

# OPORTUNIDADES DE LA DEPURACIÓN NO CONVENCIONAL EN EL ESPACIO FLUVIAL DEL RÍO GENIL EN GRANADA

**M<sup>a</sup> Isabel Rodríguez Rojas\*, David Cabrera Manzano\*, Lucas Cordero Carrión\*, Celia Martínez Hidalgo\***

*\* Área de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada*

## **Resumen**

El objetivo de esta comunicación es poner de manifiesto uno de los principales problemas ambientales existentes en el espacio fluvial del río Genil en Granada; la carencia de depuración de aguas residuales urbanas. Estos vertidos están generando la contaminación del río Genil y la incorporación a la cadena trófica de ciertas sustancias nocivas, pues las aguas de este río son la principal fuente de alimentación de la agricultura de la Vega. Así, se ha realizado un análisis de la situación actual del saneamiento, cuantificando los vertidos que se están produciendo en la actualidad, y realizando diferentes propuestas de depuración con objeto de mejorar la calidad de los efluentes urbanos que se vierten al río. Estas propuestas se basan principalmente en la aplicación de las Tecnologías no Convencionales de Depuración en el tratamiento de los vertidos de los pequeños municipios que se encuentran en la zona más alejada de la ciudad de Granada. Su tamaño y las características naturales de su entorno hacen de este emplazamiento una oportunidad para la utilización de estas técnicas, no sólo con un fin medioambiental de mejora de la calidad de las aguas de riego, sino también como una acción de mejora paisajística, pues la abundancia de choperas y humedales naturales constituyen uno de los elementos más importantes de este paisaje agrario de gran valor natural, cultural y patrimonial.

## **1. Antecedentes**

Según la Ley de Aguas (RD 1/2001), es necesario tratar las aguas residuales antes de su vertido, de forma directa o indirecta, entendiendo el tratamiento como la combinación de acciones que devuelven la calidad inicial a las aguas, o en su defecto, a unas condiciones mínimas que vendrán condicionadas por el uso al que vayan a ser dedicadas, según se establece en el Decreto de Reutilización de Aguas (RD 1620/2007).

Por todo ello, en las últimas décadas España ha hecho un gran esfuerzo por depurar las aguas residuales de los principales núcleos urbanos, implantando sistemas de depuración que han necesitado de un elevado aporte energético. Esto ha ocasionado que las poblaciones de menor tamaño no hayan podido hacer frente a los altos costes derivados de estas instalaciones, por lo que en la actualidad, casi el 40% de las depuradoras de la Cuenca del Guadalquivir no funcionan o no lo hacen de la forma apropiada (Grindlay & Matarán, 2010). Este hecho, además de haber supuesto un despilfarro económico importantísimo, está generando graves problemas ambientales en numerosos ríos de esta cuenca, por lo que resulta urgente actuar, sobre todo si tenemos en cuenta que la actual Directiva Marco del Agua nos obliga a recuperar el estado ecológico de nuestras masas de agua antes del año 2015 (2000/60/CE).

En este sentido, son numerosos los proyectos de depuración que se están llevando a cabo en nuestra región, agrupando pequeños y medianos núcleos de población para hacer más viable el mantenimiento y explotación de las Estaciones Depuradoras. Este es el caso del área metropolitana de Granada, donde la empresa de aguas, EMASAGRA, ha propuesto a la Agencia Andaluza del Agua un proyecto de depuración de aguas residuales del conjunto de núcleos de la Vega en el municipio de Láchar.

Por otro lado, en los últimos 20 años se han venido desarrollando las llamadas ‘Tecnologías de Depuración no Convencional’ (CENTA, 2007), que basadas en la utilización de los procesos naturales de depuración, han desarrollado sistemas de depuración que utilizan la luz solar y la aireación natural para mejorar considerablemente el estado de las aguas. Este tipo de tecnologías, tiene como ventaja principal el hecho de que no necesita aporte de energía externo, por lo que resulta ideal para aquellos núcleos de población pequeños que no pueden mantener una instalación convencional. Además, suponen una oportunidad para la mejora del paisaje y la integración de la infraestructura de depuración en el territorio.

