

## El suelo como depuradora

La depuración de las aguas residuales de pequeños municipios encuentra en la técnica no convencional de los filtros verdes una solución sencilla y ecológica

Entre las técnicas no convencionales de depuración y reutilización de aguas residuales se encuentran los filtros verdes. Son, grosso modo, parcelas en las que se vierten esas aguas para que el suelo, con sus microorganismos y su vegetación las depure. Es un sistema sencillo y barato, idóneo para pequeñas poblaciones, pero en España se ha extendido poco. Las causas que lo frenan son principalmente el precio del suelo y la falta de rigor científico sobre su implantación. Lo primero es difícil de solucionar pero no lo segundo. Así lo cree el grupo de investigación en Filtros Verdes de la Universidad de Alcalá, FILVER, que desarrolla una metodología científica de diseño y gestión, potenciando con ello una técnica sostenible que posibilita la recarga de acuíferos.

Patricia Serrano Antolín

Irene de Bustamante, la geóloga que lidera este grupo, y María Soledad Vera, química, llevan trabajando en filtros verdes aproximadamente diez años. La idea de estudiar esta técnica de depuración no convencional conjuntamente surgió “probablemente en un café, donde casi siempre surgen todas las ideas” comentan. Con el tiempo, se han ido incorporando otros investigadores hasta formar el actual equipo, que se compone de ocho investigadores procedentes de las áreas de Geología, Química, Ciencias Ambientales y Telecomunicaciones.

Un filtro verde consiste en una superficie de terreno en la que se planta vegetación de rápido crecimiento -normalmente chopos-, que se riega con las aguas residuales de una población. Este caudal es canalizado hasta la finca, donde primero se somete a un pretratamiento, que elimina los sólidos más gruesos, las arenas y las grasas, para pasar luego, mediante un sistema de tuberías con electroválvulas, a regar las parcelas en las que se divide el terreno. La depuración se realiza de forma natural en el suelo, gracias a la acción conjunta de varios elementos: el propio suelo, mediante la precipitación y el intercambio iónico, entre otros fenómenos, las raíces de las plantas y árboles, que absorben nutrientes, y los microorganismos que degradan la materia orgánica de esas aguas negras.

En España, muchos de los filtros verdes que se han desarrollado no han resultado efectivos; o bien la vegetación se ha muerto o bien el terreno se ha convertido en un lodazal maloliente, porque aunque el sistema “es sencillo, no es como regar un tiesto”, comenta Bustamante. Lo cierto es que hay que valorar muchos aspectos. Un cálculo de la superficie del filtro verde ajustado a las necesidades reales “depende no sólo del número de habitantes equivalentes, [medida de carga contaminante del agua] como se ha venido haciendo, sino de otros muchos parámetros, como los geológicos, es decir el tipo de terreno, su textura o el nivel freático, la hidrogeología, la regularidad del caudal, los volúmenes, la composición de las aguas residuales, el tipo de vegetación que se emplee, etc”.



De izquierda a derecha: José Luis Corvea, Juana María Sanz, Irene de Bustamante, María Soledad Vera y Julián Mateos Martín.

Para diseñar un filtro verde con eficacia no basta con saber el volumen de agua a depurar y su nivel de contaminación; hay que valorar muchos aspectos más

Son todos estos aspectos “que no estaban muy estudiados” y otros a los que se dedica el grupo FILVER, que apuesta por el uso de filtros verdes para pequeñas comunidades, “que no tienen la capacidad económica ni los volúmenes de aguas residuales como para montar una depuradora convencional”. Comenzaron esta línea de investigación a mediados de los años 90 con un proyecto de infraestructura científica de la antigua CYCIT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología). “Adquirimos un sistema de cromatografía líquida, que permite, tanto la separación como la determinación cuantitativa de diferentes compuestos [del agua]”, explica Vera.

A partir de ese momento, iniciaron su andadura en la investigación de filtros verdes. Primero, estudiando el proceso de depuración natural que se produce por la acción del suelo y la *vida* que en él habita. “El sistema es antiguo pero no se había estudiado de manera científica en profundidad”, reitera Bustamante. La reutilización de las aguas residuales para regar terrenos agrícolas se remonta a la antigüedad, pero es a partir del siglo XIX cuando se comienza a practicar como técnica de depuración. “En Madrid, por ejemplo, hasta los años 70, las aguas del Manzanares, al que vertían las cloacas de la ciudad, se utilizaban para regar huertas de la zona sur”.

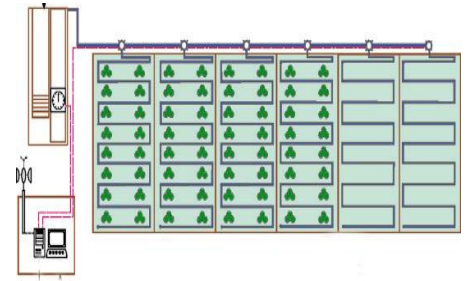
A través de un contrato de investigación con el Canal de Isabel II (1994 – 1996), estudiaron los filtros verdes que dicha entidad tiene en los pueblos de Redueña, Patones y Torremocha del Jarama, en Madrid. Analizaron el agua residual y los lixiviados, las aguas que se van filtrando en el terreno y van siendo depuradas, en distintas fases para comprender todos los procesos físicos, químicos y biológicos que entran en juego en este tipo de depuración.

