormente, si a los vertidos urbanos se suman vertidos de tipo industrial, en los efluentes pueden aparecer otros contaminantes muy diversos de elevada toxicidad, como metales pesados, pesticidas, cianuros, fenoles, etc.

LAS PLANTAS ACUATICAS EN LOS SISTEMAS DE DEPURACION

Las plantas acuáticas pueden clasificarse en:

- Especies flotantes.
- Especies sumergidas.
- Especies emergentes.

Los sistemas de depuración que utilizan plantas flotantes consisten en estanques o canales de profundidad variable (0,40 a 1,5 metros), alimentados con agua residual más o menos pretratada, en los que se desarrolla una especie flotante. Las plantas se recolectan periódicamente en cortos intervalos de tiempo (días o semanas) antes de que se produzca su descompo-

sición en el agua. Estos sistemas son especialmente eficaces en la eliminación del nitrógeno y el fósforo, ya que estos elementos son absorbidos en grandes cantidades por las plantas. Sin embargo, las condiciones para la degradación de la materia orgánica no son las más favorables, ya que la oxigenación del agua (que favorece esta degradación) es pequeña. Esto es debido a que las plantas, al formar una cubierta en la superficie, impiden el desarrollo de algas, que son los agentes que más contribuyen a aportar oxígeno a las aguas.

La especie flotante utilizada principalmente en depuración ha sido el jacinto de agua, planta de zonas tropicales y subtropicales, extraordinariamente productiva, que ha sido empleada con éxito en el tratamiento de aguas residuales en zonas cálidas como el sur de Estados Unidos. En zonas frías su utilización se ve limitada por el cese de actividad de las plantas durante el período de temperaturas bajas. Asimismo, la introducción del jacinto de agua sin un control riguroso en zonas en las que no se desarrolla naturalmente puede originar (y de hecho ha originado) graves problemas por el carácter extremadamente invasor



Fig. 2.—Jacintos de agua.



de esta especie. En regiones con un periodo de heladas este riesgo se reduce, ya que la planta muere por debajo de 0° C.

Las especies sumergidas resultan, en general, poco adecuadas en sistemas de depuración, ya que su productividad en aguas residuales suele ser muy baja.

Las especies emergentes, objeto de esta publicación, poseen un gran potencial de eliminación de contaminantes a todos los niveles, resultando muy apropiadas para zonas frías o templado frías, ya que son plantas adaptadas a este tipo de climas.

LAS PLANTAS ACUATICAS EMERGENTES

Las plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, eneas, etc.) son plantas anfibas que viven en aguas poco profundas, arraigadas en el suelo, y cuyos tallos y hojas emergen fuera del agua, pudiendo llegar hasta alturas de dos y tres metros. Son plantas vivaces cuyas hojas se secan en el invierno, rebrotando en primavera a partir de órganos subterráneos como los rizomas, que persisten durante el periodo frío.

Estas plantas, intermedias entre las terrestres y las acuáticas propiamente dichas, son muy vigorosas y productivas, ya que aprovechan las ventajas de los dos medios, el terrestre y el

Cuadro I.— ESPECIES EMERGENTES MAS UTILIZADAS EN ESTUDIOS DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

FAMILIA	NOMBRE LATINO	NOMBRES COMUNES MAS USUALES
Ciperáceas	<i>Carex sp.</i> <i>Eleocharis sp.</i>	— —
Gramineas	<i>Scirpus lacustris L. (*)</i> <i>Glyceria fluitans (L.) R. Br.</i> <i>Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel (*)</i>	Junco de laguna Hierba del maná
Iridáceas	<i>Iris pseudacorus L.</i>	Carrizo Lirio amarillo, espadaña fina
Juncáceas	<i>Juncus sp.</i>	Juncos
Tifáceas	<i>Typha sp. (*)</i>	Eneas, aneas, espadañas

(*) Especies más utilizadas entre todas.