Estas soluciones alternativas, de bajo coste o Tecnologías No Convencionales (TNC), se clasifican en los siguientes tipos (Rico Amorós, 1998):

- Tecnologías que recurren al empleo del suelo como elemento depurador.
  - Sistemas de aplicación superficial: Filtros verdes.
  - Sistemas de aplicación subsuperficial: Zanjas, Lechos y Pozos Filtrantes.
- Tecnologías que simulan las condiciones propias de los humedales naturales.
  - Humedales Artificiales, con sus diferentes modalidades.
- Tecnologías que tratan de imitar los procesos naturales de depuración que se dan en ríos y lagos.
  - Lagunajes.
- Tecnologías que se basan en la filtración de las aguas a tratar a través de un carbón natural.
  - Filtros de Turba.

Las ventajas principales que resultan de la aplicación de estos sistemas frente a las tecnologías convencionales de depuración se pueden resumir en las siguientes (CENTA, 2007):

- Presentan un gasto energético mínimo.
- Garantizan su funcionamiento ante las oscilaciones de caudal y carga en el influente.
- Necesitan un mantenimiento y explotación sencillos.
- Simplifican la gestión de los lodos generados en el proceso.

Por otro lado, y como principal inconveniente, estos sistemas requieren de una elevada superficie de implantación, -proporcional al número de habitantes equivalentes-, que hace difícil su establecimiento en aquellos núcleos que tienen un tamaño considerable o que no poseen superficies abiertas para este uso. Sin embargo, resultan muy apropiados en núcleos rurales en los que la población es mucho menor y el suelo disponible no es un condicionante. De hecho, son numerosos los municipios europeos en los que llevan años empleándose este tipo de sistemas con gran éxito (Izembart, 2003), por lo que resulta incomprensible que este sistema de depuración no se haya ensayado más en España.

Así, el empleo de una u otra tecnología dependerá fundamentalmente del tamaño de la población en cuestión, siendo en los grandes núcleos más ventajosos los sistemas convencionales y en las pequeñas aglomeraciones los naturales. En el caso del espacio fluvial del río Genil en la Vega de Granada podemos encontrar ambas tipologías, por lo que la propuesta que se realizará aquí, al contrario de la que ha realizado la empresa de aguas EMASAGRA, es la combinación de ambos sistemas, como una oportunidad de mejora paisajística y ambiental de este territorio, además de un ahorro económico considerable.

## 2. Introducción

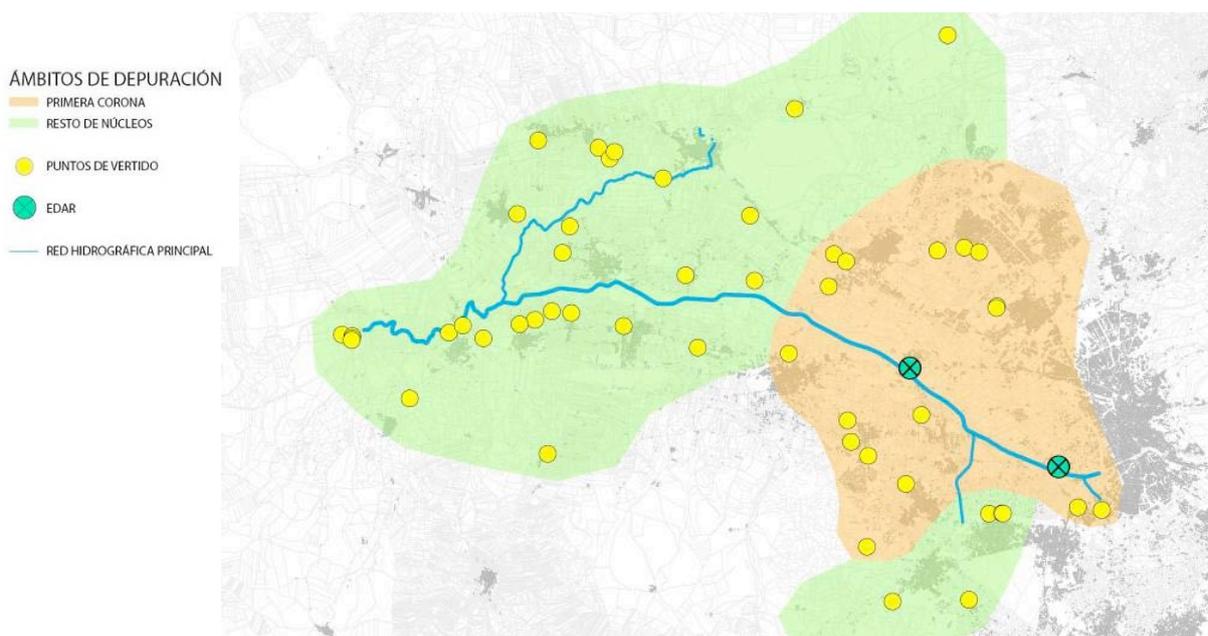
En las últimas dos décadas, el importante crecimiento del área metropolitana de Granada (ver comunicación ‘Evolución de los usos del suelo en el espacio fluvial del río Genil en la Vega Granada’, Rodríguez et. al) no ha ido acompañado de la lógica dotación de servicio de depuración de aguas, tratándose únicamente las residuales de la capital y del municipio de Armilla (Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales, 2005). Debido a esto, se ha producido una importante contaminación de las aguas del río Genil que riegan una extensa área agrícola, con el consiguiente riesgo para la salud que esto supone.

