



Avances en la gestión de riesgos microbiológicos en aguas regeneradas: proyecto Regireu

Entre 2017 y 2021 se llevó a cabo el proyecto Regireu de la comunidad Agua de la convocatoria RIS3CAT, organizado por el departamento de Acció de la Generalitat de Catalunya, con el objetivo de coordinar fondos europeos para el desarrollo regional. Dicho proyecto constaba de cinco actividades, de las cuales Aigües de Barcelona participaba como líder en la actividad 4 sobre 'Gestión del riesgo sanitario en agua regenerada', juntamente con Cetaqua y CASSA. El objetivo de la tarea 4 era garantizar la seguridad sanitaria en el uso de agua regenerada, evaluando nuevas herramientas para identificar los riesgos sanitarios, minimizarlos, controlarlos y poder hacer una gestión preventiva asegurando la calidad sanitaria del agua regenerada y generando confianza en el usuario final. Se utilizaron herramientas instrumentales -equipo microbiológico de medida en tiempo real- y de muestreo -sistemas para el muestreo de grandes volúmenes de agua-, así como herramientas metodológicas como la evaluación microbiológica exhaustiva de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), cualitativa y cuantitativa, y la revisión o implementación de Planes de Seguridad del Saneamiento del agua (*Sanitation Safety Plan, SSP*).

Palabras clave

Agua regenerada, microbiología *on line*, indicadores y patógenos, QMRA, SSP.

ADVANCES IN MICROBIOLOGICAL RISK MANAGEMENT IN RECLAIMED WATER: REGIREU PROJECT

Between 2017 and 2021, the Regireu project of the Water community of the RIS3CAT call, organized by the Department of Action of the Generalitat de Catalunya, with the aim of coordinating European funds for regional development was carried out. This project included five activities. Aigües de Barcelona participated as leader in activity 4 about 'Sanitary risk management in reclaimed water', with Cetaqua and CASSA. The objective of task 4 was to guarantee sanitary safety in the use of reclaimed water, evaluating new tools to identify sanitary risks, minimize them, control them and be able to carry out preventive management, ensuring the sanitary quality of reclaimed water and generating confidence in the end user. Instrumental and sampling tools were used -microbiological equipment for real-time measurement, and systems for sampling large volumes of water-, as well as methodological tools such as an exhaustive qualitative and quantitative microbiological evaluation of wastewater treatment plants (WWTP), and the review or implementation of Water Sanitation Safety Plans (SSP).

Keywords

Reclaimed water, *on line* microbiology, indicator and pathogen, QMRA, SSP.

Carles Vilaró

técnico del Área de Microbiología de Aigües de Barcelona

Belén Galofré

responsable del Área de Microbiología de Aigües de Barcelona

Clàudia Puigdomènech Serra

project manager de Cetaqua - Centro Tecnológico del Agua

Susana González Blanco

responsable técnica del Área de Gestión de Infraestructuras Críticas y Resiliencia de Cetaqua - Centro Tecnológico del Agua

Jordi Vinyoles

responsable de Operaciones de Saneamiento e Innovación de Grup CASSA



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto Regireu, acrónimo de 'Regeneración y reutilización', es uno de los 6 proyectos aprobados en la convocatoria Ris3Cat para la gestión del Fondo Europeo de Desarrollo Regional de la Unión Europea en el marco del Programa Operativo FEDER 2014-2020. En su totalidad se agrupan 5 tareas, que se listan a continuación:

- Actividad 1. Investigación en sistemas integrados de membranas (líder: Universitat de Girona).
- Actividad 2. Investigación en tecnologías de oxidación para la eliminación de contaminantes orgánicos persistentes y desinfección (líder: Institut Químic de Sarrià).
- Actividad 3. Experimentación a escala piloto de tecnologías innovadoras para la regeneración de aguas residuales para su reutilización (líder: Bio-Fil).
- Actividad 4. Gestión del riesgo sanitario en agua regenerada (líder: Aigües de Barcelona).
- Actividad 5. Gestión del proyecto (líder: Centre Tecnològic Eurecat - Manresa).

