

# EVOLUCIÓN DE BACTERIAS PATÓGENAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

A. López<sup>1</sup>, R. Mosteo<sup>1</sup>, J. Gómez<sup>2</sup>, A.M. Lasheras<sup>2</sup>, P. Goñi<sup>3</sup>, M.P. Ormad<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo Calidad y Tratamiento de Aguas: Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón: Dpto. Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente: Universidad de Zaragoza. C/María de Luna 3, 50018, Zaragoza.

<sup>2</sup> Navarra Infraestructuras Locales S.A (NILSA). Avda. Barañain 22, 31008 Pamplona-Navarra.

<sup>3</sup> Grupo Parasitología, Autocuidados y Salud Ambiental (GPAySA): Área de Parasitología: Universidad de Zaragoza. Facultad de Medicina. C/ Domingo Miral s/n. 50009. Zaragoza.  
andlopez@unizar.es

## Resumen

Según la normativa vigente, las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) se diseñan para reducir la contaminación de las aguas residuales urbanas relativa a materia orgánica biodegradable, sólidos y nutrientes pero, en general, no para eliminar sustancias peligrosas ni microorganismos. El objetivo principal de esta investigación es estudiar el efecto que diferentes procesos de la línea de tratamiento de aguas de diversas EDARs de la cuenca del Ebro, tienen sobre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp., bacterias presentes en aguas residuales y potencialmente patógenas.

La EDAR 1 objeto de estudio consta de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario mediante filtros percoladores; la EDAR2 tiene un pretratamiento con tamices, el tratamiento secundario se realiza mediante fangos activados y filtros percoladores en serie y tiene tratamiento terciario mediante lagunaje. *E.coli*, *P. aeruginosa* y *S. aureus* se analizan cuantitativamente y *Salmonella* spp. cualitativamente, siguiendo normas ISO.

Los resultados muestran que a la entrada de ambas EDARs, hay una concentración similar de bacterias que se encuentra entre  $10^6$ - $10^7$  UFC/100ml para *Escherichia coli*,  $10^4$ - $10^5$  UFC/100ml para *Staphylococcus aureus* y  $10^7$ - $10^8$  UFC/100ml para *Pseudomonas aeruginosa*. Estas bacterias experimentan una reducción importante a lo largo de la línea de tratamiento que depende fundamentalmente del proceso, presentando diferencias en la contaminación microbiológica de los efluentes de hasta 4 órdenes de magnitud. Se detecta *Salmonella* en muestras del influente de la EDAR 1 y los efluentes de ambas EDARs. Un tratamiento secundario mediante lodos activados y decantación, consigue una eliminación microbiológica superior a la conseguida con filtros percoladores. Los filtros como segunda etapa del tratamiento secundario eliminan de manera similar los microorganismos en ambas depuradoras, independientemente de los procesos y etapas previas. Las lagunas son los procesos con mayor carácter desinfectante, consiguiendo reducciones de más de  $3\log_{10}$ .

**Palabras Clave:** Bacterias patógenas, fangos activos, filtros percoladores, lagunaje, tratamiento de aguas residuales.

## Introducción

La Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de aguas residuales, establece límites de vertido o para la reducción de la contaminación presente relativa materia orgánica biodegradable, sólidos y nutrientes en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) pero no para la eliminación de sustancias peligrosas y microorganismos. Estos contaminantes pueden introducirse en el medio ambiente a través del efluente de las plantas de tratamiento, contaminando las aguas en los cauces receptores, en los que deben cumplirse las normas de calidad ambiental establecidas (Real Decreto 817/2015, RD 1341/2007). Por otro lado, esos contaminantes también puede limitar la reutilización de las aguas depuradas, que debe cumplir con lo establecido en el RD 1620/2007.

El objetivo principal de esta investigación es estudiar el efecto que diferentes etapas o procesos existentes dentro de la línea de tratamiento de aguas de diversas EDARs situadas en la cuenca del Ebro, tienen sobre la evolución, distribución y comportamiento de varias bacterias

habitualmente presentes en las aguas residuales urbanas y potencialmente patógenas; en concreto *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp.

### Materiales Y Métodos

Las EDARs estudiadas reciben aguas de origen doméstico e industrial, procedentes de empresas de elaboración de conservas vegetales, una papelera y bodegas vinícolas. La EDAR1 (82500 habitantes equivalentes) trata un caudal medio anual de 20000m<sup>3</sup>/día y una carga de 5200kgDBO<sub>5</sub>/día. Por otro lado, la EDAR2 (5000 habitantes equivalentes) trata un caudal medio anual de 600m<sup>3</sup>/día y una carga de 320kgDBO<sub>5</sub>/día. La figura 1 muestra los esquemas de las líneas de tratamiento de ambas EDARs.