Como ya se ha comentado, la empresa de aguas ha propuesto a la Agencia Andaluza del Agua un proyecto de depuración convencional de aguas residuales del conjunto de núcleos de la Vega. Sin embargo, dada las características de la zona, en este trabajo se ha propuesto una solución mixta que pretende disminuir el coste económico de la solución y potenciar la integración de las infraestructuras en el territorio, mejorando la calidad ambiental de las zonas de depuración y como no, de las zonas depuradas.

Esta idea surge de la existencia de dos áreas de características muy diferentes (Fig. 1). La primera, denominada ‘Primera Corona’, incluye la capital y los núcleos más próximos a ella. En esta corona, en la que los núcleos tienen un tamaño considerable, sólo la ciudad de Granada y parte de Armilla conducen sus aguas residuales a las dos estaciones de tratamiento existentes, (situadas en las inmediaciones del río Genil), vertiendo el resto directamente al río. La llamada ‘Segunda Corona’ se sitúa en la región más occidental y está compuesta por pueblos de menor tamaño y sin ninguna Estación de Tratamiento en sus proximidades.

Como es lógico, los vertidos de los municipios de la primera corona son superiores al resto (Fig. 2), lo cual unido a que la presión urbanística es mayor por la influencia de la capital, indica la conveniencia de planificar sistemas convencionales. En la segunda corona sin embargo, el carácter más rural y natural de estos núcleos, y en general, su menor tamaño, hace más apropiado el uso de tecnologías naturales que aprovechen su potencial natural.

**Figura 1. Ámbitos de Depuración de Aguas Residuales en la Vega de Granada**



## Figura 2. Vertidos de Agua Residual en la Vega de Granada

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Encuesta de Infraestructuras de Equipamientos Locales, 2005



### 3. Objetivos

El objetivo general de esta comunicación reside en mostrar la posibilidad de planificar sistemas de depuración que hagan más visibles los procesos naturales, donde el agua y la vegetación son elementos del paisaje y al mismo tiempo infraestructura de saneamiento. Así, se propone un concepto de infraestructura multi-funcional que da respuesta técnica a un problema urbano, y al mismo tiempo dialoga con el territorio y trabaja con la naturaleza. En este sentido, los objetivos específicos son los siguientes:

- Dejar constancia de la problemática asociada al vertido de aguas residuales no depuradas en el espacio fluvial del río Genil en la Vega de Granada así como la importancia de su tratamiento.
- Hacer un planteamiento alternativo al de la depuración convencional que aproveche la potencialidad de los espacios naturales y mejore la calidad ambiental del entorno y del río.
- Demostrar la viabilidad de la utilización de estos sistemas mediante un dimensionamiento previo.
- Potenciar la reutilización de las aguas depuradas en usos ambientales y agrícolas, mejorando la disponibilidad de recursos hídricos y disminuyendo la posibilidad de incorporación de agentes nocivos para la salud en la producción agrícola.

