



[DEPURADORAS DE BAJO COSTE]

David Sospedra Iborra

ÍNDICE

	Pág.
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- SISTEMAS DE DEPURACIÓN.....	2
2.1- Métodos convencionales y no convencionales.....	2
2.2- Diferencias entre métodos convencionales y no convencionales.....	3
3.- OBJETO DE ESTUDIO.....	4
4.- SISTEMAS DE BAJO COSTE.....	4
5.- SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	5
5.1- En el terreno.....	6
5.1.1- <i>Tratamiento superficial</i>	6
5.1.2- <i>Tratamiento subsuperficial</i>	9
5.2- En agua.....	12
6.- OTROS SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE BAJO COSTE.....	16
6.1- Biodigestor de polietileno.....	16
7.- CONCLUSIÓN.....	18
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	19

1.- INTRODUCCIÓN

El agua cubre un 70% de la superficie de la corteza terrestre. Dentro de esta cantidad de agua, el 97% forma parte de los océanos como agua salada, y el resto es agua dulce. Si se tiene en cuenta que esa agua dulce se localiza distribuida de forma desigual, ya que el 2% se encuentra en los glaciales, la cantidad de agua aprovechable por el ser humano se reduce considerablemente.

La escasez de agua aprovechable hace que sea necesario que el agua se recoja masivamente en grandes presas, que circule de forma eficiente por pueblos, ciudades y zonas rurales, y que sea reutilizada para satisfacer su demanda.

Esta agua dulce contiene pequeñas cantidades de sales disueltas que mediante diversos métodos puede ser purificada y apta para beber. A este proceso se le llama proceso de potabilización. Después de usarla, ésta vuelve a recuperar su calidad inicial mediante diversos procesos de depuración. A este proceso se le llama proceso de depuración de aguas residuales que se distinguen del tratamiento de aguas potables.

Estas aguas ya usadas contienen desechos orgánicos, es decir, son aguas contaminadas por la orina y diversas sustancias fecales, llamadas agua negras. Es importante su depuración no sólo para satisfacer las necesidades del ser humano, sino que requieren su debida canalización y tratamiento para evitar que se produzcan graves problemas de contaminación.

Este proceso de depuración se consigue mediante diversos procedimientos físico-químicos y biotecnológicos que logran que el agua alcance la calidad requerida en base a ciertos parámetros estipulados.

2.- SISTEMAS DE DEPURACIÓN

Existen multitud de sistemas de depuración, los cuales se pueden dividir en dos importantes grupos según el coste de instalación y funcionamiento:

- **Métodos convencionales:** se trata de estaciones de depuración de aguas residuales.
- **Métodos no convencionales:** se trata de aprovechar las condiciones ambientales del medio para tratar el agua residual.

2.1- MÉTODOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

2.1.1- Métodos convencionales

Son plantas de depuración con las que se consigue recuperar la calidad del agua a partir de aguas negras que son tratadas mediante determinados procesos físico-químicos y biológicos. Con este proceso se consigue, por un lado, agua limpia o reutilizable en el ambiente, y por otro lado, residuo sólido o fango útil para su utilización o rehúso.

2.1.2- Métodos no convencionales

Son métodos de bajo coste que se utilizan para depurar el agua simulando la depuración que se produce en el medio ambiente de forma natural, es decir, es una forma de depuración que consiste en crear de forma simple y barata las condiciones y las fases de depuración que se dan en los sistemas naturales de forma espontánea.

La depuración de las aguas que ocurre de forma natural se caracteriza por la degradación que las bacterias aeróbicas producen en la materia orgánica, por los diversos procesos fotoquímicos que existen, por la digestión de contaminantes por parte de las plantas que lo usan como nutrientes para sí mismas, etcétera.

La capacidad de regeneración que se produce de forma natural dependerá tanto del caudal para que los vertidos se disuelvan y puedan ser degradados como de la cantidad de contaminantes que se acumulen, ya que pueden romper el equilibrio del ecosistema y puede llegar a ser difícil de recuperar si no sigue un proceso lento y/o se resuelve de forma artificial.

2.2- DIFERENCIAS ENTRE MÉTODOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

Gracias a las estructuras creadas en los métodos de depuración convencional, la eficiencia de cada una de las fases y los tratamientos de depuración es bastante mayor y más intensa que con los métodos no convencionales. Esto hace que no sea necesario poseer una gran extensión para realizar la depuración convencional, sin embargo, si se dispone de una gran extensión, los sistemas naturales son alternativas a tener en cuenta.

