

Sistemas descentralizados como estrategia combinada de tratamiento de aguas residuales y recuperación de recursos

Andrea Arias^{1*}, Gumersindo Feijoo¹ y María Teresa Moreira¹

¹ Departamento de Ingeniería Química, Universidade de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela, Galicia, España

(*) aarias.cisterna@usc.es

Resumen

En un contexto creciente de población y áreas cada vez más pobladas es difícil evaluar si los tratamientos convencionales de aguas serán adecuados para gestionar el agua residual de la población mundial.

Los tratamientos centralizados no pueden ser la única opción para garantizar un tratamiento adecuado. En este contexto, se ha propuesto un nuevo enfoque basado en la descentralización del tratamiento de aguas residuales.

En este estudio, se han evaluado los impactos ambientales de cuatro escenarios de tratamiento de aguas (dos centralizados y dos descentralizados) mediante la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Los resultados muestran que los escenarios descentralizados presentan un mejor perfil ambiental en el caso de que se asegure la recuperación de recursos en términos de nutrientes y bioenergía. De esta forma, se observa la reducción de los impactos económicos y ambientales en los sistemas de tratamiento de aguas.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida (ACV), descentralización, aprovechamiento de recursos, reutilización.

Introducción

En los últimos años, la población mundial ha crecido considerablemente y en los próximos años seguirá esta tendencia.

Esto implica un mayor consumo de recursos hídricos y energéticos [1]. A pesar del desarrollo de nuevos sistemas de tratamientos de aguas residuales, se observa una tendencia cada vez más evidente de cara a la sobreexplotación o agotamiento de los recursos hídricos y al deterioro de la calidad de agua.

Los sistemas de tratamiento se caracterizan por elevados costes relacionados con la operación y la construcción, lo que implica que en países en desarrollo muchas personas pueden no tener acceso a un saneamiento seguro [2].

Teniendo en cuenta estos aspectos se ha producido un cambio hacia la descentralización y la separación de aguas residuales domésticas [3].

Los sistemas descentralizados se definen como procesos de tratamiento de aguas residuales ubicados cerca del punto de generación.

Además, se caracterizan por ser sistemas de tratamiento de menor tamaño y con menor consumo de recursos [4].

Implementar un sistema convencional o descentralizado no es tarea fácil. Además de considerar la viabilidad técnica y los costes económicos, también se debe tener en cuenta los impactos del sistema a lo largo del ciclo de vida, incluida la construcción, la operación y el mantenimiento.

En los últimos años, la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ha sido ampliamente utilizada para evaluar los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se han evaluado tanto sistemas convencionales [5,6], como sistemas descentralizados [7] o una comparación entre ambos [8,9].

El objetivo de este estudio es evaluar y comparar cuatro escenarios distintos (dos centralizados y dos descentralizados) bajo la metodología del ACV estudiando las categorías de impacto más representativas para los sistemas de tratamiento de aguas.

Materiales y métodos

Como casos de estudio, se evaluaron cuatro escenarios de tratamiento de aguas residuales: i) un sistema convencional centralizado que consiste en un pretratamiento seguido de un tratamiento secundario mediante lodos activos y una línea de lodos sencilla sin digestión anaerobia (AD) ii) el mismo sistema convencional, pero reutilizando parte del agua tratada iii) un sistema descentralizado que consiste en la segregación de las corrientes de agua gris y agua negra. El tratamiento de agua gris se lleva a cabo en una unidad de biofloculación mientras que el agua negra se trata en un reactor anaerobio tipo UASB seguido de una eliminación de nitrógeno por medio de una unidad biológica de tipo rotatorio iv) el último escenario corresponde a un sistema similar al anterior, pero incorporando una unidad de recuperación de estruvita en la línea de aguas negras.

En ambos sistemas descentralizados se produce energía por medio del biogás y el agua recuperada se utiliza para riego de las zonas verdes, parques o limpieza de calles.

Enfoque para el desarrollo de la metodología del ACV

Para la aplicación de la metodología del ACV se definen varios pasos que suelen ser cruciales para el cálculo de los impactos ambientales.

Estos son la definición de objetivos y el alcance, el análisis de inventario, la evaluación de impacto y finalmente, la interpretación de resultados [10].

Dentro del objetivo y alcance se define la unidad funcional (UF) como la cuantificación de las principales entradas y salidas del sistema y los límites del sistema. En este caso, basándose en otros estudios bibliográficos [11,12], la UF se definió como un 1 m³ de agua tratada.