### 4. Metodología

Para desarrollar los objetivos definidos en este trabajo ha sido necesario en primer lugar estudiar la situación actual del saneamiento en la vega de Granada. Para ello se han cuantificado los volúmenes de agua sin depurar a partir de los datos de la Encuesta de Infraestructuras de Equipamientos Locales (año 2005), procesándolos espacialmente mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (Fig. 2).

Por otro lado, se han analizado las diferentes tecnologías no convencionales existentes para considerar su posible adaptación a los diferentes municipios de la región de estudio. Para ello se han tomado como base los trabajos del Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua sobre los sistemas naturales de depuración y su dimensionamiento (CENTA, 2007). Así mismo, se han analizado las superficies disponibles en los diferentes municipios, con el objeto de ensayar la aplicación de estos sistemas.

## 5. Resultados

Tras el análisis de las carencias de depuración del espacio fluvial del río Genil, se ha realizado una doble propuesta. Por un lado, dadas las características de la primera corona (elevados vertidos, cercanía a las estaciones de tratamiento existentes y escasa disponibilidad de suelo), se ha propuesto una conexión de estos municipios a las EDAR existentes, siendo necesario el aumento de su capacidad y la creación de una nueva red de colectores (Fig. 3).

**Figura 3. Propuesta de Depuración en la Primera Corona**



En la segunda corona sin embargo, de carácter más rural, con menores vertidos y mayores espacios, con mayor potencial natural y paisajístico, y sin ninguna estación de tratamiento cercana, se ha propuesto la implantación de sistemas naturales de depuración, fundamentalmente **filtros verdes**, que aprovechen la gran cantidad de superficie dedicada al cultivo de chopos, y los **humedales**, aptos para el tratamiento directo de aguas residuales en núcleos de menos de 2000 habitantes, y muy presentes también en esta región.

Para la instalación de los filtros verdes es preciso que el nivel freático se encuentre a más de 1,5 metros de la superficie, ya que el agua necesita infiltrarse en el terreno de forma intermitente (Rico Amorós, 1998), por lo que el criterio utilizado a la hora de elegir uno u otro sistema natural ha sido la profundidad del nivel freático, unido a la disponibilidad de

superficie, teniendo en cuenta que la necesaria para los humedales artificiales es menor que para los filtros verdes.

Así, se han analizado, para cada uno de los municipios de la segunda corona, el volumen de agua residual generado, el espacio disponible y necesario para implantar el filtro verde y/o el humedal (en base a los parámetros definidos en los trabajos del CENTA), y por último el paisaje existente en el entorno, con el fin de que esta infraestructura quede lo mejor integrada posible en el territorio.

En base a esto se ha realizado una propuesta de sistema depuración no convencional en cada uno de los núcleos urbanos de la segunda corona. A continuación se muestran dos ejemplos (Fig. 4); el de la izquierda corresponde al emplazamiento de un filtro verde en el núcleo 'Gabia la Grande', y el de la derecha al de un humedal artificial en el núcleo de Caparacena.