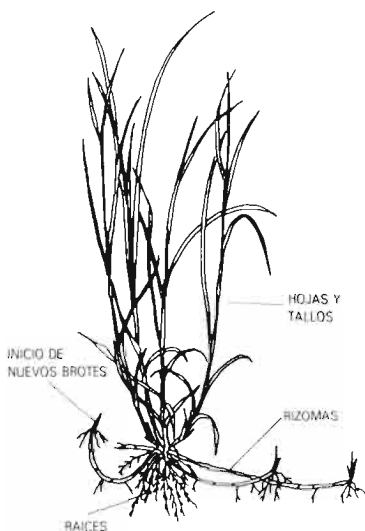


Fig. 3.—Esquema de una planta emergente típica.

acuático: no sufren limitaciones de agua y tienen un mayor acceso a la luz que las plantas sumergidas. Por otra parte, están adaptadas para tolerar las condiciones de falta de oxígeno que se producen en un suelo encharcado, ya que poseen canales o zonas de aireación (aerénquima) que facilitan el paso del oxígeno de las hojas a las raíces.

MECANISMOS DE DEPURACION

Se describen a continuación los principales mecanismos de depuración que actúan en un sistema con plantas acuáticas emergentes y que contribuyen a eliminar los contaminantes del agua.

Eliminación de sólidos en suspensión

Los sólidos se separan por decantación si el nivel del agua se mantiene por encima del suelo y, sobre todo, por fenómenos de filtración a través del conjunto que forma el sustrato con los rizomas y raíces.



Eliminación de materia orgánica

La eliminación de la materia orgánica del agua es realizada por los microorganismos que, en un sistema de plantas emergentes, tienen un desarrollo y una actividad muy elevados.

En estos procesos las plantas actúan como un sistema de aireación para el sustrato, suministrando oxígeno a las bacterias a través de los canales de aireación. De esta forma, la materia orgánica del agua es degradada de forma aerobia por estas bacterias. En las zonas más alejadas de las raíces y rizomas se puede originar un déficit de oxígeno, produciéndose entonces un tratamiento de la materia orgánica de tipo anaerobio.

Algunos compuestos orgánicos de difícil degradación, como los fenoles, pueden ser también absorbidos por las raíces de algunas de estas plantas.

Eliminación del nitrógeno

El nitrógeno puede eliminarse en el sistema por diferentes mecanismos:



Fig. 4.— Secciones de un brote de espadañas mostrando los canales de aireación que poseen sus hojas.



Fig. 5.—Carrizo. Ejemplo de planta emergente muy frecuente en España.

- Absorción directa por parte de las plantas
- Desnitrificación: este fenómeno resulta muy importante en los sistemas con especies emergentes, ya que la coexistencia de zonas aerobias y anaerobias lo favorece. El proceso se puede esquematizar de la siguiente forma:

AMONIO (NH_4) \rightarrow NITRATO (NO_3) \rightarrow COMPUESTOS GASEOSOS DE NITROGENO

Ciertas bacterias de tipo aerobio (bacterias nitrificantes) convierten el amonio del agua en nitrato y, posteriormente, las bacterias desnitrificantes (anaerobias) transforman el nitrato en compuestos gaseosos de nitrógeno que escapan hacia la atmósfera.

— Volatilización de amoniaco: este mecanismo actúa sobre todo cuando el pH del agua es elevado (el amonio pasa a amoniaco y este compuesto se libera a la atmósfera). Este proceso, sin embargo, no parece ser muy relevante en estos sistemas.



Eliminación de fósforo

El fósforo se elimina por:

- Absorción por parte de las plantas.
- Fenómenos de adsorción sobre partículas de arcilla, partículas orgánicas y compuestos de aluminio y hierro.
- Fenómenos de precipitación de fosfatos insolubles.

La importancia de la absorción por las plantas es menor en este caso que en el del nitrógeno y son los mecanismos físico-químicos restantes los que juegan el papel primordial en la eliminación.

La elección de un suelo adecuado, que favorezca estos procesos, es pues esencial para lograr una depuración efectiva de este elemento.



Fig. 6.—Las eneas o espadañas son otras plantas emergentes comunes en nuestra península.