A este le siguieron otros dos proyectos que, desde el punto de vista de la investigación, llevaron a la cuantificación de los procesos y a la creación de una planta experimental en el filtro verde de Redueña, y desde el punto de vista humano, sirvieron para “la consolidación del grupo”.

### Un diseño eficaz

Una vez comprendidos y cuantificados todos los fenómenos que intervienen en la depuración natural, el equipo de la Universidad de Alcalá decidió elaborar una metodología de diseño y gestión de filtros verdes. Hasta el momento, las pautas eran del tipo “por cada 200 habitantes equivalentes se necesita una hectárea, o tantos árboles por tantas medidas de carga” ilustra Bustamante, y “no se tenían en cuenta otro tipo de parámetros”.

Así que el grupo desarrolló en Redueña una planta experimental, según su modelo. Se trata de un filtro verde multi-etapa, esto es, un terreno dividido en varias parcelas (etapas) con diferentes especies vegetales. “Comprobamos que plantar el mismo tipo de vegetación en toda la superficie no era conveniente, sino que resultaba más eficaz plantar diferentes especies con distintas necesidades hídricas”. El motivo de esta diversificación se encuentra en las fluctuaciones de caudal de las aguas residuales que se da en muchas de las pequeñas comunidades a las que se enfoca el sistema, debido a “que se han convertido en lugares de fin de semana y vacaciones” y en esos periodos se genera una mayor cantidad de aguas negras que en el resto del año. “A las depuradoras convencionales les cuesta asimilar esos



Modelo de filtro verde diseñado por el grupo FILVER

Una de las ventajas más destacables de esta técnica es que permite producir infiltración de agua de una forma fácil

cambios, mientras que los filtros multi-etapa se adaptan muy bien esos cambios”.

En esta planta se ha diseñado una primera etapa con chopos (árboles con mucha necesidad hídrica) y pradera natural, calculando el área de forma que sea posible cubrir sus necesidades durante todo el año, seguida por con una segunda parcela en la que sólo hay pradera, que requiere mucha menos agua. De esta manera, en los periodos de mayor caudal, ese exceso de agua que no serían capaz de asimilar los árboles, se vertería sobre la segunda etapa. “Como la pradera es natural, si en un momento determinado no hay agua suficiente para regarla, no pasaría nada, simplemente amarillearía, pero una vez que se vuelva a regar, volvería a salir”.

Junto a la adaptación a las necesidades hídricas vegetales, otro de los aspectos destacables de su metodología es que plantea la posibilidad de reutilizar el agua, recargando el acuífero o usándola para producir masa vegetal cuya madera sería susceptible de comercialización. “En función de la calidad del agua residual que se maneje y del grado de depuración que se produzca, el sistema permite producir infiltración”. Analizando el agua que se va depurando a distintas profundidades, se controla su calidad y, si se comprueba que alcanza los parámetros fijados por la normativa española y europea, se infiltra. Es “muy fácil porque es estirar o encoger el sistema”. Si la calidad es baja, se aprovecha para regar, y “si está bien gestionado, se pueden hacer talas periódicas de los árboles y vender esa madera”.

Para controlar la infiltración, se elabora un balance de la cantidad de agua que se evapotranspira, es decir, que se consume en evaporización y en transpiración por parte de las plantas. “Si no quieres que se infiltre, porque los análisis te dicen que la calidad no es suficiente, se calcula la superficie que se ha de regar para que lo que se vierta se corresponda con esa evapotranspiración”. Generalmente, en este caso, el terreno a regar se amplía, pero si por el contrario, la analítica ha revelado que el agua está en condiciones de ser infiltrada, lo que se hace es reducir esa superficie.

Para poder llevarlo a cabo, este sistema requiere de una gran disponibilidad de terreno, pues se necesita tener parcelas sobrantes que regar o no según las características del agua residual, convirtiéndose esto en el mayor inconvenientes con que se enfrenta la implantación de filtros verdes. “Estas técnicas necesitan mucho espacio, y en Europa tenemos poco suelo y el que tenemos es muy caro”.

La instalación de un filtro verde es mucho menos costosa que la de una depuradora convencional, pero debido al valor del suelo “sale más barato” montar una planta convencional que una de este tipo. Es por este motivo por el que “pensamos que encaja mejor en pequeños núcleos de población, no porque no pudieran servir para más”, sino porque en las zonas rurales se dispone de más terreno.

