

Evaluación de tecnologías en el tratamiento de aguas y fangos en EDARs para la reducción de microorganismos con riesgo sanitario y ambiental

A. López¹, R. Mosteo¹, J. Gómez², P. Goñi¹, M.P. Ormad¹

¹ Grupo Agua y Salud Ambiental · Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) · Dpto. Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente · Universidad de Zaragoza. C/María de Luna 3, 50018, Zaragoza.

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

Resumen

En este trabajo se investiga el comportamiento y evolución de microorganismos potencialmente patógenos presentes en aguas residuales urbanas a través de las instalaciones de depuración, para evaluar diferentes procesos en la calidad de efluentes y en fangos, con el fin de reducir riesgos para la salud pública y el medio ambiente. Para llevar a cabo este trabajo, se han estudiado 6 Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) situadas en la Comunidad Foral de Navarra y con diferentes procesos de depuración, 3 plantas piloto de digestión biológica de fangos (aerobia y anaerobia, tanto en condiciones mesofílicas como termofílicas), y dos terrenos en los que se aplican fangos tratados de EDAR. Los microorganismos analizados son coliformes totales, *E.coli*, *Pseudomonas* sp. y *Salmonella* sp., que son bacterias Gram-negativas y *Enterococcus* sp. y *Clostridium perfringens*, que son bacterias Gram-positivas.

Se concluye que en las EDAR con tratamiento primario y secundario, se reduce la contaminación microbiológica global entre 1-2 órdenes de magnitud. Si además se incluye tratamiento terciario, la reducción puede ser de hasta 5 órdenes de magnitud. A pesar de ello, todavía hay una concentración elevada en el efluente, aunque el impacto en el cauce receptor es despreciable frente a la contaminación microbiológica ya existente en los ríos. Por otro lado, los tratamientos de digestión en condiciones termofílicas reducen en mayor medida la contaminación microbiológica presente en los fangos de EDARs estudiados y consiguen higienizarlos de acuerdo a los criterios de calidad más recientes (Documento de trabajo UE, 2010). Finalmente, el abonado de suelos con fangos de EDAR tratados no supone un empeoramiento de la calidad microbiológica de los terrenos estudiados.

Palabras Clave: Aplicación fangos de EDAR en agricultura, control de la calidad microbiológica, digestión biológica de fangos, tratamiento de aguas residuales urbanas

Introducción

Generalmente, al carecer de requerimiento legal, las instalaciones de depuración no incluyen procesos de desinfección que reduzcan la carga microbiológica de los efluentes (91/271/CEE). En consecuencia, estos agentes se incorporan al medio ambiente a través del vertido directo o indirecto de estas instalaciones o a través de los fangos en los que han sido concentrados y que son utilizados como abono en prácticas agrícolas. Por otro lado, el Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales recoge la disposición en vertedero como última opción de destino para este producto, siendo la primera alternativa su aplicación al suelo (Lasheras, 2011). Como consecuencia, de la aplicación de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, los fangos de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) que se tratan en la propia instalación y que se aplican al suelo se considerarán un “subproducto” y no un “residuo”. El fango generado en las EDARs se utiliza habitualmente en agricultura, ya que presenta una importante fuente de nutrientes y materia orgánica para el suelo. En la actualidad, la aplicación de fangos en agricultura debe cumplir el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de lodos de depuración en el sector agrario, en el que se establecen límites para metales pero no de gérmenes patógenos. Conscientes de que esta aplicación al suelo puede suponer un riesgo sanitario y ambiental, se publica la Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario, establece que debe informarse sobre el tratamiento aplicado a sus fangos y la presencia y concentración de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*. Habitualmente, en las EDARs los fangos se tratan mediante procesos biológicos. Los criterios, tanto de higienización como de estabilidad de fangos de EDARs, quedan reflejados en distintos documentos de trabajo para la aplicación de los fangos al suelo (Environmental Protection Agency, 2003; European Commission, 2000, 2003; 2010). El objetivo de este trabajo es investigar el comportamiento y evolución de microorganismos potencialmente patógenos presentes en aguas residuales urbanas a través de las instalaciones de depuración seleccionadas. Con este fin se pretenden evaluar los diferentes procesos existentes, lo que permitirá establecer criterios de selección de las mejores tecnologías disponibles, reduciendo su presencia tanto en efluentes como en fangos, potenciando así su posible aprovechamiento agrícola, con el fin último de reducir riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

Materiales Y Métodos

Las EDARs seleccionadas para estudiar la evolución de la contaminación microbiológica se ubican en la Comunidad Foral de Navarra, en un radio de 80 Km, en pequeños-medianos municipios y con distintos tipos de tratamientos de aguas residuales: cultivo en suspensión/filtros percoladores, simple/doble etapa de tratamiento secundario, sin/con tratamiento terciario mediante lagunaje/humedal artificial/filtración en arena. Se toman muestras tras cada etapa durante cuatro campañas realizadas entre octubre de 2014 y mayo de 2017.