Otra de las diferencias a tener en cuenta es el consumo energético. Este gasto en los métodos no convencionales es nulo. Además, su mantenimiento y gestión de fangos es más bien escaso.

Ambos métodos son válidos para que los vertidos alcancen los niveles necesarios que la calidad de las aguas residuales precisen en base a los parámetros establecidos por la ley. No obstante, es necesario tener presente que el uso de una u otra metodología dependerá de su destino, es decir, no se empleará el mismo método tanto para comunidades grandes como comunidades pequeñas. Hay que tener en cuenta que las comunidades pequeñas tienen un coste de implantación y funcionamiento por habitante mucho mayor que lo que pueda suponer el coste en una gran comunidad, con lo cual, el agente económico es un factor limitante a la hora de decantarse entre un método y otro.

3.- OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio del presente trabajo es el de los sistemas de depuración no convencionales, también llamados pasivos o de bajo coste. Actualmente, estos sistemas han crecido gradualmente, ya que las ventajas que proporciona suponen una competitiva inversión.

Como se ha expuesto anteriormente, la depuración de las aguas residuales de pequeñas comunidades no tiene por qué ser llevada a cabo por una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Obviamente, existen poblaciones con pocos recursos y tecnologías insuficientes que impiden la instalación de depuradoras convencionales. Una alternativa a esta situación es la depuración de bajo coste.

4.- SISTEMAS DE BAJO COSTE

Un sistema de bajo coste es aquél en el que los tratamientos físico-químicos y biológicos se llevan a cabo con poco dinero y con bajos gastos de mantenimiento. Estos sistemas de bajo coste se pueden dividir de la siguiente forma:

- ✚ **Primarios:** son sistemas que suelen incorporar filtros superficiales como zanjas y pozos filtrantes. Dentro de este grupo se encuentran los tanques Imhoff, las fosas sépticas y otras técnicas de decantación primaria.
- ✚ **Basados en tecnologías blandas:** dentro de este grupo se encuentran los biodiscos, los filtros verdes, los lechos bacterianos, así como los lagunajes naturales.
- ✚ **Sistemas convencionales aplicados a pequeñas poblaciones:** son sistemas convencionales como los que se aplican en las grandes ciudades, pero sus estructuras son simplificadas y acopladas a pequeñas plantas. Dentro de

este grupo se encuentran todo tipo de sistemas aireados prolongados, tanto naturales como artificiales. Algunos ejemplos de ellos son los sistemas activos de fangos y los lagunajes.

Así pues, de forma esquemática, estos sistemas de depuración se pueden dividir de la siguiente forma:

Sistema	Biomasa en suspensión	Biomasa adherida	Sistemas mixtos o primarios
Natural	- Lagunaje natural - Lagunas aireadas	- Filtros verdes - Pozos y zanjas filtrantes - Lechos de turba y filtros de arena	- Humedales
Convencional	- Fangos activos	- Lechos bacterianos - Sistemas rotativos	- Fosas sépticas - Tanques Imhoff

5.- SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN DE AGUAS

RESIDUALES

Como ya se ha explicado anteriormente, los sistemas naturales de depuración de aguas residuales tienen la finalidad de devolver la calidad del agua mediante la relación que existe entre los organismos de un ecosistema determinado sin la necesidad de realizar ningún aporte energético ni químico.

Según el tipo de aplicación del sistema natural que se emplea, se pueden dividir siguiendo la siguiente clasificación:



