



Influencia del tratamiento terciario y desinfección por UV en *E. Coli* y colífagos en la EDAR Puerto Lumbreras

La actual escasez de agua hace cada vez más importante lograr una calidad óptima del agua regenerada en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) para su reutilización con el fin de contribuir a un desarrollo sostenible urbano y agrícola. Las EDAR, con el objetivo de garantizar la correcta desinfección del efluente, emplean de forma general la desinfección mediante lámparas ultravioleta (UV) u ozono (O_3). La desinfección mediante ultravioleta es la más efectiva, menos peligrosa y más económica existente actualmente en los procesos de depuración convencionales. Para controlar su correcto funcionamiento actualmente, se emplean muestreos manuales. Con el presente estudio se pretende conocer si se observa diferencia destacable en la toma de muestra mediante forma manual y de forma automática mediante muestreador automático (TM) refrigerado. Así como conocer los cumplimientos de la EDAR objeto de estudio en materia con la legislación vigente.

Palabras clave

EDAR, depuración, tratamiento de agua, tratamiento terciario, desinfección UV.

INFLUENCE OF THE TERTIARY TREATMENT AND DISINFECTION BY UV IN *E. COLI* AND COLIPHAGES AT THE PUERTO LUMBRERAS WWTP

The current scarcity of water makes it increasingly important to achieve optimal quality of reclaimed water in wastewater treatment plants (WWTP) for its reuse in order to contribute to sustainable urban and agricultural development. The WWTP, with the objective of guaranteeing the correct disinfection of the effluent, generally use disinfection using ultraviolet (UV) or ozone (O_3) lamps. Ultraviolet disinfection is the most effective, least dangerous and most economical currently existing in conventional purification processes. To control its correct functioning currently, manual sampling is used. With the present study it is intended to know if a remarkable difference is observed in the sampling manually and automatically by means of a refrigerated automatic sampler. As well as, to know the compliance of the WWTP object of study in matter with the current legislation.

Keywords

WWTP, depuration, water treatment, tertiary treatment, ultraviolet disinfection.

Pedro J. Simón Andreu

director técnico de la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Murcia (Esamur)

Manuel Abellán Soler

técnico de Explotación de la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Murcia (Esamur)

Antonio V. Sánchez Betrán

director técnico de la UTE Urdemasa-Red Control

Juan Puche Ponte

jefe de Explotación de la EDAR Puerto Lumbreras, UTE Urdemasa-Red Control



1. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso más importante que posee la humanidad debido a que es indispensable para el desarrollo de la vida y conservación del medio ambiente. En los últimos años la disponibilidad de agua se ha visto afectada como consecuencia del cambio climático y el aumento del estrés hídrico, principalmente en el área mediterránea de España.

Es por ello, que es de vital importancia cumplir con lo establecido en los parámetros de calidad para la reutilización del agua requeridos en los preceptos del RD 1620/2007 en vigor actualmente y el Reglamento (UE) 2020/741 que es de aplicabilidad a partir de junio de 2023.

Para ello, la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Murcia (Esamur) promueve el estudio, realizado por la UTE Urdemasa-Red Control, 'Influencia del tratamiento terciario y desinfección por UV en *Escherichia Coli* (*E. Coli*) y colifagos en la EDAR Puerto Lumbreras. Comparación entre muestreos manuales y toma muestras refrigerado'.

Los objetivos de este estudio son:

- Estudiar la diferencia entre la toma de muestras de forma manual con la toma de muestras mediante muestreador automático (TM) refrigerado.
- Estudiar la influencia y eficacia del tratamiento terciario y la desinfección por UV en eliminación de *E. Coli* y colifagos somáticos en la EDAR Puerto Lumbreras.
- Estudio de la variación horaria en la eliminación de *E. coli* y colifagos somáticos.
- Estudiar la posible reactivación microbiana tras un periodo de incubación de 48 horas tras desinfección por UV.

» Las exigencias de calidad microbiológicas actuales requieren un valor máximo de 100 UFC/100 mL de *E. Coli* para su reutilización para riego agrícola, mientras que el Reglamento (UE) 2020/741 exige un valor igual o inferior a 10 UFC/100 mL para su categorización como clase de calidad de agua regenerada A

- Estudiar los rendimientos de eliminación según el 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 en la EDAR Puerto Lumbreras.