En este artículo se hace referencia únicamente a la actividad 4, la cual constaba de 4 tareas. La tarea 4.1 tenía como objetivo la selección de un equipo de microbiología *online* y de medida en tiempo real, así como su validación en condiciones controladas. Las tareas 4.2 y 4.3 se diseñaron como casos de estudio para validar el uso de dicho equipo *online* a escala real: 4.2 como caso de estudio de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) y estación regeneradora de agua (ERA) de Gavà-Viladecans; y 4.3 como caso de estudio de la red de distribución de agua regenerada proveniente de la ERA de Riu Sec en

Sabadell. Más allá de la monitorización *online*, este proyecto tenía también una parte de caracterización microbiológica de las dos EDAR-ERA de estudio. A la vez que se realizaban las tareas 1,2 y 3, también se diseñó y ejecutó un plan experimental de muestreo y análisis para caracterizar microbiológicamente las diferentes etapas de la EDAR-ERA tanto cuantitativa como cualitativamente. Finalmente, la tarea 4.4 constaba de la evaluación del riesgo microbiológico y la aplicación de las metodologías en los Planes de Seguridad del Saneamiento del agua (SSP).

2. SENSORES MICROBIOLÓGICOS ONLINE

Correspondiendo a la tarea 4.1 de la actividad, se hizo una búsqueda de sensores microbiológicos *online* comerciales e innovadores y se seleccionó el analizador más idóneo para el objetivo del proyecto. Una vez seleccionado, se diseñó un plan experimental con una validación en condiciones controladas en la plataforma que Aigües de Barcelona tiene en sus instalaciones de Collblanc (Barcelona).

El estado del arte recogió un total de 14 instrumentos *online*. Una primera clasificación de estos equipos

podría ser en función del alcance de la medida (actividad microbiana o patógenos específicos) y en un segundo nivel podrían ser clasificados en función de la técnica empleada para medir (técnicas ópticas, enzimáticas, citometría...).

Después de un análisis exhaustivo de la información que se disponía de cada equipo, se seleccionó el instrumento *online* BactControl (empresa MicroLAN), que analiza *E. coli* (parámetro legislado y de fácil interpretación) y detecta organismos vivos, basándose en la actividad enzimática y con un límite de detección (LD) relativamente bajo, ya que se concentra la muestra. La unidad de respuesta es pmol/min/1.000 mL y tiene un rango de trabajo de 0-300 pmol/min/1.000 mL. Este instrumento se verificó con el método Colilert de Idexx, que es un análisis sencillo y fácil de realizar. Es un equipo robusto, capaz de procesar diferentes matrices y turbidez. Incorpora, además, un sistema de limpieza y requiere un mantenimiento sencillo que es capaz de realizar análisis en muy poco tiempo (aproximadamente 2 horas) y también permite la posibilidad de conectarse en remoto. Existe un módulo que permite filtrar 1 L de agua para mejorar la sensibilidad en la celda de lectura.

Se instaló en la plataforma de sensores de red de distribución de agua potable (**Figura 1**), durante un período de casi tres meses (de noviembre 2018 a febrero 2019) y se llevó a cabo el plan de validación definido, midiendo durante día y noche actividad enzimática de agua potable (**Figura 2**), para poder determinar el ruido del equipo ante la ausencia ya esperada de *E. coli*. Además, se realizaron operaciones de dosificación de agua residual tanto en matriz agua potable como en matriz agua regenerada (**Figura 3**).

FIGURA 1. Equipo BactControl ubicado en la plataforma de sensores de Aigües de Barcelona.



FIGURA 2. Resultados de las mediciones del equipo *on line* en agua potable en continuo. Se indican también los diferentes rangos de conductividad del agua.

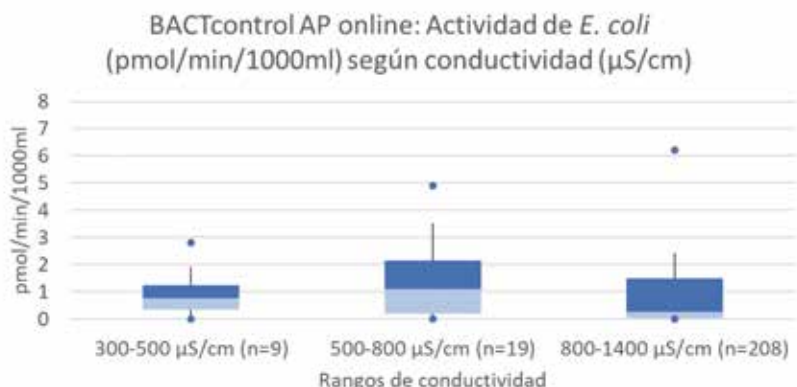


FIGURA 3. Resultados de las mediciones del equipo *on line* en agua potable y en agua regenerada dopada con agua residual en los rangos de dopaje de 10^1 y 10^2 NMP *E. coli*/100 mL. El rango de valores en agua potable sin dopar se encuentra entre el 0 y 6 pmol/min/1.000m L, exactamente igual que en agua regenerada sin dopar, aunque en agua regenerada el promedio de valores es ligeramente superior (0,8 vs. 3,7) por un posible efecto matriz.