Por otro lado, las plantas piloto de digestión de fangos están ubicadas a pie de EDAR, la cual suministra el fango fresco necesario para la realización del estudio. Los tratamientos aplicados al fango son: digestión anaerobia mesofílica, digestión anaerobia termofílica y digestión aerobia termofílica. Se establecen como condiciones de estabilidad, entre 10-20 días de Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) en el digestor anaerobio mesofílico y entre 5-15d

en el anaerobio termófilico y aerobio termófilico. Una vez alcanzado el estado estacionario para los TRH determinados, se toman muestras del fango de carga y del fango digerido para el análisis de parámetros microbiológicos.

Finalmente, para el estudio relacionado con la evolución de la contaminación microbiológica en suelos abonados con fangos de EDAR se seleccionan dos terrenos (arcillosos y arenoso) y dos cultivos (maíz y girasol). Las muestras objeto de estudio son: muestras de suelo sin abonar, muestras de fangos de EDAR antes de añadir al suelo, muestras de suelo abonado durante el crecimiento del cultivo y tras la recogida de los mismos y muestras del agua de riego. En el caso del girasol la recogida es a las 24 semanas y en el caso del maíz a las 42 semanas.

El análisis microbiológico se realiza mediante metodología estandarizada. Los parámetros microbiológicos determinados son: coliformes totales, *E.coli*, *Pseudomonas* sp., *Enterococcus* sp., *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp. y recuento de mesófilas totales.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en el control microbiológico de las EDARs estudiadas muestran:

- La contaminación microbiológica presente en el influente de todas las depuradoras es del mismo orden de magnitud, independientemente del origen de las aguas residuales brutas, de la estación del año considerada o del caudal de tratamiento; se cuantifican entre 10^5 - 10^8 UFC/100ml, en función del microorganismo considerado. En general, existe una mayor concentración de bacterias Gram-negativas que de Gram-positivas. Se detecta de forma sistemática coliformes totales, *E.coli*, *Pseudomonas* sp., *Enterococcus* sp. y *Clostridium perfringens*, y de manera puntual *Salmonella* sp.
- Si la EDAR consta de tratamiento primario y secundario en la línea de aguas, la contaminación microbiológica experimenta una reducción global en el proceso de depuración de entre 1-2 órdenes de magnitud. Si además también incluye tratamiento terciario, la reducción global puede ser de hasta 5 órdenes de magnitud en función del microorganismo considerado. Se obtuvieron resultados similares en estudios previos realizados en algunas de las EDARs de este trabajo (Mosteo et al., 2013; Marín et al., 2015).
- La etapa del tratamiento biológico en cultivo en suspensión muestra una mayor eficacia de reducción de la concentración microbiológica que el tratamiento biológico con los filtros percoladores. Estos resultados concuerdan con otros autores (George et al., 2002; Orruño et al., 2014).
- El tratamiento terciario mediante lagunaje reduce la concentración microbiológica hasta 4 órdenes de magnitud, alcanzando las mayores eliminaciones a mayor tiempo de exposición del agua a la radiación solar. Por otro lado, el uso del humedal como tratamiento terciario no reduce la concentración microbiológica en ningún caso, llegando incluso a aumentar la concentración un orden de magnitud.
- Al clasificar las bacterias analizadas como Gram-positivas o Gram-negativas, se observan concentraciones similares para cada grupo de bacterias en la línea de tratamiento. Otros estudios determinan concentraciones similares a las detectadas en este trabajo, además de una relación entre las bacterias analizadas y la presencia de patógenos en aguas residuales brutas (Manaiá et al., 2010; Lucas et al., 2014; Naidoo and Olaniran, 2014).
- En relación al impacto en el cauce receptor de los efluentes de las EDARs objeto de estudio, se puede concluir que debido a la gran carga microbiológica ya presente actualmente en los tramos medios de las aguas superficiales receptoras de dichos vertidos urbanos, el impacto de los mismos se considera prácticamente despreciable, por ser la contaminación microbiológica de la misma magnitud que en los cauces receptores.

Los resultados obtenidos en el control microbiológico de las muestras de fangos tras los diferentes tratamientos de digestión muestran:

- La concentración en el fango de alimentación a las plantas varía entre 10^3 - 10^6 UFC/ml, en función del microorganismo considerado.
- La reducción de la contaminación microbiológica es de hasta 3 unidades logarítmicas en condiciones anaerobias mesófilas y de hasta 5 unidades logarítmicas en condiciones termófilicas y en función del microorganismo considerado. Se recomienda la utilización de al menos dos indicadores microbiológicos para evaluar la eficacia de los procesos de digestión.
- Se consigue un fango higienizado en términos de concentración de *E.coli* y de ausencia de *Salmonella* sp. teniendo en cuenta los criterios de calidad establecido en el Documento de Trabajo más reciente de la Unión Europea (2010).

