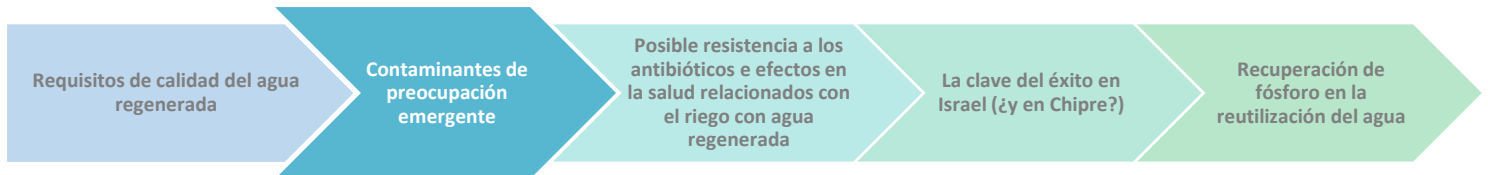


## Fact-sheet 3.2 – Contaminantes de preocupación emergente (importancia, destino en el medio, tecnologías para su eliminación e impactos ecológicos)



**SUWANU EUROPE** es un proyecto H2020 que tiene por objeto promover el intercambio eficaz de conocimientos, experiencias y aptitudes entre profesionales y agentes pertinentes para la utilización de agua regenerada en la agricultura. Esta fact-sheet es una de las 5 que integran el paquete informativo 3 dirigido a operadores de regeneración del agua. En ella, se detalla la importancia de los contaminantes de preocupación emergente (CEC) en el agua regenerada, así como su destino en el medio ambiente, las consecuencias ecológicas y las opciones de tratamiento para su eliminación de las aguas residuales efluentes.

### 1. ¿Por qué son importantes los contaminantes de preocupación emergente en el agua regenerada?

La presencia de contaminantes de preocupación emergente (CEC) en las aguas residuales brutas y en las aguas regeneradas es una cuestión importante que debe abordarse al evaluar los peligros para la salud humana y los ecosistemas durante las prácticas de eliminación y reutilización de las aguas regeneradas. Según la red NORMAN (red NORMAN, 2017), un CEC es "una sustancia que actualmente no está incluida en los programas rutinarios de vigilancia ambiental y que puede ser candidata a una futura legislación debido a sus efectos adversos y/o persistencia". Actualmente no existe una categorización normalizada de los CEC y las categorías examinadas por lo general en el agua regenerada incluyen compuestos químicos, como productos farmacéuticos (incluidos antibióticos), productos cosméticos y de higiene, micro/nanoplásticos, sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS), pesticidas y ciertos contaminantes microbianos, como bacterias resistentes a los antibióticos (BRA) y genes de resistencia antibiótica (GRA). Entre los CEC, los productos farmacéuticos pertenecen a un grupo de creciente interés debido a su actividad farmacológica, su creciente consumo derivado del uso en la medicina humana y veterinaria, y su omnipresencia en el medio (Kümmerer, 2008).

La acción COST ES1403 "New and emerging challenges and opportunities in wastewater reuse" (NEREUS) ha sido la plataforma para una consolidación sistemática de los datos y la estandarización de los métodos para evaluar peligros emergentes asociados a la reutilización de aguas residuales, en particular los más preocupantes tanto desde el punto de vista de la salud pública y del medio ambiente, y cómo pueden superarse (<http://www.nereus-cost.eu/>).

### 2. Cómo llegan los CEC al medio

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) suelen reducir la emisión de CEC, principalmente mediante la separación de fases, en algunas de las cuales los CEC se eliminan en el lodo. Sin embargo, este proceso no elimina totalmente la presencia de CEC en los efluentes producidos por las plantas de tratamiento de aguas residuales. Muchos productos farmacéuticos permanecen en el efluente producido y algunos pasan por un metabolismo parcial que produce productos de transformación (PT) (Radjenović et al., 2009). Estos PT pueden ser tan persistentes y tóxicos como sus compuestos originales y, de en consecuencia,, su presencia en los efluentes solo contribuye al riesgo asociado a su reutilización (Escher y Fenner, 2011). Al reutilizarse, los efluentes pueden considerarse como una fuente de CEC que introducen en las masas de agua receptoras debido a la eliminación incompleta de CEC en las tecnologías habituales de tratamiento de aguas residuales.