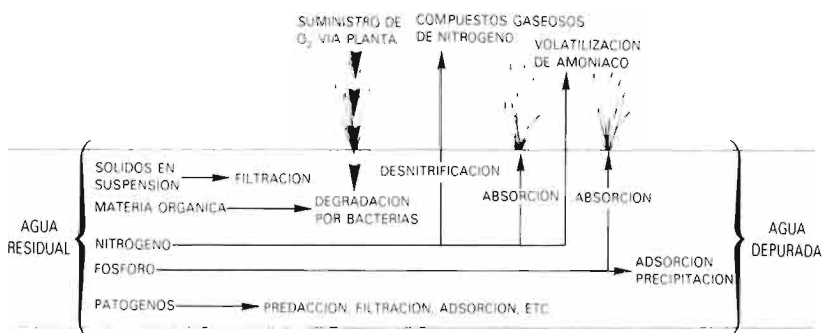


Fig. 7.—Esquema de los principales procesos de depuración que tienen lugar en un sistema de plantas emergentes.

Eliminación de microorganismos patógenos

Los altos rendimientos en la eliminación de microorganismos patógenos de los sistemas de depuración con plantas emergentes han sido puestos de manifiesto en varias ocasiones. Los mecanismos que pueden explicar la eficiencia de estos sistemas en tal sentido son diversos, pudiéndose incluir entre ellos la adsorción en partículas de arcilla, la toxicidad por antibióticos producidos por las raíces y, sobre todo, la acción depredadora de otros organismos (bacteriófagos, protozoos).

ANTECEDENTES DE LA DEPURACION CON PLANTAS EMERGENTES

Las primeras pruebas de la capacidad de las plantas emergentes para depurar el agua se obtuvieron en diversas zonas húmedas o marjales naturales sometidos a vertidos residuales. El agua, después de su paso por estas zonas, mostraba importantes reducciones de contaminantes de todo tipo.

La construcción de sistemas artificiales con especies emergentes para tratar aguas residuales tuvo su origen principalmente en Alemania ya en los años 50, y ha sido en este país donde se ha llevado a cabo una gran parte del desarrollo de estos procesos de depuración. En Estados Unidos, en los últimos veinte años, se han creado igualmente diversos marjales artificiales o se han



adecuado algunos existentes con el propósito específico de tratamiento de vertidos.

Los sistemas de depuración que se han desarrollado han sido de diversos tipos, pero pueden ser clasificados en tres grandes grupos:

a) Sistemas tipo laguna de poca profundidad, empleados fundamentalmente para el tratamiento terciario de efluentes; es decir, para completar la depuración lograda por otros procesos de depuración y sobre todo para eliminar el nitrógeno y el fósforo.

b) Sistemas que utilizan canales con una o varias especies emergentes enraizadas en un sustrato de grava. Estos canales tienen normalmente de dos a cuatro metros de anchura, hasta 100 de longitud y de 0,5 a 1 metro de profundidad. En ellos el agua fluye horizontalmente inundando todo el sustrato. En estos sistemas el vertido se somete a una decantación o desarenado previo, realizándose anualmente la recolección de la parte aérea de las plantas.



Fig. 8.—Ejemplo de zona húmeda natural colonizada principalmente por plantas emergentes. Foto correspondiente a las Tablas de Daimiel.

Con estos procesos se considera que el sustrato debe ser sustituido cada diez-quince años, ya que al cabo de este tiempo queda bloqueado por la acumulación de lodo y residuos. En general la eliminación de fósforo no es muy elevada, por las características del sustrato empleado.

c) Sistemas algo más elaborados que buscan maximizar la actividad microbiana y que se diseñan haciendo especial hincapié en la formación de un sustrato poroso y permeable. La elección de un suelo adecuado o la creación de uno artificial con una buena estructura resulta fundamental para el correcto funcionamiento del sistema. Se considera que con el paso del tiempo se llega a una estructura estable, que es altamente porosa, formada por el suelo y las raíces-rizomas (vivas y en descomposición).

El nivel del agua se mantiene siempre por debajo de la superficie del suelo y se recomienda el uso de *Phragmites* por su



Fig. 9.—Ejemplo del conjunto suelo-rizomas-raíces que forman las plantas emergentes. Foto correspondiente a espadañas desarrolladas en agua residual.