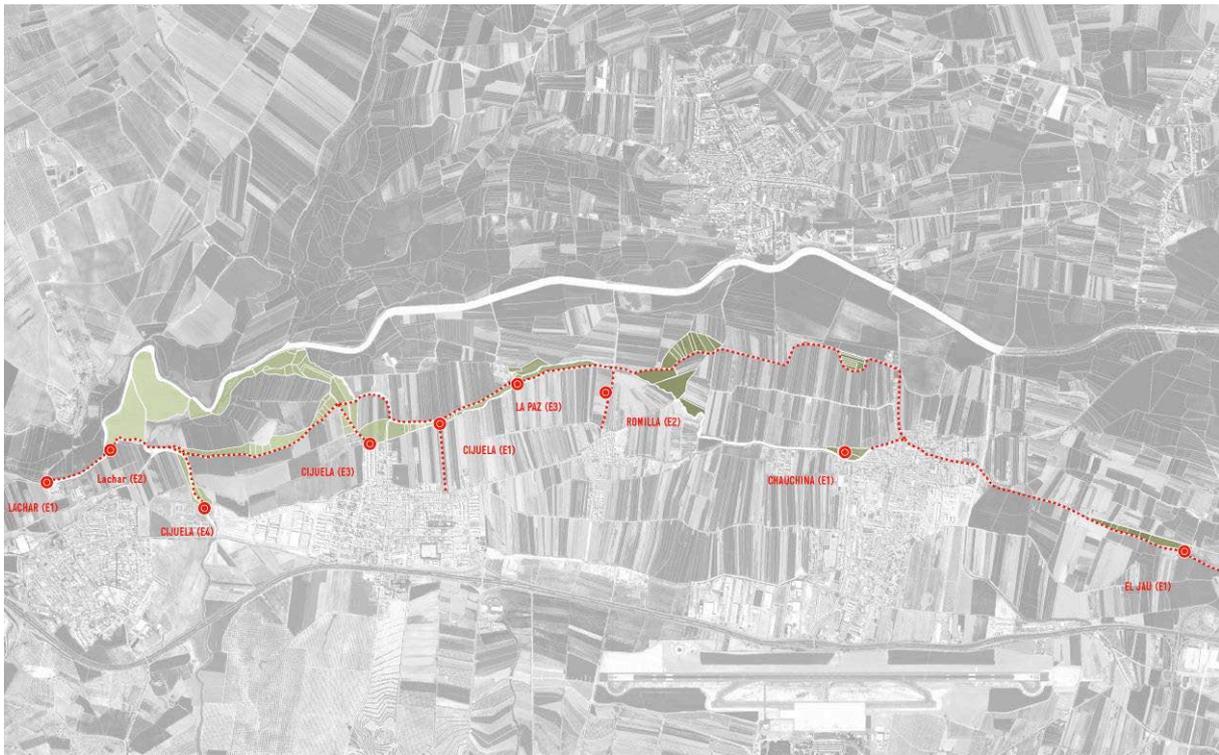
**Figura 4. Ejemplo de Propuesta de Depuración no Convencional**



Por otro lado, se ha elaborado una propuesta de Parque Lineal asociado a la Depuración no Convencional, en el conjunto de núcleos de la margen izquierda del río Genil situados en su parte más occidental. Estos núcleos tienen una serie de características generales que hacen apropiada la utilización de estas técnicas; equidistantes al río y por tanto con una fácil evacuación de los efluentes depurados que se reutilizarán en un uso ambiental, una parcelación de regadío larga y estrecha entre caminos y acequias muy apropiada para la implantación de los filtros verdes, y una topografía suave hacia el cauce que favorecerá el drenaje por gravedad de las aguas regeneradas.

Estos rasgos comunes han llevado a proponer el Parque Lineal de Depuración, situado a medio camino entre los núcleos de población y el río Genil, trabajando de manera conjunta el carácter infraestructural de la depuración y la vocación de espacio público de este ámbito a nivel local y metropolitano. Este trabajo, apoyado en los caminos rurales acompañados de las acequias y los cursos de agua, busca hacer más visibles los procesos naturales donde el agua y la vegetación son los elementos configuradores del parque, que a su vez responden a la necesidad de saneamiento de las aguas residuales. Las estructuras lineales de humedales artificiales conducen al agua y al usuario hacia la confluencia de los ríos Genil y Cubillas, donde se proyecta un gran filtro verde, empleando choperas, con capacidad suficiente para depurar los efluentes actuales y futuros, teniendo en cuenta la progresiva contribución en la depuración de los humedales artificiales intermedios proyectados con anterioridad (Fig. 5).

**Figura 5. Parque Lineal de Depuración “Puente de los Vados – Láchar”**



## **6. Conclusiones**

En este trabajo ha quedado demostrado que pueden plantearse alternativas a la depuración tradicional, aplicables a entornos metropolitanos de carácter más rural como el caso del espacio fluvial del río Genil en la Vega de Granada, permitiendo mejorar la calidad de las residuales, el estado ecológico del río y la integración paisajística de las infraestructuras. Esta propuesta ha buscado hacer más visibles los procesos naturales donde el agua y la vegetación son los elementos capaces de configurar el paisaje a la vez que pueden responder a las necesidades del saneamiento. Así, se abandona el concepto de infraestructura mono-funcional que da respuesta técnica a un problema urbano, en pos de una infraestructura múltiple, flexible y abierta que responde técnicamente a la función de saneamiento urbano, pero que al mismo tiempo dialoga con el territorio y trabaja con la naturaleza. En este contexto, la infraestructura depuradora define el espacio colectivo y es el soporte de una nueva centralidad local y metropolitana.