Los límites del sistema tuvieron en cuenta los impactos ocurridos durante la fase de operación y la fase de construcción de la planta incluyendo la red de alcantarillado [12]. El siguiente paso consistió en la realización de los inventarios para cada caso analizado. La recopilación de los inventarios se realizó en base a datos reales y bibliográficos combinados con aquellos procedentes de la base de datos Ecoinvent v3.2 para los procesos de fondo [13].

La evaluación del impacto se realizó mediante el software ambiental SimaPro v8.2.

Se estudiaron las categorías más representativas de las plantas de tratamiento de aguas que son el cambio climático (CC), la eutrofización potencial (EP) y la toxicidad humana (HT) [14].

Las metodologías elegidas fueron el ReCiPe Midpoint (H) 1.12 para calcular las categorías de CC y HT, mientras que para evaluar la EP se utilizó la metodología del CML 2001. Se combinaron ambos métodos porque la demanda química de oxígeno (DQO) no tiene factor de caracterización en ReCiPe, mientras que sí existe en la metodología CML 2001.

La DQO es un parámetro limitante de descarga para las depuradoras, por lo tanto, tenerlo en cuenta a la hora de evaluar los impactos ambientales es importante, de ahí, la elección de dos métodos de cálculo.

Resultados y discusión

Los principales resultados ambientales para las categorías estudiadas se presentan en la Figura 1.

Los escenarios descentralizados presentan impactos menores que aquellos asociados a los sistemas centralizados.

Esto es debido a la reutilización de los recursos que se producen en las plantas de tratamiento como son el agua para riego, la energía y los fertilizantes.

La energía es un factor clave en los sistemas descentralizados, ya que al usarla en la propia planta se consiguen sistemas autosuficientes que no depende de la red eléctrica. Por ella, el impacto en la categoría del cambio climático es negativo (Figura 1).

El escenario 3 presenta mejores impactos en esta categoría porque se consume menos electricidad al incorporar una unidad menos que en el escenario 4 (unidad de estruvita).

Este escenario (escenario 3) también tiene menor impacto en la categoría de HT, debido a que prácticamente no hay consumo de químicos en las distintas unidades.

El peor escenario en este caso es el 4, debido a la cantidad de químicos que se utiliza para recuperar estruvita (NaOH y MgCl₂) y afectan a esta categoría negativamente.

En cuanto a la categoría EP, el impacto es muy similar para los sistemas descentralizados siendo menor que en los sistemas centralizados.

Para los escenarios centralizados se puede ver que los impactos son prácticamente iguales para las categorías de CC y HT, sin embargo, los impactos relacionados con la categoría EP se reducen en un 36% aproximadamente cuando el agua se reutiliza para riego.

Esto es debido a que se reduce la descarga de agua tratada y con ello, las emisiones de nitrógeno, fósforo y DQO (Figura 1).

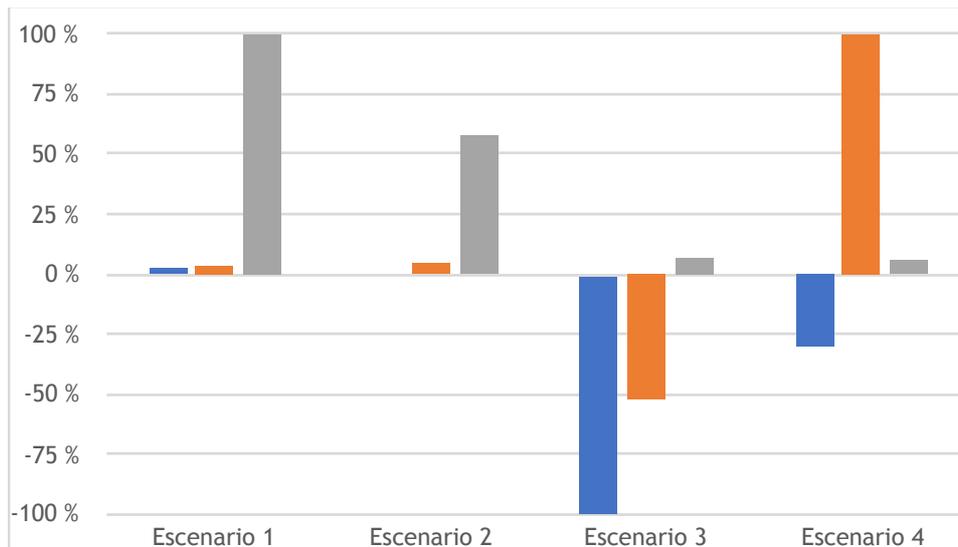


Figura 1. Impactos ambientales de los distintos escenarios para las categorías de impacto estudiadas (UF: 1 m³ de agua tratada)

Se identifican como metas a lograr la mejora de los sistemas de tratamiento de aguas de cara a producir menor cantidad de lodos y disminuir el consumo energético es fundamental para conseguir que los sistemas de tratamiento de aguas se adapten al crecimiento de la población y a las demandas de estas.