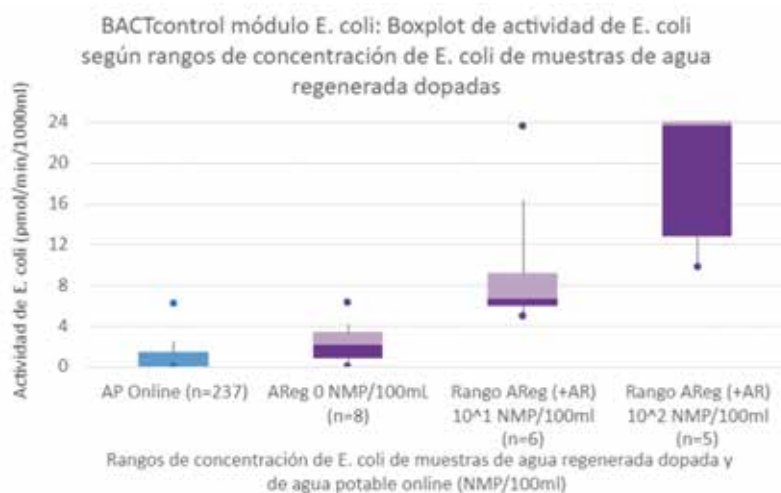


FIGURA 4. Resultados de BactControl (en pmol/min/1.000 mL) y de las contramuestras (*E. coli* NMP/100 mL) durante el período de fortificación en la salida del MBR de la EDAR Gavà-Viladecans.



El intervalo de resultados para concentraciones del orden de 10^1 NMP/100 mL en agua regenerada tiene un mínimo de 5 pmol/min/1.000 mL, un máximo de 23 y un valor promedio de 10, lo que lleva a definirse como posible valor de detección en agua regenerada el valor de 10^1 NMP *E. coli*/100 mL en agua regenerada asociado a un valor del equipo de 10 pmol/min/1.000 mL.

3. CASO DE ESTUDIO DE LA ERA GAVÀ-VILADECANS

En la segunda tarea, se evaluó el analizador BactControl en la salida del reactor biológico de membranas (MBR) de la ERA de Gavà-Viladecans. La validación del equipo BactControl se llevó a cabo durante el periodo de marzo a septiembre de 2019. Posteriormente en el tiempo, se llevó a cabo la caracterización microbiológica de la EDAR.

3.1. EVALUACIÓN DEL EQUIPO BACTCONTROL

El diseño experimental de la validación del equipo constaba de análisis en continuo de la salida de MBR (regenerada sin cloración) y la verificación en el laboratorio mediante el análisis de muestras puntuales con el método Colilert. También se realizaron análisis fisicoquímicos (amonio, turbidez, nitratos, temperatura y conductividad) con analizadores online y otros parámetros analizados en laboratorio (conductividad, turbidez, pH y carbono orgánico total -COT-). Además, se recopilaron los datos meteorológicos de la zona (pluviometría y temperatura ambiental). Durante el periodo de estudio se recopilaron 1.266 datos, de los cuales 1.052 (83%) se consideraron válidos. El resto se descartaron por incidencias relacionadas principalmente con el mantenimiento del equipo.



Durante el periodo de evaluación no se detectó ningún evento destacable por lo que no se podía comprobar la eficiencia del equipo. Así pues, se prepararon muestras dopadas con agua de salida del primario, con una concentración de *E. coli* del orden de 10^1 , 10^2 y 10^3 NMP/100 mL para poder determinar la respuesta del equipo frente a posibles escenarios. Los resultados se muestran en la **Figura 4**.

Con estos resultados se concluyó que el orden de magnitud que puede detectar el equipo se encuentra alrededor de 10^2 NMP/100 mL con una media de actividad medida por el equipo BactControl de 20 pmol/min/1.000 mL.

