

FILTROS VERDES: UNA ALTERNATIVA REAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS.

Autores: Carlos López Martín, Concha Germán Bes, Asunción Francisco Lafuente y Cristina Herce Palomares. Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud. Universidad de Zaragoza. Correo electrónico: cgerman@posta.unizar.es

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	1
PROBLEMAS ACTUALES MAS RELEVANTES EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS (A.R.U).....	2
¿QUE ES UN FILTRO VERDE.....	2
VENTAJAS	3
LIMITACIONES:.....	3
CRITERIOS DE ADMISIÓN:.....	3
CRITERIOS DE RECHAZO:.....	4
SELECCIÓN DEL CULTIVO:.....	4
ASPECTOS SANITARIOS:.....	5
PROGRAMA DE ACTUACIÓN LOCAL:.....	5
DISEÑO DEL FILTRO VERDE.....	6
MANTENIMIENTO:.....	6
PROGRAMA EDUCATIVO:.....	6
CONCLUSIONES:	7
BIBLIOGRAFIA:	8

INTRODUCCIÓN

El incremento de las aguas residuales constituye un grave problema, ya que el volumen producido diariamente en cualquier comunidad es cada vez mayor al asimilable por la biosfera. En Aragón son cada vez más los municipios que debido al nivel de contaminación alcanzado buscan una solución, que en muchos casos se ve aparcada por el alto coste que supone montar una "Planta Depuradora".

Esto nos llevó a investigar acerca de alternativas de Depuración eficaces, y al mismo tiempo asequibles, para nuestros pequeños municipios.

Características de las aguas residuales

Contienen las materias recibidas durante su empleo doméstico en forma: disuelta, en estado coloidal y en suspensión. El contenido medio por habitante y día es aproximadamente: Nitrógeno 12.8 gr. Fosfatos (P₂O₅)5.3 gr., Potasio 7gr., y Sustancias Orgánicas 55 gr.(Hernández León,Manuel,1989.)

Cómo índice de la cantidad y calidad de la materia orgánica en estas aguas se emplea D.B.O.: Peso en mg de O₂ necesarios para asegurar la degradación por vía biológica de la materia orgánica contenida en un litro de agua. La D.B.O. de las aguas domésticas es variable, pero como valor medio puede calcularse en 35 gr. por habitante/día (Padró Simarro, Antonio 1996).

En cuanto a los METALES PESADOS: Hay que tener en cuenta que en las aguas residuales rurales el principal problema lo constituye la Materia Orgánica, y no los metales pesados, ni otros compuestos tóxicos extraños, pues no suele haber industrias...que los produzcan. Sin embargo hacemos un pequeño inciso: la eliminación de metales pesados en el suelo, se debe a fenómenos de adsorción, precipitación, intercambio iónico... La adsorción ocurre principalmente en la superficie de minerales arcillosos, óxidos metálicos y materia orgánica, lo que implica que los suelos de textura fina y contenido orgánico, permiten mayor eliminación de metales, frente a suelos arenosos de menores rendimientos. En los procesos de riego se suelen obtener altos rendimientos (>90%) por lo que su eliminación no es un condicionante de diseño. Otra cuestión a tener en cuenta es su posible toxicidad a los cultivos y a su consumo (ya que son bioacumulables) , pero ese no es nuestro caso.

Problemas actuales mas relevantes en materia de Aguas Residuales Urbanas (A.R.U)

- El gran número de industrias que vierten residuos al alcantarillado urbano causando efectos tóxicos en el Medio Ambiente. (Collado Lara,1991)
- Problemática ambiental. Olores...(Hernández León, Manuel 1989).
- Problemática Energética: Se debe tender en el futuro a usar métodos que conserven la energía y nutrientes propios del agua. (Padró Simarro, Antonio,1989).

Los métodos de depuración actualmente más usados son:

- Métodos Físicos: Desbaste, sedimentación.. que eliminan sólidos sedimentables.
- Métodos químicos y biológicos en creciente auge en los últimos años; efectivos en la eliminación de ciertos microorganismos, pero no en todos. A la vez que cuestionados por la incorporación de productos químicos de dudosos efectos en la salud.
- Tratamiento combinado de los dos anteriores: para eliminar el N₂ y P₃ que no eliminan los métodos químico-biológicos.