2. ANTECEDENTES

2.1. LEGISLACIÓN VIGENTE

En la actualidad, el RD 1620/2007 marca los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la reutilización del agua depurada para diferentes usos. El uso más extendido en la Región de Murcia es agrícola por sus condiciones hídricas. Las exigencias de calidad microbiológicas actuales requieren un valor máximo de 100 UFC/100 mL de *Escherichia Coli* para su reutilización para riego agrícola. El nuevo Reglamento (UE) 2020/741 exige un valor de *E. Coli* igual o inferior a 10 UFC/100 mL para su categorización como clase de calidad de agua regenerada A. También establece unas reducciones logarítmicas de eliminación en diversos indicadores para su validación en dicha categoría.

Es de importancia, por lo mencionado en el párrafo anterior, conocer los valores de colifagos somáticos, en los diferentes procesos de la EDAR, ya que es un buen indicador de la calidad virológica del agua tratada. Es por ello que este indicador se ha ido implementando en las nuevas guías de la Organización Mundial de

la Salud (OMS) para aguas potables y reutilizadas, así como en el Reglamento (UE) 2020/741.

2.2 METODOLOGÍA DE LA TOMA DE MUESTRA

Tradicionalmente, las muestras para análisis microbiológico se toman de forma manual. Por tanto, es interesante conocer si existe diferencia destacable en los valores de los resultados analíticos tras la toma de muestra de forma manual y posterior guardado en frigorífico para su posterior análisis, o mediante TM refrigerado. Se ha querido evaluar si hay diferencias debidas a que las tomas de muestras de forma manual se vean afectadas de posibles errores humanos en la contaminación de muestra o si el hecho de que las muestras se mantengan en el equipo de muestreo refrigerado durante 24 h tiene incidencia sobre los valores obtenidos.

2.3. POSIBILIDAD DE REACTIVACIÓN MICROBIANA TRAS DESINFECCIÓN

En los últimos años, ha suscitado interés la posibilidad de producirse una reactivación microbiana, que aumente los indicadores víricos en el efluente ya desinfectado, tras pasar un tiempo de residencia de larga duración en una balsa de agua tratada previa a uso agrícola. Por tanto, es primordial conocer si se produce esta reactivación, y qué evolución adquieren los diferentes indicadores.

FIGURA 1. EDAR de Puerto Lumbreras.

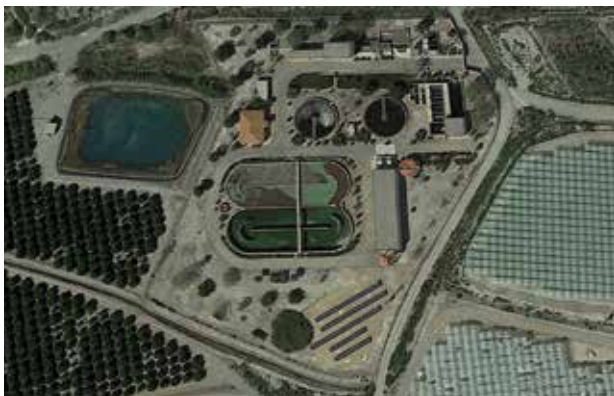


FIGURA 2. TM refrigerado junto a los canales de desbaste.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES: CARACTERÍSTICAS DE LA EDAR PUERTO LUMBRERAS

La EDAR Puerto Lumbreras posee un caudal de diseño de 5.000 m³/día con un caudal actual de entrada medio de 1.500 m³/día (**Figura 1**). Está compuesta por:

- Pretratamiento compuesto por desbaste y desarenado-desengrasado.
- Tratamiento biológico compuesto por dos reactores biológicos de fangos activos de aireación prolongada dispuestos en forma de carrusel con salida a dos decantadores secundarios.
- Tratamiento terciario compuesto por 4 filtros de arena.
- Desinfección: dos canales abiertos de lámparas UV compuestos cada uno por 24 lámparas.

- Línea de fangos compuesta por espesador y deshidratación mediante centrífugas.

3.2. MÉTODOS

El desarrollo del estudio se llevó a cabo durante un periodo de cuatro semanas. Los puntos de muestreo fueron:

- Agua bruta tras el desbaste (**Figura 2**).
- Salida de la decantación secundaria (**Figura 3**).
- Salida tras filtración y desinfección por UV (**Figura 4**).