Con estos datos se puede pensar que el equipo es una buena herramienta para el control preventivo durante la producción de agua regenerada, ya que una positividad por encima de 20 pmol/min/1.000 mL supondría un valor de 10^2 NMP *E. coli*/100 mL y permitiría adecuar el tratamiento terciario final (dosificación de cloro) y así reducir el riesgo en la salida de la planta de agua regenerada. De este modo, los niveles de alerta y críticos para el equipo *online* quedarían definidos en la **Tabla 1**.

El estudio que se llevó a cabo de correlaciones entre valores de actividad de *E. coli* (BactControl), re-

Niveles	Actividad de <i>E. coli</i> (pmol/min/1.000 mL)	Concentración de <i>E. coli</i> asociada a la actividad
Nivel alerta	20	Rango de 10^2 NMP/100 mL
Nivel crítico	100	Rango de 10^3 NMP/100 mL

cuento de *E. coli* (Colilert) y el resto de parámetros físico-químico y de pluviometría no reveló ninguna correlación.

3.2. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA EDAR GAVÀ-VILADECANS

Durante el periodo de noviembre 2019 a noviembre 2020 (campaña muy larga en el cronograma debido al confinamiento de instalaciones que supuso la pandemia causada por la COVID-19 en 2020) se lleva-

ron a cabo 7 campañas de muestreo en la EDAR Gavà-Viladecans. Los parámetros indicadores y de patógenos se muestran en la **Tabla 2**.

La selección de estos parámetros se ha hecho intentando recoger el máximo número que aparece en el RD 1620/2007 y en el actual Reglamento (UE) 2020/741. Las metodologías de los parámetros analizados incluyen técnica de cultivo, técnicas de PCR y técnicas de cultivo celular + PCR, tal y como se recoge en la **Tabla 3**.

Parámetro	Referencia	Técnica
<i>E. coli</i>	UNE EN ISO 9308-3	Cultivo
Colifagos somáticos	UNE EN ISO 10705-2	
Esporas de <i>C. perfringens</i>	UNE EN ISO 14189	
<i>Legionella</i>	UNE EN ISO 11731	
Enterovirus	Mocé Lliviana <i>et al.</i> , 2004	Cultivo + PCR
Rotavirus	Villena <i>et al.</i> , 2003	

Punto de planta	Indicadores (triplicado por cada indicador)				Patógenos (una muestra por indicador)				Cloro libre y total
	Bacterias		Virus	Protozoos	Bacterias	Virus		3 reinos	
	<i>E. coli</i>	Colifagos totales	Colifagos somáticos	Esporas <i>C. perfringens</i>	<i>Legionella spp.</i>	Enterovirus	Rotavirus	FilmArray	
Salida primario	X	X	X	X					
Salida MBR	X	X	X	X					
Salida terciario	X	X	X	X					X
Punto entrega	X	X	X	X	X	X	X	X	X

FilmArray (BioMerieux) es una metodología de PCR que incluye un *screening* rápido (1,5 horas) de 22 patógenos gastrointestinales (virus, bacterias y protozoos) a partir de un concentrado de muestra.

En el caso de los muestreos de salida del terciario y punto de entrega se realizaron muestreos con un sistema de filtración (filtro Rexeed) para filtrar grandes volúmenes de agua (100 L) con el objetivo de poder mejorar la sensibilidad de la medida en puntos previsiblemente con resultados negativos con análisis de 100 o 1.000 mL.

Por lo que se refiere a parámetros indicadores, se muestran los resultados de todas las campañas en la **Figura 5**. El cálculo de las reducciones logarítmicas, para cada uno de estos parámetros indicadores, da unos resultados (a nivel promedio) que permiten afirmar que la EDAR/ERA cumple con los requisitos de validación declarados en el Reglamento (UE) 2020/741 (**Tabla 4**).

Respecto a los microorganismos patógenos, todos los resultados, excepto uno, fueron negativos para virus infecciosos (enterovirus y rotavirus), como se muestra en la **Tabla 5**. El único resultado positivo pero no cuantificable fue de una muestra de rotavirus en la salida del primario.

Para el parámetro *Legionella sp*, todos los análisis han dado resultados por debajo del límite de detección (100 ufc/L). Y por lo que se

refiere a los análisis por FilmArray, únicamente se detectaron 5 positividades de las 154 PCR realizadas en total. En 3 de las 5 positividades el resultado fue adenovirus.