Los resultados obtenidos en el control de la evolución de la calidad microbiológica de los suelos abonados con fangos de EDARs muestran:

- La concentración microbiológica en el fango aplicado en el suelo arenoso, que estuvo almacenado 1 día, se encuentra entre 10^5 - 10^6 UFC/g, en función del microorganismo considerado. En cuanto al fango que estuvo almacenado dos meses y que se aplicó en el suelo arcilloso, la concentración se encuentra entre 10^3 - 10^6 UFC/g, observándose en algunos casos concentraciones inferiores que en el fango que estuvo menos tiempo almacenado.
- La concentración microbiológica en el suelo antes de aplicar el fango, tanto en el de textura arenosa como en el de textura arcillosa, se encuentra entre 10^2 - 10^5 UFC/g, en función del microorganismo considerado. Hay pequeñas variaciones en la evolución de la concentración de los indicadores objeto de estudio en el suelo a lo largo del tiempo,

siendo en muchos casos menor la concentración tras la recogida del cultivo, que la determinada en el suelo antes de aplicar el fango, probablemente debido a la exposición a la radiación solar.

- Los resultados de la concentración microbiológica determinada en las muestras de agua de riego se encuentran entre 10^1 - 10^3 UFC/100ml, lo que supone el aporte continuo de microorganismos.

Conclusiones

- Si una EDAR consta de tratamiento terciario mediante lagunaje, la reducción global puede ser de hasta 4 órdenes de magnitud mayor que si solo consta de tratamiento primario y secundario. Por otro lado, debido a la gran contaminación bacteriana ya existente en el tramo medio de ríos de la cuenca hidrográfica del Ebro, el impacto de los efluentes de las EDARs estudiadas sobre los mismos se considera prácticamente despreciable.
- Los tratamientos de digestión en condiciones termofílicas reducen en mayor medida la contaminación microbiológica presente en los fangos de EDARs y en esas condiciones de operación se consigue un fango higienizado de acuerdo con los criterios de calidad más recientes.
- La aplicación de fango procedente de EDARs al suelo no supone un empeoramiento de la calidad microbiológica del terreno, teniendo en cuenta los indicadores bacterianos utilizados en este trabajo.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida a través del Grupo de Investigación de Referencia Agua y Salud Ambiental (DGA-FSE T51_17R), el Proyecto CTM3013-41397-R "Evaluación de procesos en el tratamiento de aguas y fangos en EDARs, para la reducción de microorganismos con riesgo sanitario y ambiental" financiado por MINECO-FEDER, el Proyecto EFA 183/16/OUTBIOTICS, Programme Interreg-POCTEFA 2014-2020 financiado por FEDER, y el contrato de investigación "Estudio de investigación para la mejora de la calidad sanitaria de efluentes procedentes de EDARs y de vertederos de residuos urbanos situados en la Comunidad Foral de Navarra" financiado por NILSA.

Referencias

1. Environmental Protection Agency. (2003). Environmental Regulations and Technology Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge Control of Pathogens and Vector Attraction. Environ. Prot. 47, 498–504.
2. European Commission. (2010). Working Document: Sludge and Biowaste. ENV.C.2 - Sustain. Prod. Consum. 3–13.
3. European Commission. (2000). Working document on sludge. 3rd draft. Env. E 80, 1–19.
4. George, I., Crop, P., Servais, P. (2002). Fecal coliform removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods. Water Res. 36, 2607–2617.
5. Lasheras, A.M. (2011). Criterios de estabilización e higienización de fangos de depuradora, in: Ormad, M.P., Calvo, B. (Eds.), Gestión y Tratamiento de Aguas Residuales. pp. 197–204.
6. Lucas, F.S., Therial, C., Gonçalves, A., Servais, P., Rocher, V., Mouchel, J.-M. (2014). Variation of raw wastewater microbiological quality in dry and wet weather conditions. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 21, 5318–28.
7. Manaia, C.M., Novo, A., Coelho, B., Nunes, O.C. (2010). Ciprofloxacin resistance in domestic wastewater treatment plants. Water. Air. Soil Pollut. 208, 335–343.
8. Marín, I., Goñi, P., Lasheras, A.M., 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.
9. Millieu Ltd, WRc, RPA. (2003). Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land. Final Report. Part I: Overview Report 1–20.
10. Mosteo, R., Ormad, M.P., Goñi, P., Rodríguez-Chueca, J., García, A., Clavel, A. (2013). Identification of pathogen bacteria and protozoa in treated urban wastewaters discharged in the Ebro River (Spain): Water reuse possibilities. Water Sci. Technol. 68, 575–583.
11. Naidoo, S., Olaniran, A.O. (2014). Treated wastewater effluent as a source of microbial pollution of surface water resources. Int. J. Environ. Res. Public Health 11, 249–270.
12. Orruño, M., Garaizabal, I., Bravo, Z., Parada, C., Barcina, I., Arana, I. (2014). Mechanisms involved in *Escherichia coli* and *Serratia marcescens* removal during activated sludge wastewater treatment. Microbiologyopen 3, 657–667.