Los Métodos de tratamiento por evacuación al terreno, como son los Filtros Verdes, (Tecnologías de Bajo Coste y Explotación), combinan los tres métodos anteriores y son capaces de producir agua de calidad semejante a la que se obtiene con los tratamientos avanzados en las Depuradoras de Aguas Residuales (DAR)

Los métodos alternativos más estudiados actualmente son: Evacuación al terreno (P834-835 Metcalf y Eddy) y Depuración por especies acuáticas (Collado Lara,1991). La ventaja de estos sistemas respecto a los ya usados, es que son capaces de reutilizar los nutrientes presentes en las Aguas Residuales y producir Vegetales de aprovechamiento posterior (Padró Simarro, 1994.). También se observa una tendencia en el futuro hacia sistemas de Depuración que minimicen el consumo de Energía por distintas estrategias (Enclave de la Planta en alto, incorporar instalación de Energía Solar...).

¿QUE ES UN FILTRO VERDE

Se denomina Filtro Verde a una Tecnología de Bajo coste y explotación que aprovecha la capacidad física, química y biológica del suelo para depurar las aguas residuales.

- FÍSICA: Filtración según granulometría:
 - Suelo Arcilloso: Diámetro partículas<1/16mm.Lenta y efectiva.
 - Suelo de Grava: Tamaño de Grano>2mm.Rápida y poco efectiva.
 - Suelo Franco: Intermedio.

- **QUÍMICA:** Asimilación de sustancias químicas como nutrientes, por plantas como chopos, carrizos, juncos...(Collado Lara,1991.)
- **BIOLÓGICA:** Metabolización por microorganismos de la materia orgánica. Se admite que los microorganismos del suelo y de las raíces de las plantas pueden llegar a eliminar hasta un 85% de la Materia Orgánica que aquel reciba. Por otra parte, la vegetación clorofílica asimila, siempre que la carga de aguas residuales se mantenga dentro de ciertos límites, los compuestos nitrogenados, fosfóricos y potásicos que contengan. (Padró Simarro1996).

Todo ello hace que este sea el sistema de depuración de aguas de Pequeñas comunidades más Ecológico y Económico. También tiene inconvenientes como la posibilidad de supervivencia y transmisión de patógenos, cuando se utilice vegetación para consumo humano o de ganado; lo que no es nuestro caso.

Ventajas

- 1- Es una Tecnología de bajo coste de mantenimiento y construcción. Económica y ecológica. Sin Ruidos.
- 2- Facilita la Repoblación Forestal. Produce rentabilidad maderera. Se puede aprovechar terreno no cultivable.
- 3- Reduce el impacto ambiental de las aguas residuales rurales.
- 4- No precisa personal especializado (Técnicos) para el control de la Depuradora. El Alguacil es suficiente.
- 5- Permite instalar nidos para pájaros insectívoros.
- 6- No produce fangos.

Limitaciones:

- 1- Riesgo de contaminación del Acuífero.
- 2- Se precisa abundante superficie disponible (1ha ./ 200habitantes).
- 3- Pueden producir molestias como: el mal olor, hierbas, moscas y mosquitos.
- 4- El exceso de Nitrógeno en el agua puede provocar el crecimiento desordenado de los chopos, y su falta de lignificación, lo que puede provocar rotura de ramas y copas, especialmente en zonas con vientos muy intensos y constantes.
- 5- Restricciones climáticas: Períodos muy fríos ó muy lluviosos.
- 6- No puede haber pozos ni tomas de agua potables cercanas.