5.1- EN TERRENO

5.1.1- Tratamiento superficial

5.1.1.1- Filtros verdes

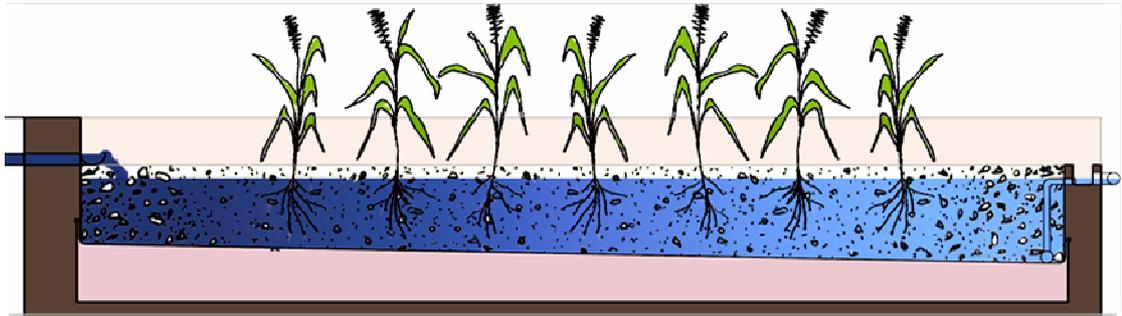
5.1.1.1.1- Definición

Simulan las fases de depuración que suceden en los bosques húmedos y los campos durante un largo periodo de tiempo, donde las aguas residuales se reparten en forma de riego por todo el suelo. El propósito de este proceso es el de desarrollar un mecanismo biológico aeróbico que establezca la cantidad de materia orgánica de una determinada agua residual.



5.1.1.1.2- Funcionamiento

La filtración de materiales sólidos en suspensión se consigue fácilmente dependiendo del tipo de terreno con el que se esté trabajando, ya que si es un suelo arcilloso será un proceso muy efectivo pero lento, y si es arenoso sucederá de forma totalmente opuesta a la anterior; proceso rápido pero menos efectivo. Las raíces de las plantas asimilan los contaminantes/nutrientes que las aguas residuales les proporcionan.



Mientras tanto, los microorganismos del suelo como las bacterias, los hongos y las algas descomponen la materia orgánica del agua residual y además reciclan los componentes nutritivos.

5.1.1.1.3- Problemática

A pesar de que es un sistema sencillo, fácil de explotar, sin consumo energético ni generación de lodos, son sistemas cuya agua suele perderse por evapotranspiración o filtrarse pasando a formar parte de aguas subterráneas y acuíferos. Además, se necesita una gran extensión para su implantación y estar alejado de acuíferos para que las posibles filtraciones que existan no los contaminen.

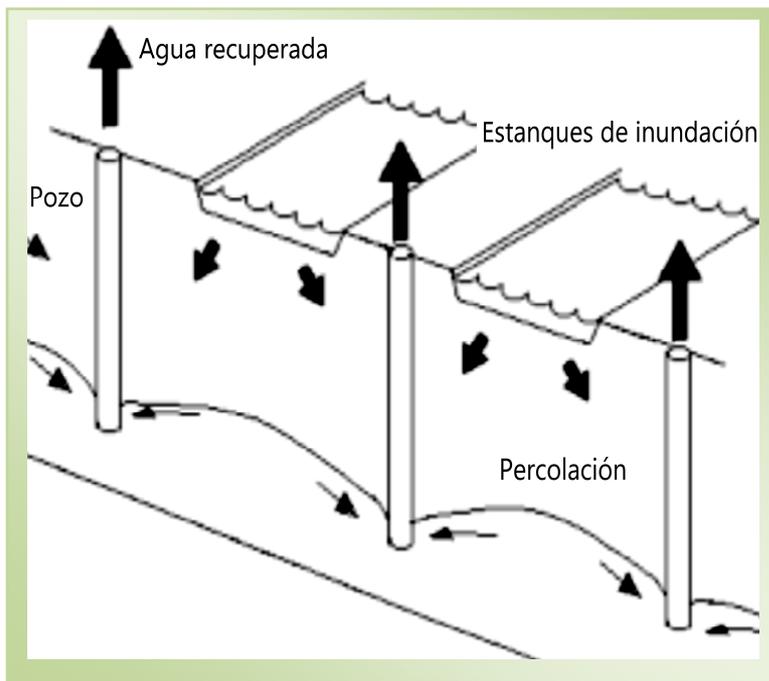
5.1.1.2- Infiltración rápida

5.1.1.2.1- Definición

El primer objetivo de la infiltración rápida es el del tratamiento avanzado de las aguas residuales, y el segundo objetivo es el de recargar los acuíferos y extraer el agua a través de pozos y diversas técnicas de drenaje para recuperarla.

5.1.1.2.2- Funcionamiento

El funcionamiento de este sistema consiste en hacer pasar el agua residual por un suelo que la filtre. Éste ejerce, básicamente, como filtro para el tratamiento terciario.