### **Introducir mejoras**

“Según vamos trabajando, nos van surgiendo nuevas ideas”, dice Bustamante. Además, añade Vera, al ser un equipo multidisciplinar “tenemos distintos puntos de vista sobre las cosas, y eso resulta muy enriquecedor para la investigación”.

Lo que se evidencia en las mejoras que proyecto a proyecto, el grupo va introduciendo en el sistema. Entre ellas, un caudalímetro y una estación de recogida de datos, tanto de las aguas residuales como meteorológica. Toda la información se

almacena e interpreta informáticamente mediante un software específico, todavía en fase experimental, desarrollado por los ingenieros de Telecomunicaciones de FILVER. “No sólo hay que considerar el agua residual, para elaborar un balance preciso de la entrada de agua al terreno, también hay que tener en cuenta el agua procedente de la lluvia”.

El siguiente paso es la incorporación de sensores que midan in situ y de manera continua parámetros de interés sobre el nivel de contaminantes del agua, como el pH, el nivel de oxígeno o la conductividad. Concretamente, su interés se centra en el desarrollo de sensores para medir los nitratos “porque los que existen en el mercado no son muy fiables”.

Completa el filtro un calendario y un sistema de riego de electroválvulas. “Todo se puede controlar remotamente, con lo cual es muy cómodo”. “Algo de mantenimiento sí requiere”, como siegas, fumigados o cuidado y tratamiento de árboles frente a plagas, pero la ventaja es que es un mantenimiento “para el que no se necesita alguien muy especialista, sino que entre la propia gente del pueblo va a haber alguien capaz de hacerlo”.

Así, los filtros verdes se presentan como una técnica ecológica y sencilla que ofrece numerosas ventajas y que, gracias a trabajos como los de este grupo, se puede desarrollar de una forma eficaz y viable en municipios con poca población. “Evidentemente, sería un despropósito intentar depurar las aguas residuales de Madrid con un filtro verde porque se necesitaría una superficie más grande que Leganés, pero también lo es una depuradora convencional para un pueblo pequeño”. Sencillamente, afirma Bustamante “unos métodos sirven para unas necesidades y otros para otras”.

Lo que parece evidente es que no se puede desperdiciar la oportunidad de reutilizar un bien cada vez más escaso como es el agua. Según la Organización Mundial de la Salud, se deberían impulsar los sistemas que incrementan la reutilización de las aguas residuales, que califica como un valioso recurso que debería emplearse siempre que fuera posible, con las debidas medidas de protección sanitaria.

## Otros valores añadidos

Uno de los miembros de FILVER, José Luis Corvea Porras, es un investigador visitante procedente de Cuba. Es doctor en Ciencias Ambientales y en Pedagogía y comenta que al unir estas dos disciplinas, “se encuentra otra ventaja social al proyecto”, su aplicación didáctica. Es decir, “usar datos de investigación reales en la actividad docente”. En vez de usar ejemplos hipotéticos de depuración de aguas, “se exponen estos datos para que los alumnos realicen prácticas con ellos, diseñen sus parcelas y sus filtros verdes, para después visitar la planta experimental de Redueña”.

Y no sólo esta aplicación a la enseñanza formal, también puede utilizarse para la educación ambiental de los propios habitantes del sitio donde esté ubicado el filtro. “Ellos saben que existe una parcela con unas plantas que depuran y a partir

de ahí se puede hacer divulgación y sensibilización ambiental, hacer que conozcan qué pasa con los residuos que ellos generan”

Otra aplicación interesante de la técnica se puede dar en espacios naturales protegidos. Juana María Sanz García, becaria de investigación, trabaja este área en su tesis. Explica que es “un buen método para esas zonas”, en las que generalmente hay pequeños pueblos muy separados entre sí que vierten sus aguas negras directamente a los ríos. Con un filtro verde, además de reducir mucho el costo para esos municipios, “se podría conseguir que la contaminación por este tipo de vertidos fuera nula”.

#### **FICHA TÉCNICA**

Grupo de investigación en Filtros Verdes FILVER

**Centro:** Departamento de Geología. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá de Henares

**Coordinador:** Irene de Bustamante Gutiérrez

**Dirección:** Ctra. Madrid-Barcelona, Km. 33.600  
28871 Alcalá de Henares (Madrid)

**Teléfono:** 91 885 49 21

**Fax:** 91 885 49 21

**Email:** [irene.bustamante@uah.es](mailto:irene.bustamante@uah.es)

**Página web del grupo:** <http://www2.uah.es/filver/>

**Líneas de investigación:** Técnicas no convencionales para la depuración y reutilización de aguas subterráneas: filtros verdes; Hidrogeología (Calidad y contaminación de aguas y Aplicación de nuevas tecnologías); Cartografía Temática Ambiental (Mapas temáticos ambientales y Aplicaciones didácticas); Comunicaciones (Comunicaciones militares, Radiocomunicaciones y Comunicaciones ópticas); Programación (Aplicaciones informáticas y Producción y Realización multimedia) y Aplicaciones didácticas.