Criterios de admisión:

- Población de 500 a 25.000 habitantes.
- Suelo semipermeable (ni arcilloso ni arenoso) con un cierto contenido en gravas (Franco).
- Aguas residuales no industriales (por los tóxicos) y sin contaminantes nocivos para los cultivos.
- Terreno llano disponible, a un mínimo de 500 metros de la población en la dirección de los colectores y contra el viento.
- Area < a 1 hectárea/200 habitantes
- Trazado previo de colectores.
- Profundidad capa Freática Mayor de 2 metros

Criterios de rechazo:

1. Zonas de pozos ó tomas de agua.
2. Población > 25.000hab.
3. Compuestos nocivos.
4. Suelo arcilloso. Filtración efectiva pero muy lenta.
5. Suelo arenoso. Filtración rápida pero poco efectiva.
6. Elevado coste económico del colector.
7. Profundidad de tierra permeable < 1 m.
8. Capa freática a menos de 1.2m. de superficie.

Selección del cultivo:

Las plantas se utilizan en los sistemas de aplicación al terreno para:

1. Captar Nitrógeno.
2. Mantener e incrementar las tasas de entrada de agua y la permeabilidad del suelo.
3. Disminuir la erosión.
4. Servir como medio para los microorganismos (Collado Lara,1991).

Los cultivos pueden ser agrícolas ó forestales. Haremos referencia a éstos últimos que son los que más frecuentemente encontramos en nuestro país. Los más comunes son las choperas y algún pinar.

Capacidad de asimilación de nutrientes:

En la fase inicial de crecimiento de los cultivos forestales, la asimilación es baja (1 ó 2 años). Después crece rápidamente permaneciendo constante hasta la madurez. En el caso de los chopos, además podemos hablar de dos períodos vegetativos a lo largo del año: Uno de Actividad vegetativa (Primavera - Otoño), es el de mayor actividad. Otro de Reposo (Otoño - Primavera).

Tolerancia del cultivo: condiciones de humedad en el suelo.

Se escogen aquellos que tienen alta tolerancia al agua ó a la humedad, es decir, aquellos que pueden permanecer un largo tiempo con altas humedades en el suelo, sin sufrir daños ni reducciones en la productividad. Esta característica es muy importante para maximizar las cargas hidráulicas de aplicación. Reseñar que entre los cultivos forestales presentan mayor tolerancia los arboles de hoja caduca, y menor los pinos.

Si bien la selección del cultivo es fundamental hay que destacar la poca información existente sobre la rentabilidad y las propiedades de eliminación de tóxicos de las distintas especies vegetales. Ello nos lleva a ceñirnos sobre todo al chopo (Populicultura).

Experiencias realizadas:

Actualmente están funcionando cientos de sistemas de este tipo en Alemania, Dinamarca, Reino Unido, Austria, Eslovenia y Suiza. La mayoría de ellos están basados en sistemas de flujo horizontal, rectangular, de un nivel y plantados con juncos (Pragmites Australis). (Hernández León, Manuel 1989.)

En España existen Filtros Verdes de Chopera en: Villarrubia de los Ojos (Ciudad Real). Monzón (Huesca), Alcolea de Cinca (Huesca), Sant Jordi (Palma de Mallorca) y Calahorra (La Rioja)...También han comenzado a funcionar F.V. tipo "red bed system" en el río Ter en la zona metropolitana de Barcelona.

Aspectos sanitarios:

El uso de A.R.U. en la producción de cultivos alimentarios, puede resultar peligroso desde el punto de vista de la Salud Pública. Este riesgo, se minimiza en el caso de su empleo en cultivos para la producción de madera. Con frecuencia existen en el medio rural costumbres, como la de realizar diferentes aprovechamientos bajo las choperas (Vertidos sin control y luego recogida de hongos...). Estas prácticas deben prescribirse radicalmente, debido a los riesgos sanitarios que conllevan

Los riesgos sanitarios se producen en los casos en lo que se utiliza el agua residual para el cultivo de hortalizas. Esta práctica no se da en nuestro medio. No obstante, conviene advertir de estos riesgos. En campos de cultivo de consumo humano, regados con aguas residuales, el contenido en N₂ de los Nitratos llega a ser 10 veces superior al normal. Las aguas de drenaje llevarán a las aguas subterráneas un contenido en nitratos 10-20 veces superior al habitual. El consumo de estos cultivos, ó estas aguas puede producir Metahemoglobinemia en niños pequeños. Tampoco debemos obviar en caso de que se realice riego por aspersores, que puede producirse una neblina (gotitas de agua) que puede ser transportada por las corrientes de aire. Estos aerosoles, generados con un agua residual, inadecuadamente desinfectada, pueden contener bacterias y virus activos. La solución estaría en una franja de arbolado de amortiguamiento.