Estos suelos son muy permeables, normalmente, sin vegetación. Los depósitos de tierra son poco hondos para que el agua residual pase fácilmente a través de los poros del fondo y circule hacia el agua subterránea. Es importante hacer funcionar este sistema de forma intermitente con el

fin de airear el suelo de oxígeno y crear unas condiciones aerobias. Una vez el suelo se seca, tanto la descomposición aerobia como el proceso de nitrificación se ponen en marcha. Posteriormente, al aportar de nuevo agua residual, el nitrato se lixivia hasta alcanzar las condiciones anaerobias que permitan la desnitrificación.

Finalmente, el agua tratada se vierte al terreno que lo precise mediante diversos métodos como la aspersión, entre otros. Es recomendable que antes de usar el agua tratada sobre el terreno se realice una decantación primaria para eliminar los sólidos en suspensión.

5.1.1.2.3- Problemática

Este método retiene el fósforo y los metales pesados, lo cual es importante para la calidad del agua. No obstante, el suelo no tiene mucha capacidad de retención de sales solubles, tales como el sodio y los cloruros, con lo que la mayoría de estas sales pasan del agua residual al agua tratada.

El mantenimiento es escaso, si bien, es conveniente rastrillar la superficie del fondo antes de cada suministro para esparcir los sólidos e impedir que se forme un manto impermeable.

5.1.2- Tratamiento subsuperficial

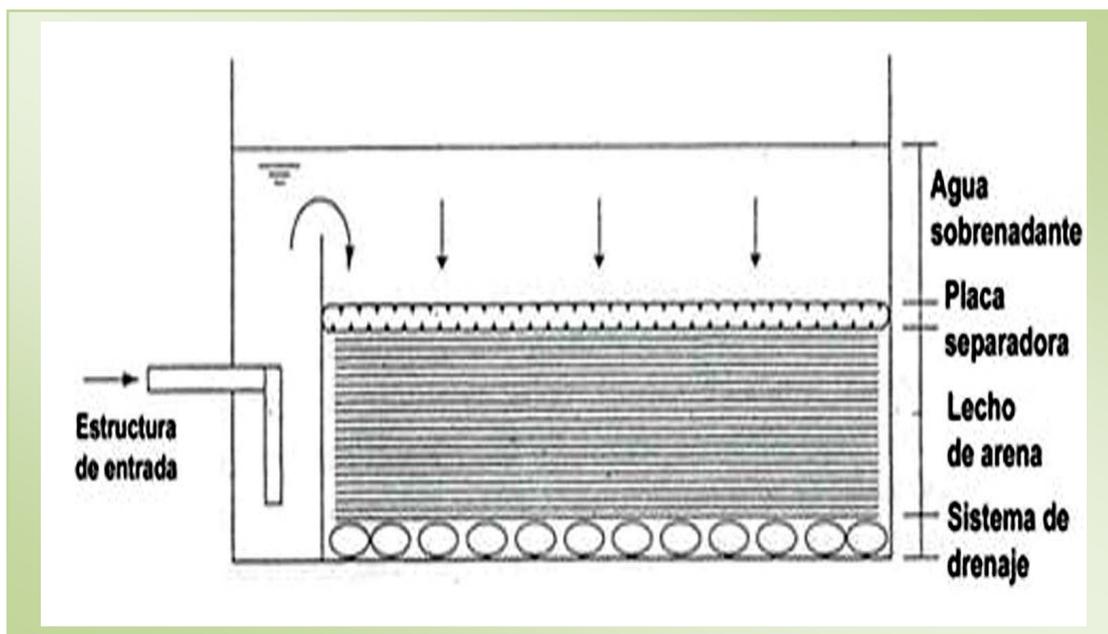
5.1.2.1- Filtros de arena

5.1.2.1.1- Definición

Es una capa formada por granos de pequeño tamaño y uniforme que se encuentra debidamente drenada en el fondo con el objetivo de depurar el agua que previamente ha sido tratada por otros tratamientos como el de la fosa séptica.

5.1.2.1.2- Funcionamiento

El funcionamiento es sencillo. Básicamente se hace pasar el agua residual a través de la capa de arena. Esta agua se vierte de forma intermitente en un filtro granular donde se retienen las partículas más grandes formando de esta forma una capa porosa muy fina y facilitando la adsorción. Esta capa porosa estará formada por algas y bacterias cuyo conjunto actuará de filtro físico-biológico.



