Diagnóstico, eliminación y prevención de antibióticos y otros contaminantes emergentes, bacterias resistentes y genes de resistencia a antibióticos en el ciclo urbano del agua del territorio POCTEFA

Beatriz Laso [1], Itsaso Ilzarbe [1], Rosa Mosteo [2], María Pilar Goñi [2], Lara Pérez-Etayo [3], Ana Isabel Vitas Permán[3], Francisco Javier Fraguas Lasheras[4], Alberto Gil Setas[4]

[1] Navarra de Infraestructuras Locales S.A. (NILSA), [2] Universidad de Zaragoza (UNIZAR), [3] Universidad de Navarra (UNAV), [4] Navarrabiomed ,

DURACIÓN 2024-2027
PRESUPUESTO 1.999.748,35 €

El proyecto EMERGENTcy (EFA37/01) ha sido cofinanciado al 65% por la Unión Europea a través del Programa Interreg VI-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2021-2027). El objetivo del POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra".

INTRODUCCIÓN



Figura 1: Ciclo del agua. Fuente: imagen realizada con IA

Los contaminantes emergentes, como pueden ser los antibióticos, las bacterias resistentes a antibióticos (ARB) y los genes de genes de resistencia a antibióticos (ARGs) han adquirido especial relevancia debido a su papel en la aparición y propagación de resistencias antimicrobianas, consideradas por la World Health Organization una de las principales amenazas para la salud humana, animal y ambiental, como señala el enfoque One Health

Diversos estudios han demostrado la presencia de antibióticos, bacterias resistentes y genes de resistencia en aguas residuales, efluentes de EDAR y medios receptores, evidenciando la importancia del ciclo del agua como vía potencial de dispersión de la resistencia antimicrobiana Estas sustancias pueden alcanzar el ciclo del agua tras ser utilizados de forma genérica en actividades sanitarias (uso doméstico, sanitario, veterinaria), industriales y agroganaderas. Una fracción de estos llega a las redes de saneamiento y posteriormente a las depuradoras de aguas residuales (EDAR), donde reciben de forma continua antibióticos junto con bacterias resistentes (ARG), genes de resistencia y otros contaminantes. Tras el tratamiento de la depuradora el agua tratada retorna -al medio ambiente con aquellos compuestos y organismos que los tratamientos convencionales no han podido eliminar. (Figura 1). La directiva de tratamientos de aguas residuales urbanas (TARU) introduce por primera vez la obligatoriedad de incorporar un tratamiento cuaternario y establece también la obligación de vigilar la resistencia antimicrobiana en las aguas residuales, reforzando el papel de las EDAR como infraestructuras críticas para la salud ambiental.

EMERGENTcy presenta un enfoque público, desde salud y medio ambiente, centrándose en antibióticos, otros Contaminantes emergentes (CE) como fármacos, bacterias resistentes a antibióticos (ARBs) y genes de resistencia a antibióticos (ARGs) en el ciclo urbano de agua (CUA), en el territorio POCTEFA, en una región transfronteriza entre España y Francia

METODOLOGÍA

Caracterización

Seleccionadas 10 EDAR de POCTEFA
Habitantes equivalentes 10.000 – 150.000
4 campañas de muestreo consecutivas
Tipos tratamiento: T1-T2; T1-T2-T3, T1-T2-T4
T1 (pretratamiento y separación primaria)
T2 (Tratamiento biológico)
T3 (Lagunas, y Humedales)
T4 (Ultrafiltración)

160 muestras en 5 municipios de ES y FR: ríos
Agua arriba y abajo, EDAR, doméstico,
No doméstico e industriales

Cuantificación de CE

Mediante Cromatografía Líquida de Ultra Rendimiento (UPLC) acoplada a LC-MS/MS, basado en la EPA 1694.
ANTIBIOTICOS: AMX diketo piperazine, AMX penicilloic acid, Azithromycin, Ciprofloxacin, Clarithromycin*, Clindamycine, Doripenem, Enrofloxacin, Levofloxacin, Meropenem, Metronidazole, Norfloxacin, Pirlimycin, Rifaximin, Sulfadiazine, Sulfamethoxazole, Sulfapyridine, Trimethoprim
19 FARMACOS: Amitriptyline, Atenolol, Atorvastatin, Carbamazepine*, Codeine, Diclofenac, Fluconazole*, Iopromide, Irbesartan, Ketamine, Ketoprofen*, Lorazepam, Lormetazepam, Losartan, Metoprolol*, Omeprazole, Oxazepam, Paracetamol, Rivaroxaban, Valsartan, Venlafaxine*
* Sustancias incluidas en la TARU

Aislamiento ARB

Mediante medios diferenciales y selectivos
Se seleccionaron 7 patógenos

- Enterobacterias ESBL
- Enterobacterias CARBA
- *Acinetobacter baumanii* CARBA
- *Pseudomonas aeuroginosa* CARBA
- *Salmonella fluroquinolonas*
- *Staphylococcus aures* MRSA
- *Enterococcus faecium* VR

Detección ARG

Mediante Metagenómica Shotgun
1) Extracción de ADN
2) Preparación de librerías
3) Secuenciación
4) Análisis informático