4. CASO DE ESTUDIO DE LA ERA SABADELL RIU SEC

En la tercera tarea se replicó el trabajo realizado en la tarea 4.2 pero en la EDAR/ERA de Riu Sec (Sabadell) y la caracterización microbiológica se realizó igual que en el caso anterior. Por lo que se refiere a la validación del equipo *online*, a diferencia del anterior, en este caso se llevó a cabo en el punto de entrada de una red de agua regenerada que abastece un polígono industrial y comercial

4.1. EVALUACIÓN DEL EQUIPO BACTCONTROL

La evaluación *online* con el analizador BactControl se llevó a cabo en el periodo entre octubre de 2019 y julio de 2020. El plan experimental para analizar en continuo la red de distribución de agua regenerada (agua clorada) se consideró de manera paralela al caso anterior, lo que implicaba:

- Verificaciones del parámetro *E. coli* mediante el método Colilert en muestras puntuales.

TABLA 4

LOGARITMOS DE ELIMINACIÓN OBTENIDOS EN EL PROYECTO VS LOGARITMOS INDICADOS EN REGLAMENTO (UE) 2020/741.

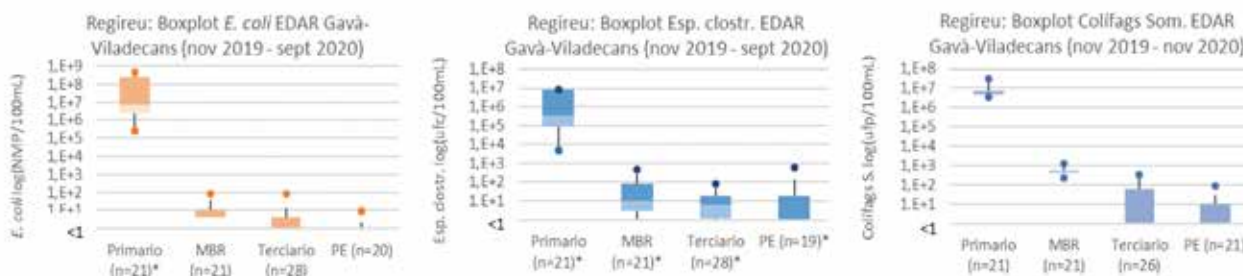
Parámetros analizados	Logaritmos de eliminación	
	Regireu	Técnica Reglamento (UE) 2020/741
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	> 7,6	> 5
Esporas de <i>C. perfringens</i> (ufc/100 mL)	> 4,5	> 4
Colifagos somáticos (ufp/100 mL)	> 6,6	> 6

TABLA 5

VALORES LD DE LOS DIFERENTES MICROORGANISMOS PATÓGENOS.

Primario		Terciario		Punto entrega	
Enterovirus (UI/L)	Rotavirus (CG/L)	Enterovirus (UI/L)	Rotavirus (CG/L)	Enterovirus (UI/L)	Rotavirus (CG/L)
< 10	< 360	< 0,02 - < 0,05	< 4 - < 5	< 0,02 - < 0,05	< 2,68 - < 6,7

FIGURA 5. Gráfico Boxplot para cada uno de los parámetros indicadores a lo largo del tratamiento de la EDAR/ERA Gavà-Viladecans.





- Parámetros fisicoquímicos de muestras puntuales (conductividad, pH, cloro libre y total, coliformes totales y *E. coli*).
- Analizadores *online* de salida de MBR (turbidez y conductividad), salida terciario al depósito de agua regenerada (cloro libre y pH), red de distribución (cloro libre).
- Datos meteorológicos de la zona (pluviometría y temperatura ambiente).
- La alta variabilidad de la turbidez del agua regenerada en la red de distribución, entre 0 y 3 NTU, motivo de gran parte de las incidencias del equipo. Esta incidencia en la turbidez se resolvió con posterioridad a la finalización del proyecto.
- Los altos valores de cloro libre (con un valor máximo de 18,9 ppm,) lo que explica la ausencia de *E. coli*.

La pandemia causada por la COVID-19, que inhabilitó el acceso a las instalaciones durante meses, junto con un problema de elevada turbidez del agua regenerada que obligó a un elevado número de interrupciones por mantenimiento del equipo, no permitió alcanzar un número de datos tan elevado como en la ubicación anterior. De todas maneras, se obtuvieron 331 valores, de los cuales un 75% se consideraron válidos.

La concentración de *E. coli* medida por Colilert da resultados mayoritariamente negativos < 1 NMP/100 mL con un único valor positivo de 13 NMP/100 mL, coherente con los resultados del equipo en los que 'de todos los valores' únicamente un 6,5% fueron superiores a 10 pmol/min/1.000 mL (teórico límite de detección propuesto en la validación del equipo en situaciones controladas).