5.1.2.1.3- Problemática

Hay que tener controlado el taponamiento del filtro, ya que, después de un tiempo, los poros de la arena se tapan y hay que limpiarlos retirando unos cinco centímetros de la capa superior. De todos modos, estos filtros de arena son bastante resistentes al taponamiento en comparación con otros sistemas de filtrado. A parte de esto, también hay que controlar que el sistema tenga la temperatura adecuada y exista una correcta aireación del filtro.

Asimismo, es importante destacar que los filtros de arenas suelen ser sistemas complementarios a otros sistemas de depuración, pues su capacidad de eliminación de la DBO_5 y de los sólidos en suspensión no es del todo efectiva.

5.1.2.2- Zanjas y lechos filtrantes

5.1.2.2.1- Definición

Se trata de zanjas poco profundas y no muy anchas cavadas en el terreno que acogen las aguas residuales ya tratadas mediante diversos sistemas primarios, como pueden ser los tanques Imhoff o las fosas sépticas, y se distribuyen a través de tuberías

de drenaje ubicadas sobre una capa de arena. Los lechos filtrantes son procesos similares al de las zanjas, pero éstas son más anchas.

5.1.2.2.2- Funcionamiento

Del tratamiento primario llega el agua residual que se dirige hacia un mecanismo de distribución donde se les suministra, de forma intermitente, el agua a las múltiples zanjas, facilitando de este modo la aireación de las que permanecen en reposo.

La infiltración se produce en el fondo de las zanjas, pudiendo haber infiltraciones también sobre las paredes verticales en el caso en el que se produzcan atascamientos.

5.1.2.2.3- Problemática

Como la mayoría de los sistemas de depuración de bajo coste, el consumo energético y los costes de funcionamiento y mantenimiento son prácticamente nulos. Sin embargo, se necesita una gran extensión de terreno que posea una determinada permeabilidad y que esté alejada de los acuíferos.

(5.1.1 - 5.1.2) Característica común de los tratamientos en terreno

Todos estos tratamientos se llevan a cabo mediante técnicas naturales, físico-químicas y biológicas, en el que la conexión entre el agua, el suelo y la vegetación han permitido avanzar en el desarrollo de las estructuras de estos tratamientos en vistas a nuevos sistemas de depuración.

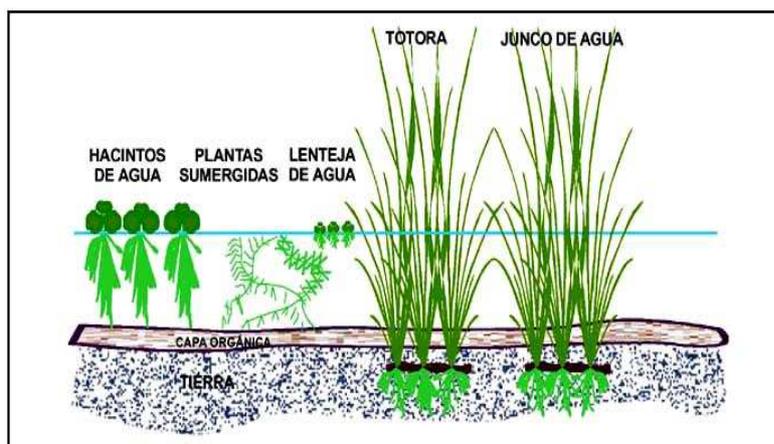
5.2- EN AGUA

5.2.1- Humedales

5.2.1.1- Definición

Los humedales son zonas, generalmente, con mucha vegetación, que se inundan de agua ininterrumpidamente.

Pueden ser tanto artificiales como naturales, y pueden ser usados como parte de un proceso de depuración de aguas residuales, generalmente, para



zonas rurales y poco pobladas con baja carga de contaminación en las aguas.

5.2.1.2- Funcionamiento

El funcionamiento consiste en hacer pasar el agua mediante un canal repleto de plantas enraizadas al sustrato y plantas que se encuentran en la superficie de ésta.