Otra fuente principal de CEC para el medio es la eliminación de lodos y efluentes tratados de plantas que producen sustancias químicas consideradas CEC, como productos farmacéuticos, retardantes de llama y productos cosméticos y de higiene. Al ser necesario gestionar un amplio abanico de contaminantes químicos y microbianos con propiedades fisicoquímicas y características toxicológicas diferentes, que requieren respuestas adecuadas por el proceso de tratamiento de aguas residuales aplicado, las premisas mencionadas anteriormente dan una idea de la complejidad de las cuestiones que surgen de las problemáticas derivadas de la presencia de CEC en aguas regeneradas y aguas residuales brutas.





SUWANU  
EUROPE

### 3. Impactos ecológicos de la presencia de CEC en el agua regenerada

La presencia de CEC en el agua regenerada puede tener diversos impactos ecológicos, que incluyen, entre otros, la disrupción endocrina en organismos de orden superior (como peces o anfibios) y el desarrollo de resistencia antimicrobiana/antibiótica en organismos de orden inferior, como bacterias. La acumulación de CEC en organismos por contacto directo/indirecto con estos compuestos residuales, puede exacerbar el control hormonal anómalo, y conducir a un deterioro del sistema reproductivo, a una disminución de la fertilidad y a un aumento de la prevalencia de células cancerosas, efectos que pueden preservarse a través de futuras generaciones del organismo afectado (Belhaj et al., 2015). Los compuestos antibióticos han sido reconocidos como una categoría importante de CEC, debido a sus efectos adversos sobre los ecosistemas acuáticos (Kümmerer, 2009). La mayor preocupación de la liberación de residuos de antibióticos en el agua regenerada se asocia con el posible desarrollo y propagación de la resistencia antibiótica entre bacterias de los entornos acuáticos receptores, lo que puede conducir a una reducción del potencial terapéutico de los compuestos antibióticos contra patógenos bacterianos humanos y animales.

Nuevas pruebas sugieren que CEC tales como residuos farmacéuticos podrían acumularse en los productos agrícolas cultivados con agua regenerada (Malchi et al., 2014). Las mismas investigaciones muestran también que, para consumir productos farmacéuticos en niveles cercanos a los utilizados con fines terapéuticos, hay que consumir diariamente cantidades poco realistas de verduras. Por otro lado, las pruebas bioquímicas y moleculares de Christou et al. (2016) mostraron que diversos productos farmacéuticos en el agua regenerada pueden actuar como un factor emergente de estrés abiótico de las plantas de alfalfa, ya que se ha demostrado que las plantas de alfalfa emplean mecanismos de desintoxicación una vez expuestas a altas concentraciones de productos farmacéuticos (Christou et al., 2016). Otro estudio de Christou et al. (2017), ha demostrado que las concentraciones de residuos farmacéuticos en el suelo y en los frutos de tomate varían en función de la duración del riego y del origen de las aguas residuales aplicadas, así como de las propiedades fisicoquímicas de los productos farmacéuticos, ya que la absorción y la bioconcentración de los productos farmacéuticos ácidos aumentan con el riego a largo plazo con agua regenerada.