Cuadro II.—DETALLES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VARIOS SISTEMAS DE DEPURACION CON LECHOS DE CARRIZOS EN GRAN BRETAÑA

LOCALIDAD	INFLUENTE		EFLUENTE (prevision)		N LECHOS	LONGITUD m	ANCHURA m	PENDIENTE ‰	VELOCIDAD HORIZONTAL MEDIA ms ⁻¹	SUPERFICIE m ² /EH
	DBO ₅ mg/l	SS mg/l	BDO ₅ mg/l	SS mg/l						
ACLE	394		20		2	50	35	2	0.66×10^{-4}	2.8
BROXTED	360		20		1	30	25	4	0.39×10^{-4}	3.3
HOLTBY	260	346	15	30	1	18	34	5	0.17×10^{-4}	4.7
ST. PAULS WALDEN	250		8		1	20	10	2	0.21×10^{-4}	4.0
STORMY DOWN	350		20		2	13.5	18.5	1.5	0.15×10^{-4}	2.5
WARDLE	150		18		1	25.7	17.8	2	0.62×10^{-4}	3.0
MARNHULL	250	200	10	20	2	21	35	4	0.22×10^{-4}	3.9
GRAVESEND 1)	1,000	1,500	180		1	35	35	2	0.55×10^{-4}	1.5
2)	250		120		1	35	35	2	1.30×10^{-4}	0.9
3)	380		120		1	35	35	2	0.83×10^{-4}	0.9
CASTLEROE	75	100	<20	<20	2	8	3.6	2	0.13×10^{-4}	2.2

DBO₅: demanda biológica de oxígeno a los 5 días.

SS: sólidos en suspensión.

EH: equivalente habitante.

mayor profundidad de enraizamiento frente a otras especies. En los tres primeros años después de la implantación se reduce el nivel del agua durante el período de crecimiento de las plantas para estimular la penetración en profundidad de rizomas y raíces.

En contraposición con otros métodos, en este sistema no se aconseja la recolección de biomasa en ningún momento, para evitar la compactación del suelo que causarían los equipos de recolección y para formar una capa de hojas muertas que favorezca el compostaje aerobio del lodo.

Estos sistemas han suscitado en los últimos años un gran interés, especialmente en Gran Bretaña, país que ha puesto en funcionamiento, bajo la coordinación del Water Research Center (Centro de Investigación del Agua), numerosas instalaciones experimentales con el fin de poder establecer un diseño y una forma de operar óptimos para estos procesos.

Las plantas emergentes han sido utilizadas también con éxito en Europa y Estados Unidos para el tratamiento de lodos procedentes de sistemas convencionales de depuración. Para ello se han plantado carrizos en lechos de secado, en un sustrato de arena con fondo de grava. El contenido de agua del lodo se reduce por la transpiración de las plantas y por percolación a través del sustrato y, además, se produce su estabilización por procesos aerobios y anaerobios.

Por otra parte, se han instalado igualmente plantas piloto para el tratamiento de vertidos procedentes de industrias petroquímicas y alimentarias con buenos resultados. Otro aspecto que recientemente se ha empezado a considerar es la posibilidad de usar sistemas con plantas emergentes en la depuración de vertidos ácidos de explotaciones mineras. Para esto se han utilizado eneas, ya que estas plantas son capaces de tolerar un pH muy bajo y acumular en sus tejidos altas concentraciones de metales pesados.

ORIENTACIONES PARA EL DISEÑO Y MANEJO DE ESTOS SISTEMAS

En primer lugar hay que tener en cuenta que los sistemas de depuración con plantas emergentes se encuentran todavía en fase de desarrollo y experimentación, no pudiéndose dar una información concreta para llevar a cabo un diseño y un mantenimiento óptimos de tales instalaciones.

Dado que, además, la mayoría de las experiencias realizadas se han llevado a cabo en países con unas características muy diferentes al nuestro, sería muy difícil y aun contraproducente en este momento fijar unas normas de construcción y operación, ya que la topografía, el tipo de vertido, el clima y el tipo de suelo de cada zona son factores que determinan en gran medida el diseño, la instalación y el mantenimiento del sistema de depuración.

A pesar de todo se puede ofrecer una serie de orientaciones que se consideran válidas de forma general.



Implantación del sistema

Elección del sitio

El sistema debe establecerse en lugares abiertos y no sombreados por arbustos y árboles. La superficie del suelo debe ser lo más plana posible, con una pendiente que no supere el 6 por 100, ya que con pendientes mayores es difícil asegurar un encharcamiento uniforme del suelo.