Durante cada semana se tomaron las muestras que se describen en la **Tabla 1**, en el lapso de 8:30 a 19:30 horas mediante TM refrigerado y de forma manual a la entrada de la EDAR, a la salida de la decantación secundaria, previo a tratamiento ter-

ciario y desinfección y, finalmente, del efluente del proceso.

Las muestras manuales se cogieron en el mismo instante que el TM refrigerado toma la muestra del punto estudiado. Dichas muestras manuales se mantuvieron refrigeradas en el laboratorio de la propia EDAR a una temperatura de 4,9 °C.

Las muestras integradas automáticas se llevaron a cabo mediante el uso de TM refrigerado de la marca Avalanche modelo 207M00336, que mantuvo las muestras a una temperatura entre 4-9 °C. A parte, se estudió la posible reactivación microbiana tras desinfección con la muestra integrada a salida de desinfección por UV mantenida a una temperatura media de 22 °C durante 48 h.

En cada muestra se analizaron los siguientes parámetros microbiológicos con su correspondiente metodología:

FIGURA 3. Muestreo tras la decantación secundaria.



FIGURA 4. Muestreo tras terciario.





- *Escherichia coli* mediante método PI-LTL-6.059 (FM 0,45 µm TBX 44 °C 18-24 h recuento) (UFC/100 mL).
- Colifagos somáticos mediante método UNE-EN ISO 10705-2:2022 (UFP/100 mL).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes muestreos manuales o mediante TM refrigerado se representan en las **Tablas 2 y 3** las medias de los valores medios horarios obtenidos de *E. Coli* y colifagos somáticos. También se reflejan las unidades logarítmicas de eliminación en cada uno de los parámetros microbiológicos estudiados por cada uno de los métodos de toma de muestra analizados.

Al comparar las dos formas de muestreo analizadas, se observa que

los valores de *E. Coli* y colifagos somáticos son ligeramente superiores en el uso de TM refrigerado que en el muestreo manual a salida del UV. Sí se puede apreciar una diferencia más destacable en el muestreo en el efluente del tratamiento secundario, previo a tratamiento terciario y desinfección.

Según la legislación vigente, a tenor de los datos obtenidos, se observa el cumplimiento en el RD

1620/2007 en vigor actualmente y el Reglamento (UE) 2020/741 que es de aplicabilidad a partir de junio de 2023 para los valores de *E. Coli*, obteniendo siempre un valor inferior de 10 UFC/100 mL en todos los tramos horarios analizados.

Respecto al control de validación de las aguas regeneradas para el riego agrícola para clase de calidad A, se observa el cumplimiento con una reducción de más de 5 unida-

TABLA 1

FRECUENCIA DE MUESTRAS.			
Muestras semanales	Entrada agua bruta	Aantes 3° + UV	Salida 3° + UV
Muestra integrada 12 h (12 muestras + integrada)	1	1	1
Muestras manuales cada hora (12 muestras horarias)	3	3	3
Muestras totales	432 muestras horarias + 12 muestras integradas		

TABLA 2

VALORES MEDIOS OBTENIDOS EN <i>E. COLI</i>.								
<i>E. Coli</i> (UFC/100 mL)	Agua bruta		Aantes 3° + UV		Después 3° + UV		Unidades logarítmicas de eliminación TM	Unidades logarítmicas de eliminación manual
	TM refrigerado	Manual	TM refrigerado	Manual	TM refrigerado	Manual		
Hora 1	3.255.000	3.323.750	24.975	12.463	7	0	5,70	6,91
Hora 2	3.010.000	2.667.500	34.500	13.900	1	1	6,78	6,68
Hora 3	3.735.000	6.193.750	28.250	9.625	1	3	6,52	6,33
Hora 4	2.540.000	10.758.750	24.975	10.788	3	0	5,88	7,38
Hora 5	6.675.000	9.457.500	28.250	15.863	4	1	6,28	6,92
Hora 6	4.725.000	9.180.000	26.530	8.409	5	1	6,00	6,97
Hora 7	7.335.000	11.185.000	24.538	11.753	3	3	6,37	6,55
Hora 8	5.857.500	6.073.750	15.525	8.551	4	2	6,17	6,53
Hora 9	3.047.500	6.959.000	16.775	11.063	4	1	5,92	6,74
Hora 10	7.325.000	4.846.875	19.250	15.713	4	1	6,29	6,93
Hora 11	4.300.000	15.710.000	30.625	14.500	4	1	6,03	7,10
Hora 12	5.075.000	6.086.250	19.550	14.088	1	1	6,82	6,76
Media	4.740.000	7.703.510	24.479	12.226	3	1	6,23	6,82