Las plantas sumergidas enraizadas crean un soporte fijo que permite el crecimiento de las bacterias y bombean oxígeno favoreciendo la vida aerobia de los microorganismos. Con las plantas, lo que se consigue es ralentizar la corriente de agua favoreciendo la sedimentación de la materia orgánica y evitar la aparición de algas verdes. Con ellas, también se consigue eliminar el nitrógeno y el fósforo del agua, ya que éstas lo asimilan en sus estructuras naturales.

Después de este proceso, el agua ya está preparada para reusarla en las diversas actividades de regadío o para dirigirla a los acuíferos.

5.2.1.3- Ventajas y desventajas

Este sistema de bajo coste no sólo es beneficioso económicamente, sino que ayuda a aprovechar el agua de una forma natural y ecológica respetando el medio ambiente.

Se trata de un método bastante específico para depurar el agua, puesto que su uso se reduce a zonas amplias y poco urbanizadas. Sin embargo, constituye un sistema importante en los países en vías de desarrollo, donde la actividad industrial es más bien escasa, y por tanto, ideal para este tipo de sistemas.

5.2.1.3 (a)- Ventajas

- Los costes de instalación y funcionamiento son reducidos.
- Se realiza un mantenimiento esporádico y técnicamente sencillo.
- En comparación con las depuradoras convencionales, se utiliza una menor cantidad de microorganismos biodegradables.
- Se caracterizan por su bajo consumo energético y la baja producción de fangos. Estos fangos pueden ser utilizados para producir energía, o para usarlos como fertilizantes.
- El caudal no tiene por qué ser constante, con lo que se puede usar en zonas donde la cantidad de agua varía según la época del año.
- Los restos vegetales pueden transformarse en alimento para el ganado.

5.2.1.3 (b)- Desventajas

- A diferencia de los métodos convencionales, es necesario disponer de una gran superficie de terreno, lo que limita su uso a poblaciones rurales con bajo nivel de urbanización.
- Los vertidos deben contener materia orgánica totalmente biodegradable.
- Se pueden encontrar partículas en suspensión en el efluente final.

- Este sistema es bastante sensible a los cambios de temperatura por insolación y a los vertidos tóxicos provenientes de las actividades industriales. Todo esto puede afectar al equilibrio biológico del sistema.

5.2.2- Lagunaje

5.2.2.1- Definición

Es un sistema parecido al de los humedales. Se trata de depurar el agua residual aprovechando las cualidades depuradoras que tiene la vegetación acuática. Básicamente, se trata de que las plantas funcionen como soporte de las bacterias y los contaminantes sean absorbidos como nutrientes por las mismas plantas.

5.2.2.1- Funcionamiento

Consiste en almacenar el agua residual durante un determinado tiempo, el cual dependerá de las condiciones climáticas y la carga contaminante de dicha agua. De este modo, la materia orgánica será degradada por los microorganismos presentes en el agua, y la depuración del agua se llevará a cabo gracias a las diversas reacciones físico-químicas y biológicas que ocurren en estas lagunas. Según la cantidad de oxígeno existente, se pueden diferenciar los siguientes tipos de lagunajes:

- I. Lagunas anaerobias: se trata de una combinación de bacterias formadoras de ácidos que descomponen la materia orgánica en productos intermedios y bacterias anaerobias que transforman dichos productos en gas metano, amoníaco, etcétera. El oxígeno disuelto es prácticamente inexistente debido, generalmente, a la profundidad y la alta carga orgánica del agua. En definitiva, los sólidos suspendidos sedimentan y son eliminados por las bacterias presentes en el fondo. El problema de este tipo de tratamiento es que se puedan producir hedores si la técnica no está bien diseñada. Generalmente, este tipo de lagunas funcionan como tratamiento primario en el proceso de depuración, siendo las primeras de una cadena de lagunas.



II. Lagunas facultativas: se distinguen tres zonas; la parte superficial es la zona aerobia donde se produce oxígeno gracias a la fotosíntesis de las algas. Este oxígeno es aprovechado por las bacterias, y éstas, a su vez, desprenden dióxido de carbono que es aprovechado por las algas. En la parte intermedia se encuentran los microorganismos que usan el carbono como fuente de energía y lo oxidan. Tanto el fósforo como el nitrógeno como el carbono restante se usan para crear nuevas células. En el fondo se encuentra la zona anaerobia donde se producen los procesos de fermentación, como ocurre en el apartado anterior. Generalmente, este tipo de lagunas funcionan como tratamiento secundario en el proceso de depuración, siendo las segundas de una cadena de lagunas.