Los sistemas descentralizados pueden ser una opción viable, ya que se puede reducir el consumo energético y con ello las emisiones de CO₂ [15].

Además, pueden ser sistemas interesantes desde el punto de recuperación de recursos y agua para el riego [9].

Pero, para la elección de un sistema u otro es una decisión que depende de criterios como de rentabilidad, viabilidad y condiciones locales.

Por tanto, aunque una tecnología descentralizada pueda parecer a priori la mejor opción, se debe estudiar en detalle su implementación y justificar su elección.

Conclusiones

Los sistemas descentralizados a priori presentan mejores impactos que los sistemas centralizados, pero para ello, es vital una correcta gestión de estos sistemas recuperando los recursos como agua o energía.

El aprovechamiento de dichos recursos implica la reducción de los impactos económicos y ambientales asociados al tratamiento de aguas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos europeos: Pioneer_STP (PCIN-2015-22 (MINECO)/ID199 (WaterJPI)) y Run4Life (730285-1).

Los autores pertenecen a la Agrupación Estratégica CRETUS (AGRUP2015/02) y al Grupo de Investigación Competitiva Gallega (GRC ED431C 2017/29), cofinanciado por la Xunta de Galicia y FEDER.

Referencias

- [1] Larsen TA, Gujer W. Implementation of source separation and decentralization in cities. Source Sep. Decentralization Wastewater Manag. IWA Publ. London, 2013, p. 135-50.
- [2] Remy C, Jekel M. Sustainable wastewater management: Life Cycle Assessment of conventional and source-separating urban sanitation systems. Water Sci Technol 2008;58:1555-62.
- [3] Ng BJH, Zhou J, Giannis A, Chang VWC, Wang JY. Environmental life cycle assessment of different domestic wastewater streams: Policy effectiveness in a tropical urban environment. J Environ Manage 2014;140:60-8.
- [4] Massoud MA, Tarhini A, Nasr JA. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. J Environ Manage 2009;90:652-9.
- [5] Gallego A, Hospido A, Moreira MT, Feijoo G. Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations. Resour Conserv Recycl 2008;52:931-40.
- [6] Lorenzo-Toja Y, Vázquez-Rowe I, Amores MJ, Termes-Rifé M, Marín-Navarro D, Moreira MT, et al. Benchmarking wastewater treatment plants under an eco-efficiency perspective. Sci Total Environ 2016;566-567:468-79.
- [7] Shehabi A, Stokes JR, Horvath A. Energy and air emission implications of a decentralized wastewater system. Environ Res Lett 2012;7.
- [8] Lehtoranta S, Vilpas R, Mattila TJ. Comparison of carbon footprints and eutrophication impacts of rural on-site wastewater treatment plants in Finland. J Clean Prod 2014;65:439-46.
- [9] Opher T, Friedler E. Comparative LCA of decentralized wastewater treatment alternatives for non-potable urban reuse. J Environ Manage 2016;182:464-76.
- [10] ISO 14040. International Organization for Standardization, ISO 14040. Environmental Management-Life Cycle Assessment - Principles and Framework, Geneva 2006.
- [11] Pasqualino JC, Meneses M, Castells F. Life Cycle Assessment of Urban Wastewater Reclamation and Reuse Alternatives. J Ind Ecol 2011;15:49-63.
- [12] Lorenzo-Toja Y, Alfonsín C, Amores MJ, Aldea X, Marín D, Moreira MT, et al. Beyond the conventional life cycle inventory in wastewater treatment plants. Sci Total Environ 2016;553:71-82..
- [13] Weidema BP. Market information in life cycle assessment. Danish Minist Environ 2003;863:147.
- [14] Rodríguez-García G, Molinos-Senante M, Hospido A, Hernández-Sancho F, Moreira MT, Feijoo G. Environmental and economic profile of six typologies of wastewater treatment plants. Water Res 2011;45:5997-6010.
- [15] Matos C, Pereira S, Amorim E V., Bentes I, Briga-Sa´ A. Wastewater and greywater reuse on irrigation in centralized and decentralized systems - An integrated approach on water quality, energy consumption and CO2emissions. Sci Total Environ 2014;493:463-71.