### 4. Opciones de tratamiento para la eliminación de la CEC del agua regenerada

La naturaleza refractaria de los residuos farmacéuticos que se encuentran en los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y en el agua regenerada ha impulsado el desarrollo de soluciones tecnológicas cuyo objetivo es superar la imposibilidad de su adecuada eliminación en los procesos convencionales de las PTAR. La tecnología de biorreactores de membrana (MBR) y los procesos de oxidación avanzada (POA) han mostrado una mayor capacidad de eliminación de microcontaminantes farmacéuticos de las matrices de aguas residuales de las plantas de tratamiento de aguas residuales y han demostrado ser potentes procesos de tratamiento para la eliminación de compuestos farmacéuticos orgánicos persistentes y biológicamente recalcitrantes (Karaolia et al., 2017). Estos procesos incluyen los procesos fotocatalíticos homogéneos de fuente solar, como la oxidación de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y foto-Fenton, y el proceso de fotocatalisis heterogénea (Rizzo et al., 2019). Otros métodos para la eliminación de CEC de los efluentes consisten en la filtración con medios biológicamente activos y la desalinización de los efluentes combinando ultrafiltración y ósmosis inversa. En las instalaciones que emplean ese tipo de tratamiento avanzado a los efluentes, se pueden observar diversas combinaciones de los procesos mencionados. La selección de la tecnología en cada PTAR se determina a partir de una combinación de consideraciones científicas y locales, como requisitos normativos, coste y objetivos de calidad del agua, entre otros. La eliminación de CEC y sus PT es la prioridad de muchos grupos en el mundo académico, la industria y legisladores, así como un importante motor para un ámbito activo de la ciencia lleno de innovaciones interesantes y revolucionarias.

### Referencia y lecturas adicionales

- Belhaj, et al., (2015). *Sci. of the Total Environ.*, 505, 154–160.  
Bengtsson-Palme, J., Larsson, D.G.J. (2016). *Environ. Int.*, 86, 140–149.  
Escher B. I. y Fenner K. (2011). *Environ. Sci. & Technol.*, 45(9), 3835–3847.  
Karaolia et al., (2017). *Chem. Eng. J.*, 310, 491-502.  
Malchi et al., (2014). *Environ. Sci. Technol.*, 48(16), 9325-9333.  
Radjenović J. et al., (2009). *Water Res.*, 43(3), 831–841.  
Rizzo et al., (2019). *Sci. of the Total Environ.*, 655, 986-1008.  
Kümmerer, K. (2008). *Pharmaceuticals in the Environment: Sources, Fate, Effects and Risks*. (3.<sup>a</sup> ed.). Springer Berlin Heidelberg.

#### CONTACTOS:

##### Coordinador

Rafael Casielles (BIOAZUL SL)

Avenida Manuel Agustín Heredia nº18 1ª4 Málaga (ESPAÑA)

Correo electrónico | [info@suwanu-europe.eu](mailto:info@suwanu-europe.eu)

Página web | [www.suwanu-europe.eu](http://www.suwanu-europe.eu)

#### CONTACTOS:

##### Responsable de la fact-sheet

Despo Fatta-Kassinou, Ph.D. ([dfatta@ucy.ac.cy](mailto:dfatta@ucy.ac.cy))

Popi Karaolia, Ph.D. ([pkarao01@ucy.ac.cy](mailto:pkarao01@ucy.ac.cy))

Nireas-IWRC | [Página web | https://www.nireas-iwrc.org](http://www.nireas-iwrc.org)

Universidad de Chipre | [Página web | www.ucy.ac.cy](http://www.ucy.ac.cy)

#### CONTACTOS:

##### Responsable de la fact-sheet

Diego Berger, Ph.D. ([dberger@mekorot.co.il](mailto:dberger@mekorot.co.il))

Hadas Raanan Kiperwas, Ph.D.

([o-hraanan@mekorot.co.il](mailto:o-hraanan@mekorot.co.il))

MEKOROT | [Página web | www.mekorot.co.il](http://www.mekorot.co.il)



THIS PROJECT HAS RECEIVED FUNDING FROM  
THE EUROPEAN UNION 'HORIZON 2020 RESEARCH  
AND INNOVATION PROGRAMME  
UNDER GRANT AGREEMENT N. 818088



NIREAS  
International Water Research Center



University  
of Cyprus