Elección de la especie o especies a utilizar

Se deben utilizar plantas de gran desarrollo y, en general, se suele recomendar el uso de *Phragmites* por su mayor profundidad de enraizamiento frente a otras especies. Probablemente lo más adecuado será tender a utilizar plantas que crezcan en la zona, ya que esto, por una parte, facilitará la obtención de material de plantación, y por otra se tendrá la seguridad de que la planta está bien adaptada a las condiciones locales.

Tipo de circulación del agua

La circulación del agua a través del suelo parece ser siempre más efectiva que una circulación de superficie, al menos para

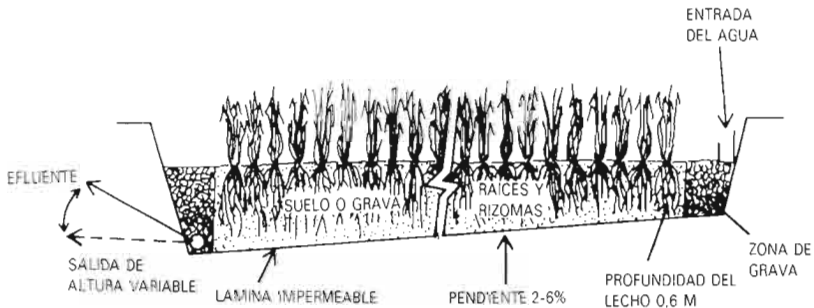


Fig. 10.—Esquema de un sistema típico de depuración con plantas emergentes (sección longitudinal).

eliminar la materia orgánica. Hay que tener en cuenta que los microorganismos que degradan la materia orgánica se encuentran principalmente en la zona de las raíces de las plantas (rizosfera).

Elección del suelo

Es importante que el sustrato de enraizamiento tenga buena estructura y que permita que el agua circule bien a su través, ya que si tal no ocurre se producirá mucho flujo de agua por encima de la superficie. Suelos de tipo franco-arcillo-arenosos, franco-arcillosos, arcillo-arenosos o similares, con contenidos de calcio superiores al 2 por 100, se consideran adecuados. También se puede sustituir el suelo existente por grava fina (3-10 mm), pero en este caso hay que tener en cuenta que la eliminación del fósforo probablemente no será buena.

Preparación del lecho

Para retener el agua en el sistema y evitar contaminaciones de aguas subterráneas se debe impermeabilizar la base del lecho, para lo cual es necesario extraer el suelo existente. La profundidad del lecho debe ser entre 0,6 y 0,8 metros, debiendo evitarse su compactación. En las zonas de entrada y salida del agua se debe utilizar un relleno de elementos gruesos, siendo interesante disponer de una salida de altura variable para poder manipular el nivel del agua. Las paredes laterales deben reforzarse y elevarse al menos 0,5 metros por encima del nivel del lecho para permitir la acumulación de lodo y restos vegetales.

Pretratamientos

Aunque estos sistemas se conciben como procesos de tratamiento integral, si el agua posee un gran contenido de sólidos es imprescindible al menos un desarenado previo para evitar un bloqueo prematuro de los poros del sustrato.



Establecimiento de la plantación

Se puede realizar por dos métodos:

- Por multiplicación vegetativa a partir de los rizomas.—Los rizomas son tallos subterráneos que permiten la propagación de las plantas emergentes, ya que a partir de ellos se desarrollan los brotes aéreos. La plantación de fragmentos de rizoma que porten yemas o brotes jóvenes asegura normalmente un buen y rápido establecimiento de las plantas. Este tipo de plantación puede hacerse a principios de primavera o a principios de otoño si la zona no es muy fría. Se considera que uno o dos fragmentos de rizoma por metro cuadrado son suficientes.
- Por semilla.—Este es un método más sencillo que el anterior, pero menos seguro, ya que pueden existir problemas tanto en la germinación como en el desarrollo de las plántulas durante las primeras semanas. Asimismo, el crecimiento de las plantas durante el primer año es menor con este tipo de implantación que con una propagación vegetativa.

Necesidades de superficie

De las experiencias realizadas en otros países se han obtenido diversas estimaciones de superficie y se han establecido incluso ecuaciones para realizar el dimensionamiento de estos sistemas. Sin embargo, no existen en este momento datos definitivos a este respecto y, además, hay que tener en cuenta que la información disponible proviene en su mayoría de instalaciones establecidas en países más fríos y con menores niveles de radiación solar que el nuestro.