De los parámetros fisicoquímicos analizados destacan:

Debido al menor tiempo de disponibilidad operativa del equipo, no se pudieron realizar pruebas de fortificación como las que se realizaron el caso anterior y no se pudo evaluar el límite de detección del equipo en esta ubicación.

Después de toda la experimentación con el mismo, se concluye que en el caso concreto de esta red de distribución de agua regenerada, donde según el RD 1620/2007 para el uso urbano para calidad residencial y para descarga de aparatos sanitarios, debe haber ausencia de *E. coli* (valor por debajo del LD del equipo de 10^2 NMP/100 mL, 20 pmol/min/1.000 mL), el propio valor LD pasaría a ser directamente el valor crítico de actividad de *E. coli* en este punto. Un valor por encima del LD alertaría de un episodio importante del sistema de regeneración de aguas. La posibilidad de analizar varias medidas al día de este parámetro frente a la frecuencia de muestreo actual establecida para

este tipo de uso (semanal), posicionaría al equipo como un sistema de gestión no preventivo, pero sí de alerta temprana, debido a que aumentaría mucho la posibilidad de detección de un evento de estas características.

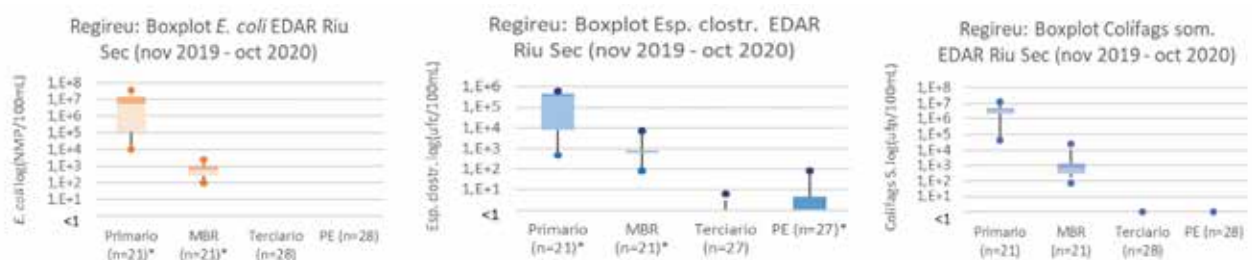
Así mismo, debido a la alta variabilidad en la turbidez de esta red de distribución de agua regenerada, el equipo no fue capaz de operar adecuadamente en esta localización en las condiciones existentes durante la realización del proyecto. Posteriormente se normalizaron los valores de este parámetro al sustituir las membranas dañadas del sistema MBR.

El estudio que se llevó a cabo de correlaciones entre valores de actividad de *E. coli* (BactControl), recuento de *E. coli* (Colilert) y el resto de parámetros fisicoquímico y de pluviometría no relevó ninguna correlación.

4.2. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA EDAR RIU SEC

Durante el periodo de noviembre de 2019 a octubre de 2020 se llevaron a cabo 7 campañas de muestreo de la EDAR Sabadell Riu Sec. Los parámetros analizados y los puntos de muestreo de las campañas realizadas, así como las técnicas analíticas empleadas, han sido las mismas que las definidas en el caso de estudio anterior (**Tablas 2 y 3**).

FIGURA 6. Gráfico Boxplot para cada uno de los parámetros indicadores a lo largo del tratamiento de la EDAR/ERA Riu Sec.



Por lo que se refiere a parámetros indicadores se muestran los resultados de todas las campañas en la **Figura 6**.

El cálculo de las reducciones logarítmicas para cada uno de estos parámetros indicadores da unos resultados (a nivel promedio) que permiten afirmar que la EDAR/ERA cumple con los requisitos de validación declarados en el Reglamento (UE) 2020/741 (**Tabla 6**).

Respecto a los microorganismos patógenos, todos los resultados, excepto uno, fueron negativos para virus infecciosos (enterovirus y rotavirus), como se muestra en la **Tabla 7**. El único resultado positivo pero no cuantificable fue de una muestra de rotavirus en la salida del primario.

Para el parámetro *Legionella sp.*, todos los análisis han dado resultados por debajo del límite de detección (100 ufc/L). Y por lo que se refiere a los análisis por FilmArray, únicamente se detectó una positividad de los 154 análisis PCR realizados en total.