## **7. Agradecimientos**

Esta comunicación se basa en el trabajo realizado en el Convenio específico entre la Universidad de Granada y la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para la realización del proyecto de investigación “*Ordenación territorial del espacio fluvial del río Genil*”, llevado a cabo durante los años 2009 y 2010. Agradecemos a los directores del trabajo D. Agustín Argüelles y D. Víctor Cifuentes por su interés en este trabajo, sin el cual este convenio no se habría podido llevar a cabo, y por el seguimiento que han realizado durante su realización. Por extensión, queremos agradecer a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y a su actual presidente, D. Pedro Rodríguez Cantero, haber financiado esta investigación permitiéndonos desarrollar una labor que creemos ha sido fructífera y enriquecedora. Por último, quisiéramos agradecer el apoyo de D. José Luis Gómez Ordoñez, Catedrático de Urbanismo de la Universidad de Granada.

## 8. Bibliografía

Aguilera Benavente, F. (2006): “Análisis Espacial para la Ordenación Eco-paisajística de la Aglomeración Urbana de Granada”. *Tesis Doctoral. Ed. Universidad de Granada.*

Busquets, J., Corina C. (2009). “Gestión del Paisaje. Manual de Protección, Gestión y Ordenación del Paisaje”. *Ed. Ariel.*

Centa (2007). “Manual de Tecnologías no Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales”.

Encuesta DE Infraestructuras Y Equipamientos Locales (2005). *Área de Obras y Servicios de la Diputación de Granada.*

González del Tánago, M. (2001). “Restauración de Ríos y Riberas”. *Fundación Conde del Valle del Salazar, Madrid.*

Grindlay Moreno, A.L. Y Matarán Ruiz, A. (2010): Infraestructuras y políticas del agua y su relación con el territorio del Guadalquivir. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Ed. GEU.

Grindlay A.L., Zamorano M., Rodríguez, M.I., Molero E., Urrea, M.A. (2011): Implementation of the European Water Framework Directive: Integration of hydrological and regional planning at the Segura River Basin, southeast Spain. *Land Use Policy* 28, 242–256.

Hernández Muñoz, A. (2003). “Manual de Saneamiento Uralita: Sistemas de Calidad en Saneamiento de Aguas”.

Instituto Tecnológico Geominero DE España (IGME, 2003). “La Depuración de Aguas Residuales Urbanas de Pequeñas Poblaciones mediante Infiltración Directa en el Terreno”.

Izembart, H. et al. (2003). “Waterscapes: El Tratamiento de Aguas Residuales mediante Sistemas Vegetales using Plant Systems to Treat Wasterwater”. *Ed. Gustavo Gili, Barcelona.*

Mac Guee, T. (2000). “Abastecimiento de Agua y Alcantarillado: Ingeniería Ambiental”.

Mcharg, I. (2000). “Proyectar con la Naturaleza”. *Ed. Gustavo Gili, Barcelona.*

Ollero Ojeda, A. (2007). “Territorio Fluvial. Diagnóstico y Propuesta para la Gestión Ambiental yde Riesgos en el Ebro y los Cursos Bajos de sus Afluentes”.

Ramos Fernández, A.o (2009). “El Cultivo del Chopo en la Vega de Granada”. *Presentación en Mendoza, Argentina.*

Rico Amorós, A. (1998). “Depuración, Desalación y Reutilización de Aguas en España: Estudio Regional”. *Ed. Vilassar de Mar, Barcelona: Oikus Tau.*

Rodríguez Rojas M.I., Cabrera Manzano D., Martínez Hidalgo C., Cordero Carrión L., Folde M. (2010). “Ordenación territorial del espacio fluvial del río Genil”. Ministerio de medio Ambiente.