A pesar de todo, hay un acuerdo general en considerar que la superficie que requieren los sistemas con plantas emergentes es sensiblemente menor a la necesaria para otros sistemas naturales como lagunajes o procesos de aplicación al suelo. A modo de orientación se considera que cifras del orden de dos a cuatro metros cuadrados por habitante podrían ser aceptables.

Manejo del sistema

Estos sistemas de depuración necesitan un mantenimiento mínimo una vez establecidos. Sin embargo, es importante controlarlos especialmente durante los dos o tres primeros años, para asegurar un adecuado establecimiento inicial de las plantas que proporcione un funcionamiento óptimo y una vida máxima.

Cuidados durante los primeros años

En general se considera que hasta los dos o tres años de su implantación estos sistemas no funcionan a rendimiento máximo. Para evitar bloquear el sistema con cargas iniciales excesivas se recomienda añadir al principio agua residual diluida o, en su defecto, como esta solución puede ser complicada, se sugiere alternativamente incluir en la base del lecho una capa de grava que facilite inicialmente el drenaje del agua.

Asimismo, una bajada del nivel del agua durante unos meses a partir de fines de verano (época en que se empiezan a



Fig. 11.—Los juncos han sido empleados también en sistemas de depuración.



desarrollar los rizomas) inducirá a las raíces y rizomas a penetrar en profundidad, incrementándose de esta forma la sección de suelo efectiva para el tratamiento.

Recolección de biomasa

No existe un criterio unánime sobre la conveniencia o no de recolectar periódicamente la biomasa aérea producida. En principio la recolección aumentaría el coste de mantenimiento del sistema de depuración, a menos que el producto obtenido pueda resultar de algún valor económico. Además, la capa formada por los residuos secos correspondientes a cada año puede contribuir también al tratamiento.

No obstante, el no recolectar la parte aérea puede dar lugar a que parte importante del nitrógeno y fósforo acumulados en las hojas se libere de nuevo al agua, si bien este aspecto no está bien cuantificado. Otro factor que puede hacer conveniente la recolección de biomasa es evitar que la capa de hojas muertas que se forma en el invierno haga el efecto de una pantalla que dificulte el paso de la luz a los brotes jóvenes. Si las plantas alcanzan gran desarrollo, este hecho puede retardar el crecimiento de los brotes en primavera, con resultados negativos para el sistema de depuración.

Vigilancia

El sistema de depuración deberá ser revisado periódicamente para comprobar su buen funcionamiento y solucionar anomalías, como atascos a la entrada, flujo superficial excesivo, existencia de zonas preferentes al paso del agua, etc. Igualmente se vigilará la acumulación anual de lodo y residuos vegetales. Una acumulación anual de lodo de un centímetro de altura se considera aceptable.

Vida del sistema

Se estima que un sistema con plantas emergentes bien diseñado y bien manejado puede durar al menos treinta y cinco años

sin necesidad de ser renovado. Cuando sea necesario levantar el sistema, el sustrato resultante será un material tipo turba, que podrá ser utilizado para fines agrícolas.