El estudio que se llevó a cabo de correlaciones entre valores de actividad de *E. coli* (BactControl), recuento de *E. coli* (Colilert) y el resto de parámetros físicoquímico y de pluviometría no relevó ninguna correlación.

5. EVALUACIÓN DEL RIESGO MICROBIOLÓGICO Y SSP

Con la información obtenida gracias a los datos experimentales se llevó a cabo la tarea 4.4, que consistía en la evaluación del riesgo microbiológico desde la perspectiva de la eficiencia de los diferentes tratamientos, obteniendo las reducciones logarítmicas de los diferentes indicadores y patógenos microbiológicos y de la evaluación del riesgo cuantitativa (QMRA).

TABLA 6		
LOGARITMOS DE ELIMINACIÓN OBTENIDOS EN EL PROYECTO VS. LOGARITMOS INDICADOS EN EL REGLAMENTO (UE) 2020/741.		
Parámetros analizados	Logaritmos de eliminación	
	Regireu	Técnica Reglamento (UE) 2020/741
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	> 8,1	> 5
Esporas de <i>C. perfringens</i> (ufc/100 mL)	> 6	> 4
Colifagos somáticos (ufp/100 mL)	7,2	> 6

TABLA 7					
VALORES LD DE LOS DIFERENTES MICROORGANISMOS PATÓGENOS.					
Primario		Terciario		Punto entrega	
Enterovirus (UI/L)	Rotavirus (CG/L)	Enterovirus (UI/L)	Rotavirus (CG/L)	Enterovirus (UI/L)	Rotavirus (CG/L)
< 10	< 360	< 0,04 - < 0,05	-	< 0,04 - < 0,07	< 1,84 - < 9,4

El motivo de trabajar con un sistema de filtración de grandes volúmenes tenía como objetivo mejorar la sensibilidad de la técnica, en caso de que los resultados en el agua regenerada fueran negativos con los volúmenes tradicionales de 1 L.

Los resultados analíticos de los patógenos virales analizados (enterovirus y rotavirus) han sido de ausencia tanto en tratamiento primario como en tratamiento terciario y en punto de entrega de las dos EDAR. La ausencia de valores cuantificables de virus patógenos en las salidas del tratamiento primario de las dos EDARs no han permitido realizar la QMRA.

Así mismo, la evaluación cualitativa ha demostrado que las dos plantas presentan una correcta reducción de los indicadores microbiológicos, destacando una reducción significativa entre el tratamiento primario y la salida del sistema MBR, llegando a ausencias de coliformes totales, *E. coli* y colifagos somáticos cuando se está produciendo agua regenerada (incluida desinfección). En el

caso de esporas de *C. perfringens*, se detectaron positivos en la salida de la EDAR Gavà-Viladecans y algún positivo en el punto de entrega de la EDAR Sabadell Riu Sec. A pesar de estos resultados, los parámetros, en su conjunto, permiten validar la aptitud de las instalaciones regeneradoras de agua residual dentro del nuevo marco regulatorio europeo referente a la reutilización de agua para uso agrícola.

Por lo que se refiere a los SSP, la EDAR Gavà-Viladecans ya dispone de un sistema de gestión del riesgo del agua regenerada desde el año 2015. Se ha revisado el sistema de gestión actual y con la información obtenida en el proyecto se han detectado algunos puntos de mejora:

- Asegurar que la desinfección del tratamiento terciario de la ERA esté activo en continuo.
- Establecer un modelo de riego real con agua regenerada suministrada a los agricultores de la zona para conocer los tipos de riego (gota a gota, infiltración, aspersión...).



- Incorporar en las analíticas rutinarias de control de planta los nuevos parámetros microbiológicos en el reglamento europeo de riego agrícola con agua regenerada (Reglamento EU 2020/741).
- Incorporar analíticas de virus de entrada y salida de planta con una cierta periodicidad para confirmar ausencia o no de estos.
- Identificar y añadir otros parámetros no definidos en normativas que sean de interés e integrar nuevos sensores online en el proceso de producción y distribución.
- Actualizar vocabulario técnico en el redactado de la documentación SSP respecto al que queda definido en el nuevo reglamento europeo de riego agrícola de la comisión europea 2020 (Reglamento EU 2020/741).