Respecto a los Virus, la capacidad depuradora del suelo es al parecer poco conocida. Tampoco eliminan las esporas del Antrax.

Las aguas de drenaje de depuradoras por filtro vivo como es nuestro caso, son tan aceptables desde el punto de vista sanitario, como las procedentes de depuradoras (DAR). Tienen a su favor un mejor aspecto, ya que no presentan coloración, espumas y detergentes, ya que son retenidas en el Filtro Verde. Hay que vigilar: las descargas de productos fecales elevadas por las lluvias intensas, aumento temporal de la población. En estos casos la materia orgánica penetra hasta horizontes profundos, ó bien rebosa fuera del terreno; las consecuencias pueden ser la contaminación de las aguas profundas y/o superficiales.

PROGRAMA DE ACTUACIÓN LOCAL:

Sus objetivos son:

1. Valorar la necesidad de implantación de un F.V.
2. Estudiar y validación, para dicho fin, las características físicas, químicas y ambientales del biotopo y biocenosis.
3. Adaptar la instalación del sistema a los recursos existentes.
4. Prever el mantenimiento del F.V. de manera que se mantenga operativo con un máximo rendimiento.
5. Reducción de riesgos mediante un Programa Educativo a la Población.

Comenzaremos por la recogida de datos sobre:

- Características del Municipio: Cartografía básica, Número actual de habitantes y previsiones futuras, estacionalidad de la población, actividades principales de la población (agricultura, servicios), climatología.
- Análisis de la Infraestructura: Red viaria, Abastecimiento de aguas, Red de saneamiento y Red de energía eléctrica.
- Datos generales sobre posibles emplazamientos de la instalación: Titularidad, superficie, características hidrogeológicas, vegetación, fauna y acometida eléctrica.

Obtenidas estas informaciones los pasos a realizar serán:

- Análisis de aguas residuales,
- Levantamiento topográfico de la parcela y el trazado de tuberías e

- Informe Geológico.
- Presupuesto de instalación y mantenimiento.

Diseño del filtro verde.

Será el resultado de los siguientes puntos:

- ÿ *Superficie total:* Es muy conveniente ampliar en la medida de lo posible, la superficie, disminuyendo así el peligro de salinización del suelo y contaminación del acuífero.
- ÿ *Localización:* Valorar las distintas opciones que se presenten, teniendo en cuenta la distancia, pues su aumento respecto del colector incrementaría el precio del proyecto (longitud de conducción, posible bombeo,...)
- ÿ *Número de Parcelas:* Es interesante organizar el Filtro Verde en distintas parcelas que permitan ir cortando el arbolado de forma alternativa e ir plantando nuevos árboles. Sólo así se puede concebir una rentabilidad maderera sostenible.
- ÿ *Aguas Residuales:* Las aguas residuales urbanas no se generan durante el día uniformemente, sino con arreglo a una Ley Gaussiana y presentando un máximo a las 13 horas y un mínimo a las 4 horas.
- ÿ *Períodos Vegetativos* de los chopos.
- ÿ *Tipo de Riego Empleado:* Aspersión, surcos ó inundación.
- ÿ *Frecuencia y cuantía* de los riegos
- ÿ *Aplicación* de las aguas residuales
- ÿ *Creación de un merendero:* aprovechando el área más cercana al pueblo, que deberá ser regada con agua limpia, por motivos de higiene.