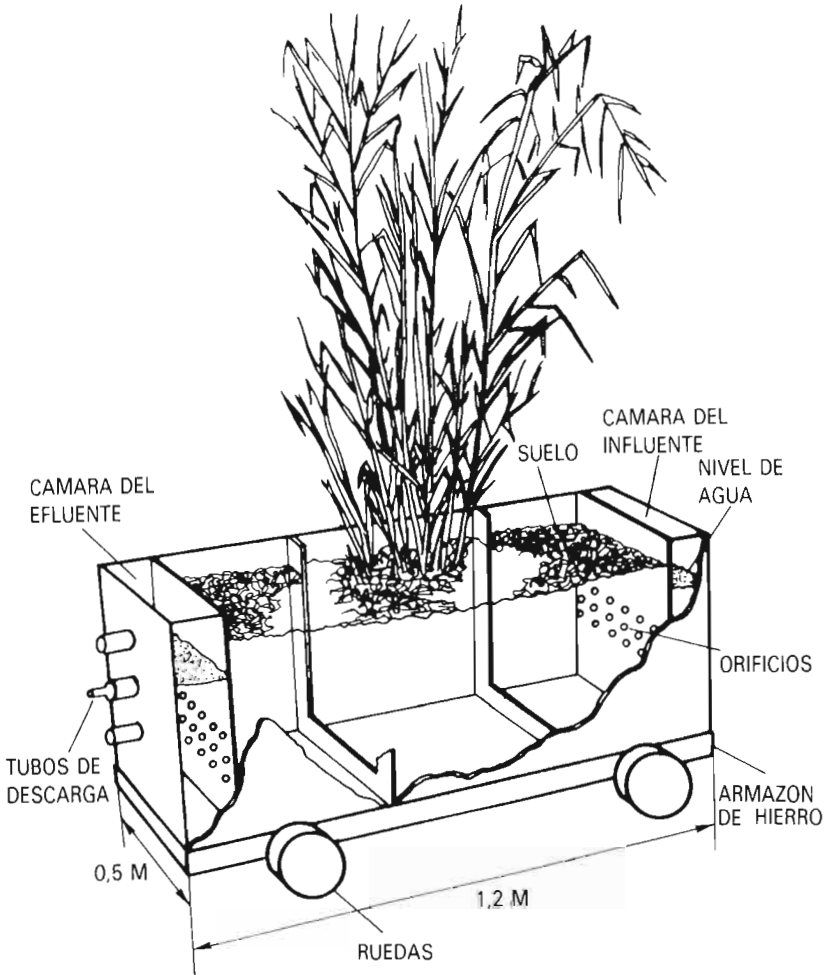


Fig. 12.—Esquema de un tanque-test diseñado por el Water Research Center de Gran Bretaña para ensayos de depuración con plantas emergentes.



APLICACION DE ESTOS SISTEMAS EN ESPAÑA

A la vista de los resultados obtenidos en otros países y teniendo en cuenta las condiciones climáticas españolas, se considera que la aplicación de los sistemas con plantas emergentes en nuestro país, en pequeños núcleos rurales o para industrias agrícolas, podría ser de gran interés. Los altos niveles de radiación solar y las altas temperaturas en el verano dan lugar a crecimientos espectaculares de estas plantas, y por ello probablemente se puedan llegar a obtener eficiencias depuradoras superiores a las obtenidas en países más septentrionales.

Un factor muy importante a tener en cuenta en nuestro país a la hora de establecer estos sistemas es el elevado consumo de agua que realizan las plantas en verano por transpiración. En experiencias realizadas por la autora en Madrid se han llegado a encontrar consumos de agua máximos, en cultivos de eneas desarrollados en aguas residuales, de hasta 10 cm. al día.

Este aspecto se puede considerar beneficioso en depuración, ya que la evapotranspiración aumenta la concentración de sales y se favorecen por ello los fenómenos de precipitación. Por otra parte, se produce agua pura en forma de vapor a partir del agua residual, lo que puede considerarse un proceso de depuración total. Sin embargo, si el agua depurada se quiere reutilizar, por ejemplo para riego, la evapotranspiración tiene como aspectos negativos el reducir el volumen de agua disponible y el aumentar su salinidad.

Estos altos consumos de agua pueden suponer un condicionante a la hora de diseñar el sistema de depuración, ya que si se utiliza una superficie excesiva se puede llegar a dar la circunstancia de que el agua que entre sea insuficiente para mantener la tasa de transpiración de la plantación. Se producirá entonces una falta de agua que, si es prolongada, puede llevar incluso a la muerte de parte de las plantas.

Por otro lado, las altas tasas de transpiración de las especies emergentes hacen que en España se puedan esperar muy buenos resultados en la utilización de estas plantas para el secado y tratamiento de lodos residuales.

Como punto final hay que incidir de nuevo en que, para poder abordar con garantías un sistema de depuración de este tipo en nuestro país, es necesario realizar una experimentación mediante instalaciones piloto, a fin de poder establecer de forma suficientemente precisa las condiciones óptimas de diseño y manejo. Para ensayos de tipo preliminar el Water Research Center, de Gran Bretaña, ha desarrollado unos tanques-tests móviles de dimensiones muy reducidas y construcción muy sencilla, que se han esquematizado en la figura 11.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION Y CAPACITACION AGRARIAS

SERVICIO DE EXTENSION AGRARIA

Corazón de María, 8 - 28002-Madrid