Para el análisis microbiológico se recogen muestras en diversos puntos a lo largo de la línea de tratamiento de las EDARs en tres campañas de muestreo entre noviembre de 2014 y noviembre de 2015 (figura 1). La toma de muestras se realiza en días en los que la planta opera en régimen estacionario normal y siguiendo lo indicado en la norma UNE EN ISO 5667:2003. Las muestras se transportan refrigeradas hasta su análisis en menos de 24 horas.

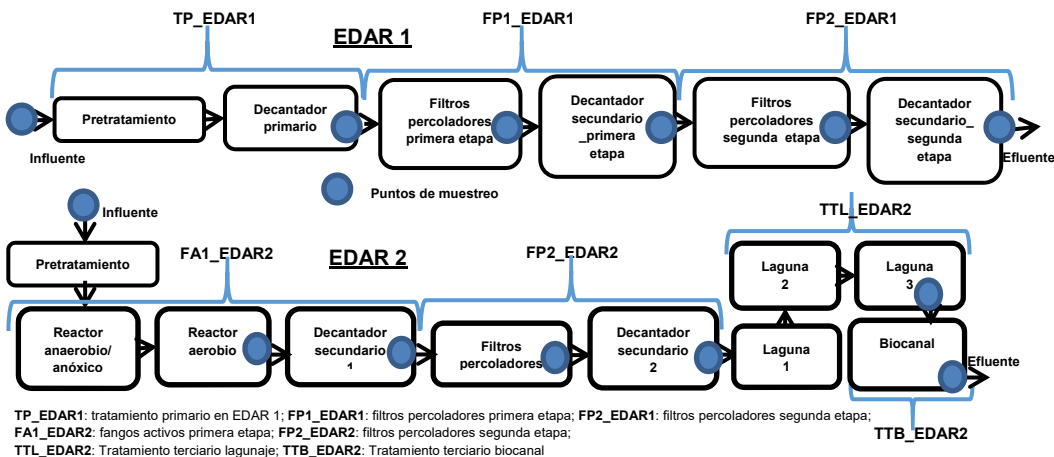


Figura 1: Esquemas de las EDARs 1 y 2, puntos de muestreo y procesos de depuración estudiados.

Se analizan de forma cuantitativa *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* de acuerdo con las normas UNE ISO 16649-2, UNE EN ISO 6888:2000 y UNE EN ISO 16266 respectivamente, así como la presencia de *Salmonella* spp. En total se cultivan más de 150 placas para el recuento en cada una de las tres campañas. Para, *E.coli*, *S. aureus* y *P. aeruginosa* los resultados de concentración se expresan en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en 100ml de muestra. La identificación de *Salmonella* se expresa como no detectado/presencia por volumen de muestra de agua.

### Resultados y Discusión

En las figuras 2 y 3 se representan los resultados de las concentraciones promedio (UFC/100ml) de *E. coli*, *S. aureus* y *P. aeruginosa* en las muestras analizadas a lo largo de la línea de tratamiento de aguas de ambas EDARs.

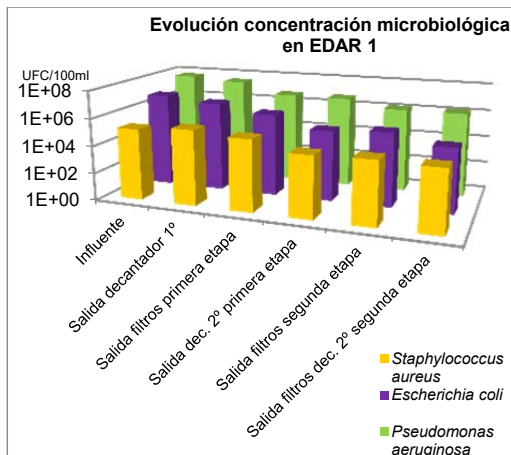


Figura 2: Evolución de la concentración microbiológica en la línea de tratamiento de la EDAR 1