III. Lagunas aerobias: son lagunas poco profundas y aerobias en su totalidad. Sirven para eliminar componentes nocivos gracias a la acción solar, oxigenar el efluente y reducir al mínimo nivel la DBO_5 hasta alcanzar un agua de buena calidad. Generalmente, este tipo de lagunas funcionan como tratamiento terciario en el proceso de depuración, siendo las terceras de una cadena de lagunas. Sin embargo, solamente se hace uso de ellas cuando se quiere obtener un nivel de depuración elevado, ya sea por satisfacer las necesidades de calidad del agua que quiera el receptor como por otros motivos.

5.2.2.3- Problemática

A pesar de que se producen pérdidas de agua por evaporación, aparece una gran concentración de algas y se necesitan grandes extensiones de terreno con una climatización constante, este proceso proporciona altos rendimientos de depuración y apenas requiere mantenimiento (la retirada de los fangos se realiza entre los seis y los doce años).

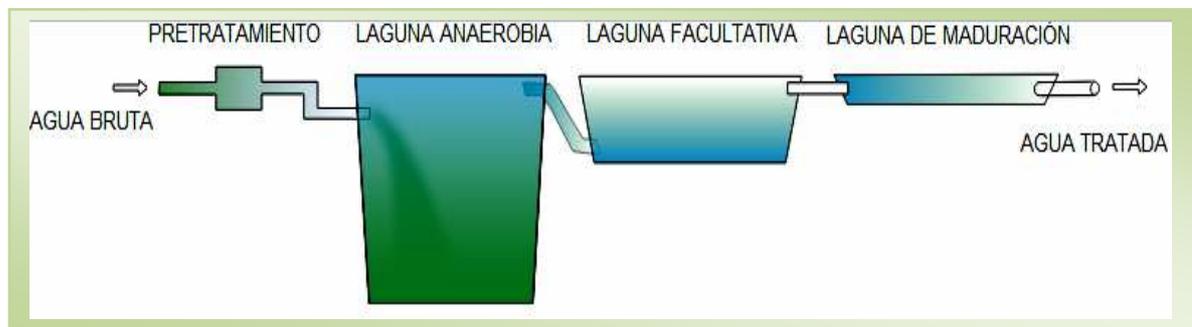
(5.2.1 - 5.2.2) Característica común de los tratamientos en agua

En resumen, estos sistemas que actúan sobre el agua depuran la depuran gracias a la actividad de las plantas y los microorganismos que transforman los contaminantes. Ambos asimilan sus respectivos nutrientes mejorando el rendimiento de estabilización de las aguas.

6.- OTROS SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE BAJO COSTE

Uno de los sistemas de depuración de bajo coste a tener en cuenta son los biodigestores de polietileno.

6.1- BIODIGESTOR DE POLIETILENO



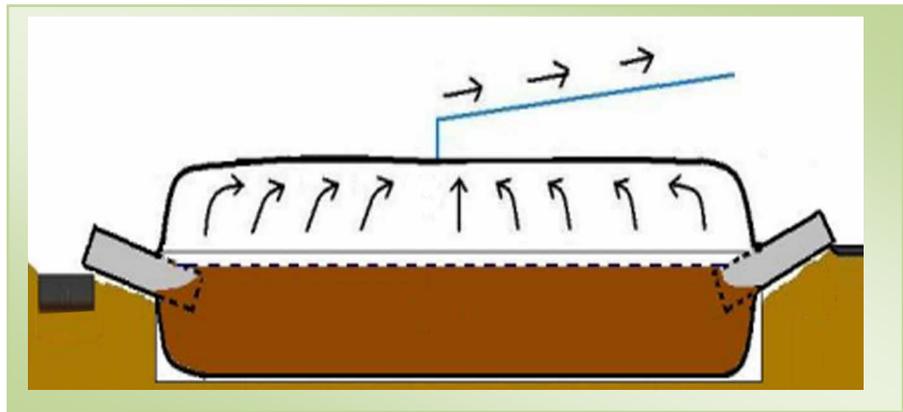
6.1.1- Definición

Los biodigestores se emplean para eliminar la contaminación de las aguas residuales de forma productiva. Aprovechan la materia orgánica, es decir, tanto residuos animales, vegetales como humanos, para producir biogás (energía) y biol (fertilizante).