La EDAR Sabadell Riu Sec no dispone en la actualidad de SSP. En el proyecto se llevó a cabo un diseño de los SSP con un equipo de trabajo de la propia instalación y se implementaron 5 de las 7 fases descritas para una correcta implantación de un SSP. Actualmente, se está en la fase de definición del plan de mejora, que posteriormente será aprobado por la dirección. Las principales acciones de mejora para la implantación de los SSP son las siguientes:

- La desinfección de la EDAR Riu Sec presenta valores de cloración muy elevados, hay margen para reducir la dosificación y seguir produciendo agua regenerada de igual calidad.
- Mejorar la información obtenida con el medidor de cloro en línea existente en la red de distribución.
- Actualmente se está en la fase elaboración de documentos a través del equipo de implantación del SSP.

- Estudiar la posibilidad de implementar nuevos sensores online en el proceso de producción y distribución de agua regenerada.

6. CONCLUSIONES

El uso de instrumentos *online* puede ayudar a la gestión preventiva de riesgos microbiológicos en el uso del agua regenerada. Es muy importante tener claros los criterios y características del equipo seleccionado y, como ha demostrado el estudio, hace falta siempre una validación en el laboratorio (o plataforma de sensores) y en la ubicación final, ya que un mismo equipo puede servir en una ubicación y no en otra.

El equipo BactControl se definió como una útil herramienta preventiva, ubicado en una fase previa a la desinfección en la EDAR de Gavà-Viladecans. En la red de distribución del polígono Sant Pau de Riu Sec, podría ser un equipo de alarma temprana, aunque si se repitieran las incidencias de turbidez del agua regenerada suministrada detectadas durante el proyecto dificultarían el óptimo funcionamiento del equipo en esa ubicación.

La caracterización microbiológica de las EDAR con parámetros indicadores y patógenos resulta de gran importancia para la gestión del riesgo. Con los resultados del estudio se ha podido validar el funcionamiento de las dos EDAR analizadas.

La validación de las condiciones operativas de las dos EDAR/ERA y la ausencia de virus patógenos en la salida con la concentración de grandes volúmenes asegura que el agua regenerada producida por las dos EDAR tiene un riesgo muy bajo.

El uso de estas técnicas de medición (equipos *online* o caracterización microbiológica con sistemas de filtración de grandes volúmenes en

caso de agua final) permite recoger información que puede ser de gran utilidad para la revisión de planes de seguridad del agua ya implantados o para cuando deban implantarse desde cero.

7. AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto Regireu de la Comunidad RIS3CAT Agua, acreditada por la Generalitat de Catalunya a través de la Agencia para la Competitividad de la Empresa (Acció) y cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea en el marco del Programa Operativo FEDER 2014-2020.

Bibliografía

- [1] Allende, A.; Truchado, P.; Lindqvist, R.; Jaxsens, L. (2018). Quantitative microbial exposure modelling as a tool to evaluate the impact of contamination level of surface irrigation water and seasonality on fecal hygiene indicator *E. coli* in leafy green production. Food Microbiology, núm. 75, págs. 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.016>.
- [2] Comisión Europea. (2020). Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de mayo de 2020, relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua. Diario Oficial de La Unión Europea, 2019, 2–32. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e8951067-627c-11e8-ab9c-01aa75ed71a1.0024.02/DOC_2&format=PDF.
- [3] Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks (phase 1). (2006). Natural Resource Management Ministerial Council. Environment Protection and Heritage Council. Australian Health Ministers Conference.
- [4] Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE núm. 294, 2007.
- [5] OMS (2016). Planificación de la seguridad del saneamiento. Manual para el uso y la disposición seguros de aguas residuales, aguas grises y excretas. Organización Mundial de La Salud, 156. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250331/9789243549248-spa.pdf;jsessionid=03873C6AABE8529964CD8CF589A08661?sequence=1%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250331/1/9789243549248-spa.pdf?ua=1&ua=1>.
- [6] Villena, C.; El-Senousy, W.M.; Abad, F.X.; Pintó, R.M.; Bosch, A. (2003). Group A rotavirus in sewage samples from Barcelona and Cairo: emergence of unusual genotypes. Appl Environ Microbiol, págs. 3.919-3.923.
- [7] Mocé-Llivina, L.; Lucena, F.; Jofre, J. (2004). Double-layer plaque assay for quantification of enteroviruses. Appl. Environ. Microbiol., núm. 70(5), págs. 2.801-2.805.
- [8] Vilaró, C.; Galofré, B.; Puigdomènech, C.; González, S.; Vinyoles, J. (2022). Avances en la gestión de riesgos microbiológicos en aguas regeneradas. SSP. Proyecto Regireu. XXXVI Congreso AEAS, Córdoba. 