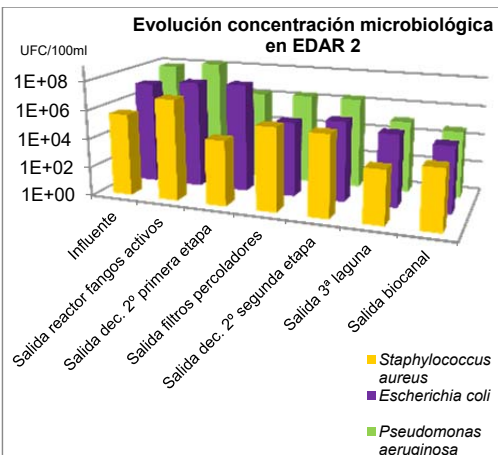


Figura 3: Evolución de la concentración microbiológica en la línea de tratamiento de la EDAR 2

En las figuras 2 y 3 se observa una concentración de las bacterias estudiadas similar en el influente de ambas EDARs, que se encuentra entre  $10^6$ - $10^7$  UFC/100ml para *E.coli*,  $10^4$ - $10^5$  UFC/100ml para *S.aureus* y  $10^7$ - $10^8$  UFC/100ml para *P.aeruginosa*. Además, se detecta *Salmonella* en el influente de la EDAR 1. En cuanto a la reducción global de la concentración microbiológica en las EDARs estudiadas, en la EDAR 1, la concentración microbiana se reduce entre uno y tres órdenes de magnitud a lo largo de la línea de aguas, mientras que en la EDAR 2 las concentraciones en el efluente son hasta cinco órdenes de magnitud menores que en el influente. Por otro lado, se detecta *Salmonella* spp. a la salida de ambas EDARs. Los resultados coinciden con lo publicado por otros autores (Passerat et al, 2011; Naidoo and Olaniran, 2014; Ouattara et al, 2014; Marín et al., 2015). Si se analiza la presencia y evolución de las bacterias a lo largo del tratamiento (figuras 2 y 3), se observa que *P.aeruginosa* se detecta en mayor concentración a lo largo de la línea de tratamiento en ambas depuradoras, como era de esperar por su origen ambiental. La presencia de *Salmonella* a la salida se relaciona con un aporte continuo de este patógeno, capaz de persistir en el ambiente en condiciones favorables, como ocurre en las últimas etapas del tratamiento de depuración. De manera global, las bacterias estudiadas actúan de manera similar a lo largo del proceso de depuración en ambas EDARs.

La figura 4 muestra la reducción de la concentración de cada bacteria en unidades logarítmicas para cada uno de los procesos de las EDARs estudiadas. Tal y como se observa, *E.coli* es la bacteria que experimenta la mayor reducción, seguida por *P.aeruginosa* y *S.aureus* (Mosteo et al, 2013). En cuanto a la efectividad de desinfección de los procesos, el tratamiento primario apenas consigue reducir la concentración microbiológica. Al comparar los procesos de la primera etapa del tratamiento secundario de las EDARs, como son filtros percoladores en la EDAR 1 y fangos activos en la EDAR 2, se observa una eliminación mayor de las bacterias analizadas con el proceso de fangos activos. Por otro lado, los filtros percoladores como segunda etapa en ambas depuradoras tienen una eficacia de eliminación microbiológica similar, independientemente de los procesos y etapas a los que se ha sometido previamente el agua. En cuanto a las variaciones de los resultados observadas en las diferentes campañas realizadas, se deduce que la eficacia de eliminación de los procesos de la EDAR 1 es prácticamente igual en todas las campañas realizadas, mientras que en los fangos activos de la EDAR 2 hay una variación destacable de la eficacia de eliminación en función de la campaña considerada, debido a que influyen variables como la temperatura, la competición con microflora del reactor o la sedimentación de los flóculos presentes. (George et al., 2002; Koivunen et al, 2003; Lucas et al, 2014). Finalmente, el tratamiento terciario mediante lagunaje desinfecta de manera eficaz, siendo la eliminación de *E.coli* la más elevada frente a las demás bacterias analizadas. Por el contrario el biocanal no supone una mejora del tratamiento terciario en cuanto a la desinfección.