Tratamiento con Fotocatálisis con TiO_2 + carbón activo



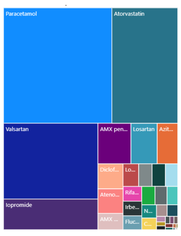
Patente ES2585087
+ Lámparas UVA y UVC

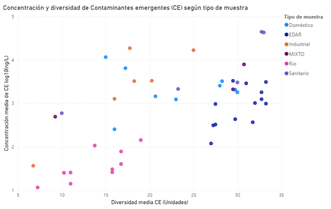
Residuos mazorca maíz + Activación (NaOH y H_3PO_4) = Carbón activo

AP_2, BP_3, BNa_2, CNa_2

RESULTADOS

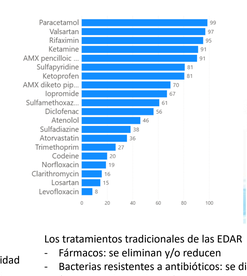
DIAGNÓSTICO de CE en el ciclo del agua

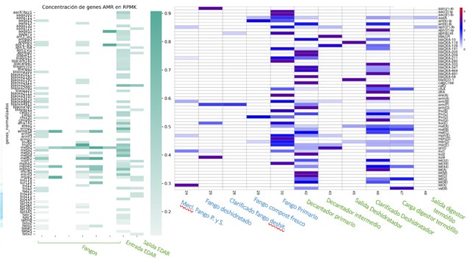




Al comparar entre vertidos se observan variaciones entre tipos de fármacos utilizados, sus concentraciones y diversidad
La mayor diversidad y concentración se encuentra en áreas sanitaria y la menore concentración y diversidad en ríos
Se detectan bacterias resistentes en colectores domésticos, hospital y residencia de mayores y EDAR pero no en ríos

ELIMINACIÓN en EDAR



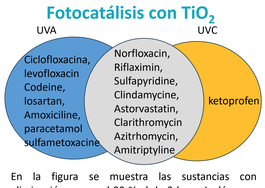


Los tratamientos tradicionales de las EDAR

- Fármacos: se eliminan y/o reducen
- Bacterias resistentes a antibióticos: se disminuyen a valores < 10 ufc/ml a la salida de la línea de aguas y tras el tratamiento de los fangos mediante digestión anaerobia y compostaje
- Genes de resistencia a antibióticos: la abundancia relativa se reduce a la salida del agua y los tratamientos de fangos

ELIMINACIÓN de CE con tratamientos cuaternarios

Fotocatálisis con TiO_2



En la figura se muestra las sustancias con eliminación mayor al 80 % al de 2 hora. La lámpara UVA supera a la UVC en valores de eliminación,
El tratamiento también inactiva las bacterias resistentes y degrada el ADN de genes de resistencia

Carbón activo

Los nuevos carbonos activos tuvieron eficacia similar al comercial
Los mejores valore se obtienen en aquellos con mayor superficie específica y menor volumen de mesoporo
Los carbonos activos son eficaces en antibióticos y otros contaminantes emergentes, pero no implica la degradación ni de genes de resistencia.
La validación de resultados se hará a escala piloto semiindustrial

DIVULGACION – PREVENCIÓN

Plan de comunicación



Vídeo de sensibilización





https://www.emergentcy.eu/es

Plan educativo



Informe adaptación normativa

Normativas actuales no consideran el origen del vertido

Los estudios del proyecto muestran que el origen es un factor a considerar porque puede influir en su correcta gestión

Se ha comenzado un estudio que recogerá la normativa relacionada y buscar las herramientas – requisitos que permitan adaptarla considerando el vertido.

DISCUSIÓN

Los tratamientos convencionales de depuración, tanto en la línea de agua como en la línea de fangos, aunque no fueron diseñados específicamente para la eliminación de contaminantes emergentes o elementos asociados a la resistencia antimicrobiana, son capaces de reducir significativamente sus concentraciones. Además, la combinación de estos tratamientos con tecnologías complementarias, como la fotocatálisis con TiO_2 y la adsorción mediante carbón activo en la línea de agua, así como la digestión anaerobia y el compostaje en la línea de fangos, incrementa los rendimientos de eliminación observados.

Estos resultados ponen de manifiesto el papel fundamental de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) como barrera sanitaria para la protección de la salud pública y del medio ambiente, limitando la liberación al medio receptor de contaminantes emergentes, antibióticos, ARB y ARG. En este contexto, las EDAR constituyen un elemento estratégico dentro del enfoque One Health para la mitigación de la resistencia antimicrobiana.

Las acciones de divulgación han contribuido a aumentar la sensibilización sobre el uso responsable de los medicamentos, el funcionamiento del ciclo integral del agua y el comportamiento de los antibióticos y de los mecanismos de resistencia antimicrobiana en los distintos compartimentos ambientales.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de conocer el origen de los vertidos, la presencia y comportamiento de los contaminantes emergentes y las tecnologías disponibles para su tratamiento a lo largo del ciclo integral del agua. Asimismo, respaldan la necesidad de estudiar posibles adaptaciones de la regulación de los vertidos en función de su origen y carga contaminante, favoreciendo estrategias de prevención, control y tratamiento más eficientes. Todo ello contribuye a una gestión más sostenible de los recursos hídricos, a la reducción de la propagación de la resistencia antimicrobiana y a una mejor protección de la salud pública y del medio ambiente.

Entidades Socias