Mantenimiento:

La continuidad en la gestión será básica a la hora de alcanzar el éxito. Las actuaciones serán las siguientes:

A cargo del Ayuntamiento:

Será necesario la presencia de un operario que se encargue del manejo de las aguas, cumpliendo las instrucciones marcadas por las autoridades competentes, y las normas del Proyecto aprobado:

- a) Limpieza anual de hierbas que proliferen con rapidez, dada la riqueza orgánica y mineral del suelo, además un crecimiento por encima de 1 m. disminuye la penetración de la luz y dificulta la fotosíntesis.
- b) Reparación de los cauces.
- c) Controlar la población de mosquitos y otros insectos con pájaros insectívoros.
- d) Control de la Contaminación Edáfica. A diario: Abrir y cerrar las compuertas de forma que se alternen las parcelas de terreno;
- e) Limpieza de posibles sedimentos que se hayan formado... A fecha fija cada año: Graduar la aportación continua de agua en Primavera y Otoño en relación a las necesidades volumétricas diarias. En caso de tormenta ó temporal de lluvia será necesario vigilar el depósito regulador y, antes de que se llene, derivar el caudal que baje por el emisario. (En caso de avería también habría que hacer lo mismo.)

Actuaciones a cargo del Servicio Provincial:

- q Anualmente trabajos silvícolas, excepto riegos que lleven consigo la buena gestión de la superficie plantada: Laboreo del suelo, podas y tratamiento de plagas....
- q Bianualmente: Para la adjudicación de la madera, será necesario preveer la superficie a cortar y los trabajos de las subsiguientes repoblaciones.
- q Sin Fecha fija, cuando sean necesarios, trabajos como conservación del camino y de la infraestructura de riego. (Padró Simarro 1996)

Programa Educativo:

Dado que la implantación de un F.V. modifica las características del entorno de la población, consideramos necesario un programa educativo como apoyo y complemento.

Este programa no solo debe tener fines informativos respecto al tema, sino que también plantee una actuación directamente relacionada con la mejora del medioambiente y la influencia de este sistema en la estética del entorno y en la salud del Individuo. Sus Objetivos son:

- v Informar e interesar a la población sobre la necesidad de tratar las aguas residuales.
- v Dar a conocer el F.V. como una alternativa rentable y ecológica.
- v Prevenir los Riesgos Sanitarios.
- v Fomentar la aceptación del sistema con actividades de carácter lúdico. Las actividades a desarrollar abarcarán a los distintos grupos poblacionales según sus características específicas y el rol que desarrollan en la sociedad. Es fundamental ponerse en contacto con los distintos colectivos municipales: Casas de Cultura, Profesores, Educadores, Personal Sanitario del Municipio, Corporación Municipal, Representantes de Asociaciones Agrícolas y Ganaderas e informar e informarnos con las personas CLAVE.

No cabe duda que dentro de este programa educativo tendremos que:

Actualizar las normativas municipales para evitar problemas de Salud Pública.

Realizar un **Adiestramiento Sanitario** para dilucidar que actividades no son aconsejables realizar en su entorno como por ejemplo la Ingesta de hongos, la plantación de cultivos alimenticios, el pastoreo de animales, la recogida de caracoles, no beber agua de una zona prudencialmente cercana, precaución por la fragilidad de las ramas...

Organizar grupos de trabajo por ejemplo con la Escuela del Municipio en el que los niños Plantes un árbol (Día del Árbol), le pongan su nombre. Finalmente como en todo proceso de este tipo será necesaria una evaluación de las actividades realizadas para ver si se han cumplido los objetivos y valorando el % población que ha participado y el grado de satisfacción. Todo ello mediante Mesas Redondas, realización de cuestionarios durante las distintas actividades, talleres. También se recogerán las dificultades que se han encontrado a la hora de la ejecución. Todo ha de quedar reflejado para un mejor aprovechamiento posterior.

CONCLUSIONES:

Consideramos que la salud es uno de los recursos básicos para la vida, y por tanto aprender a cuidarla y fomentarla es una necesidad real de todos. En una comunidad rural como la nuestra es fácil, enriquecedor y gratificante iniciar estas tareas, si bien, implementar un programa educativo no está exento de dificultades. En nuestros pequeños municipios, sin los recursos de las grandes poblaciones, el F.V., nos ofrece una original alternativa que el Medioambiente no debe desaprovechar, pues no hay otra tan asequible y barata, mas que la dejadez.