6.1.2- Funcionamiento

El sistema está formado por un tanque hermético donde se produce la fermentación en la zona inferior, y se recoge el gas en la zona superior.

El agua residual entra en el biodigestor, se produce la digestión de la materia orgánica gracias a la actividad de las



bacterias, y sale por el otro extremo sin dicha materia.

Por un lado, la energía se libera gracias a la digestión de la materia orgánica que se produce en el interior del biodigestor, la cual se transforma en biogás. Por otro lado, el agua que sale del extremo es rica en nutrientes y materia orgánica, lo que hace que se pueda usar como fertilizante directamente, ya que la digestión anaerobia que se produce en el interior del biodigestor elimina los olores y los componentes nocivos presentes en los excrementos. Esto representa que el agua obtenida puede ser usada para actividades de riego de todo tipo de cultivo.

6.1.3- Problemática

Las principales ventajas de este sistema de depuración son:

1. Reducción de la fabricación de metano que daña la capa de ozono y produce malos olores.
2. Disminución de la contaminación de los suelos y las aguas.
3. Disminución de la tala de árboles que puedan ser usados como combustibles.
4. Producción de fertilizante orgánico.
5. Sistema económico para familias con pocos recursos.

Las principales desventajas de este sistema de depuración son:

1. Almacenamiento de la materia orgánica cerca de los biodigestores.
2. Existe riesgo de explosión si no se cumplen con las medidas de seguridad de los gases combustibles.

7.- CONCLUSIÓN

Se han explicado los sistemas de depuración de bajo coste más representativos. Obviamente, existen muchos otros sistemas de bajo coste que usan técnicas similares a las que se han visto en las explicaciones anteriores, y técnicas totalmente novedosas que no han sido explicadas pero que forman parte de un abanico inmenso de posibilidades en la depuración de las aguas residuales.

No obstante, todas ellas comparten el mismo objetivo: depurar las aguas residuales a bajo coste, aprovechando la energía y los elementos que la naturaleza nos proporciona.

Son buenos sistemas de depuración, aunque no son suficientes para poblaciones con gran densidad demográfica, sin embargo, pueden ser la solución para poblaciones pequeñas, rurales o países poco desarrollados que no se puedan permitir sistemas depuradores convencionales más costosos.

8.- BIBLIOGRAFÍA

8.1- DOCUMENTOS IMPRESOS

- TRAPOTE JAUME, Arturo. *Depuración de aguas residuales urbanas*. Universidad de Alicante: San Vicente del Raspeig, 2011. 433 p. Textos docentes / Universidad de Alicante. ISBN 9788497171724.
- SALAS RODRÍGUEZ, Juan José. PIDRE BOCARDO, Juan Ramón. SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, Luciana. *Humedales artificiales*. Sevilla: Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua CENTA, 2007. 111 p. ISBN 9788461168859.

8.2- DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

- PUCCI, Beatrice. *Depuración natural de las aguas* [en línea]. Agencia Regional para la Protección del Medio Ambiente de Toscana. Disponible en Web: <<http://www.undp.org/cu/pdhl/ideass/ConstructedWetlandsest.pdf>>.
- ABALOS RODRÍGUEZ, Arelis. *Biotecnología ambiental y tratamiento biológico de residuos* [en línea]. Disponible en Web: <<http://monografias.uo.edu.cu/index.php/monografias/article/viewFile/2/3>>.



- VALENTINUZZI, Fabián. *Ingeniería de tratamiento de aguas residuales* [en línea]. Minería sustentable. Disponible en Web: < <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=2521>>.
- YTAPAYEX. *Implementación de biodigestores* [en línea]. Bolivia, 2005. Disponible en Web: < <http://www.ytapayex.com/tecnologia/dw/2IT.PDF>>.
- DELGADILLO, Oscar. CAMACHO, Alan. PÉREZ, Luis Fernando. ANDRADE, Mauricio. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales* [en línea]. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Disponible en Web: < http://www.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/dep_aguas_residuales.pdf>.
- PASTÓ, Elisenda. *Sistemas de depuración natural de aguas residuales en Moxos, Amazonia boliviana* [en línea]. Agencia Regional para la Protección del Medio Ambiente de Toscana. Disponible en Web: <<http://www.ceam-ong.org/wp-content/uploads/2010/04/14.depuracionl.pdf>>.