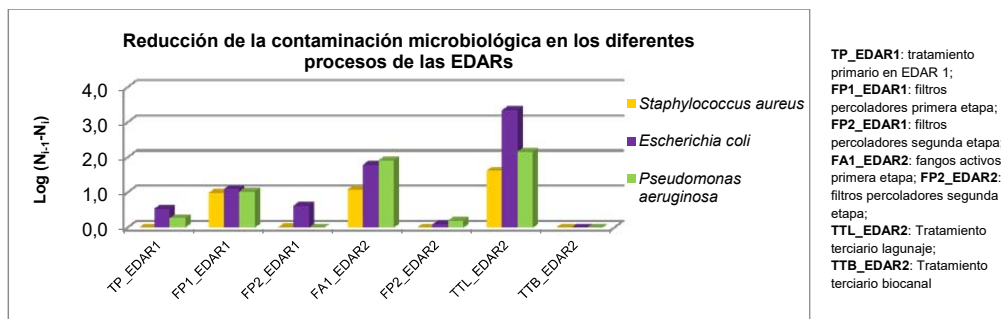


Figura 4: Reducción logarítmica en los procesos de depuración en las EDARs 1 y 2

Por último, en base a los criterios para la reutilización de las aguas depuradas establecidos en el RD 1620/2007, considerando las concentraciones promedio de *E.coli* de los efluentes en las EDARs, las aguas tendrían que someterse a un tratamiento adicional antes de reutilizarse, al ser la concentración del mismo orden de magnitud que el límite establecido para los usos menos restrictivos (10000 UFC/100ml).

## Conclusiones

A pesar de las diferencias existentes en la naturaleza del influente de las EDARs estudiadas, la concentración de bacterias presentes es muy similar, así como la evolución de la concentración de las bacterias estudiadas a lo largo de la línea de depuración. Por otro lado, la presencia de *Salmonella* spp. en los efluentes de ambas EDARs muestra su capacidad de supervivencia a los tratamientos aplicados, lo que sugiere que se debe extremar su control.

En cuanto a la eficacia de eliminación microbiológica de los procesos, los fangos activos muestran mejores resultados que los filtros percoladores cuando se utilizan como primera etapa del tratamiento biológico. Por otro lado, los filtros percoladores como segunda etapa del tratamiento secundario tienen un efecto muy reducido sobre la eliminación de bacterias. Finalmente, el tratamiento terciario mediante lagunaje resulta eficaz en la desinfección, pero no así el biocanal. Se demuestra la necesidad de un control microbiológico de las aguas residuales, así como de un tratamiento adicional en los casos estudiados, para la eliminación o reducción de estas bacterias antes de su reutilización.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la DGA-FSE a los grupos de Investigación Calidad y Tratamiento de aguas (T33) y Parasitología, Autocuidados y Salud Ambiental (B124) y el Proyecto CTM3013-41397-R de MINECO-FEDER. Los autores agradecen la colaboración de NILSA.

## Referencias

- George, I., Crop, P. and Servais, P. (2002). Fecal coliform removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods. *Water Res*, 36(10), 2607–2617.
- Koivunen, J., Siitonen, A. and Heinonen-Tanski, H. (2003). Elimination of enteric bacteria in biological-chemical wastewater treatment and tertiary filtration units. *Water Res.*, 37(3), 690–698.
- Lucas, F. S., Theriault, C., Gonçalves, A., Servais, P., Rocher, V., & Mouchel, J.-M. (2014). Variation of raw wastewater microbiological quality in dry and wet weather conditions. *Environmental Science and Pollution Research International*, 21(8), 5318–28.
- Marín, I., Goñi, P., Lasheras, A. M. and Ormad, M. P. (2015). Efficiency of a Spanish wastewater treatment plant for removal potentially pathogens: Characterization of bacteria and protozoa along water and sludge treatment lines. *Ecol. Eng*, 74, 28–32.
- Mosteo, R., Ormad, M. P., Goñi, P., Rodríguez-Chueca, J., García, A. and Clavel, A. (2013). Identification of pathogen bacteria and protozoa in treated urban wastewaters discharged in the Ebro River (Spain): Water reuse possibilities. *Water Sci. Techn.*, 68(3), 575–583.
- Naidoo, S. and Olaniran, A. O. (2013). Treated wastewater effluent as a source of microbial pollution of surface water resources. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11(1), 249–270.
- Ouattara, N. K., Garcia-Armisen, T., Anzil, A., Brion, N. and Servais, P. (2014). Impact of Wastewater Release on the Faecal Contamination of a Small Urban River: The Zenne River in Brussels (Belgium). *Water, Air, Soil Pollut*, 225(8), 2043.
- Passerat, J., Ouattara, N. K., Mouchel, J. M., Rocher, V. and Servais, P. (2011). Impact of an intense combined sewer overflow event on the microbiological water quality of the Seine River. *Water Res*, 45(2), 893–903.