Las expectativas de este tipo de instalaciones son muy halagüeñas, tienen un futuro prometedor en Aragón, ya que el número de estudios y proyectos es muy superior al número de F.V. que se encuentran en funcionamiento actualmente. Creemos que la Utilización de Riberas, Propiedad Patrimonial del Gobierno de Aragón (Ley del Deslinde de Riberas 1941 y Ley del Agua 1985) y el uso de terrenos de Libre Disposición propiedad de los Municipios serán la clave para su desarrollo futuro.

Por último agradecer al lector la atención prestada, esperando que haya disfrutado con la lectura, y que todos hayamos aprendido de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA:

B.O.E.113: " Aprobación del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales".Secretaría del Estado de Medio Ambiente y vivienda. 1995.

Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canario:"Tratamiento de aguas residuales, basuras y escombros en el ámbito rural".Agrícola Española S.A. Tragsatec. 1993.

COLLADO LARA, Ramón: "Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades".1991.

COOPER P, GEEN B:" Red bed treatment systems for sewage treatment in the U.K.

De LORA MIRÓ,Federico:"Técnicas de Defensa del Medio Ambiente".1992.

Directivas comunitarias:"Contaminación peligrosa vertida al medio acuático" (Listas de Sustancias). 76/464/CEE y "Tratamiento de aguas residuales urbanas".

ECOIURIS: "Enciclopedia de directivas MedioAmbientales"

HABERL R. PERFLER R. Y MAYER H.:" Constructed Wetlands in Europe" Universität for Boden Kultur.www.cicyt.es.Austria,1995.

HERNÁNDEZ LEÓN,Manuel:" Estudio,diseño y plan de funcionamiento de un Filtro Verde para la depuración de aguas residuales del Núcleo urbano de Mas de Las Matas (Teruel). 1989.

Jornadas sobre aguas residuales: Tratamiento de aguas residuales en pequeños y medianos municipios: Lagunado y otros sistemas de bajo coste. Instituto de Estudios de administración local de Madrid. Gerona, 21 a 24 de Mayo 1984.

Ley 29/85 de aguas:"Autorización de vertidos y parámetros mínimos y máximos de los distintos componentes gaseosos contenidos en las aguas residuales" Y LEY 20/86 sobre RTP (dosis letales, coeficientes de extinción...).

METCALF Y EDDY: "Ingeniería sanitaria:Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales".Ed. Labor S.A. 1985.

NAVARRO ARIZA, Miguel: "Concepto de Filtro Verde Forestal en Saneamiento".Montes, Diputación General de Aragón,1997.

PADRÓ SIMARRO A. y CAÑADA MARTÍN, J: " Las choperas como alternativas para la depuración de aguas". Dirección General del Medio Natural, 1994.

PADRÓ SIMARRO,Antonio y CAÑADA MARTÍN,Juan:"Filtros verdes bajo cultivo de chopos en el río Cinca: el caso de Monzón (Huesca). Gobierno de Aragón. 1996.

Planificación Educativa en Ciencias de la Salud.

PUIG MEDIAVILLA,JM: "Contaminación de aguas: Programa de ingeniería y gestión Medioambiental". Escuela de Organización Industrial. Zaragoza 1995.

Revista de Obras Públicas:"Evaluación de aguas residuales sobre el terreno". Diciembre, 1996. Nº 3140, págs 967-980.

SEDANEZ CALVO, Mariano: "Aguas residuales urbanas: Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento "Colección Ingeniería medioambiental.Ed. Multiprensa. 1995.

Varios:"Códigos de leyes desarrolladas" Ed. Aranzadi.

Viceconsejería de Medio Ambiente del País Vasco: "Tratamiento de aguas residuales en núcleos de población reducidos (hirigune txikietako ur-ondakinen enularazketa)"Gobierno Vasco, Departamento de Política Territorial y Transportes.

VICENT,M^a Teresa: " Desarrollo de un nuevo proceso para la depuración biológica de aguas residuales industriales con compuestos fenólicos" Universidad autónoma de Barcelona.www.cityt.es.