TABLA 3

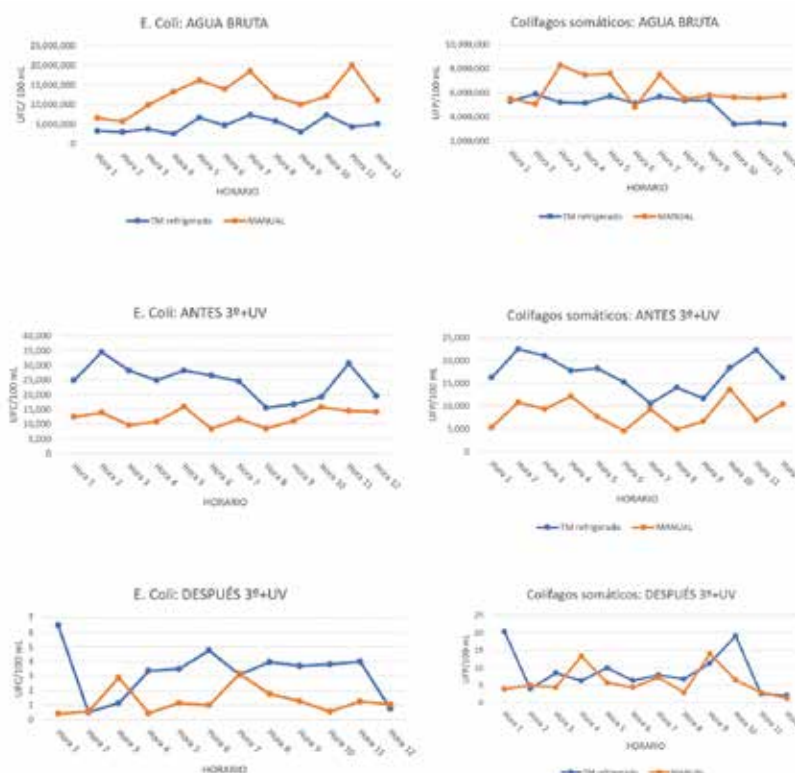
VALORES MEDIOS OBTENIDOS EN COLÍFAGOS SOMÁTICOS.

Colifagos somáticos (UFP/100 mL)	Agua bruta		Antes 3º + UV		Después 3º + UV		Unidades logarítmicas de eliminación TM	Unidades logarítmicas de eliminación manual
	TM refrigerado	Manual	TM refrigerado	Manual	TM refrigerado	Manual		
Hora 1	5.330.000	5.506.250	16.250	5.325	20	4	5,42	6,15
Hora 2	5.880.000	5.040.000	22.500	10.750	4	5	6,17	6,00
Hora 3	5.200.000	8.287.500	21.000	9.375	9	4	5,79	6,28
Hora 4	5.135.000	7.475.000	17.750	12.163	6	13	5,91	5,75
Hora 5	5.700.000	7.600.000	18.275	7.588	10	6	5,76	6,13
Hora 6	5.100.000	4.825.000	15.225	4.525	6	4	5,91	6,04
Hora 7	5.675.000	7.500.000	10.575	9.263	8	7	5,86	6,02
Hora 8	5.350.000	5.500.000	14.000	4.863	7	3	5,90	6,26
Hora 9	5.350.000	5.775.000	11.675	6.625	11	14	5,68	5,62
Hora 10	3.375.000	5.625.000	18.400	13.663	19	7	5,25	5,94
Hora 11	3.500.000	5.512.500	22.250	6.938	3	3	6,14	6,26
Hora 12	3.355.000	5.691.250	16.200	10.425	2	1	6,22	6,64
Media	4.912.500	6.194.792	17.008	8.458	9	6	5,83	6,09

des logarítmicas, siendo así en todos los tramos horarios ya sea mediante TM refrigerado o muestreo manual, una media superior a 6 unidades de eliminación.

En cuanto a la eliminación de colifagos somáticos, se observa una media de entre 5,8 y 6,1 unidades logarítmicas de eliminación, entre muestreo mediante TM refrigerado y manual, muy próximo a las 6 unidades de eliminación que se requieren para los controles de validación. Respecto al cálculo de las unidades de eliminación logarítmicas, se entiende que esta variación depende en gran parte del tramo horario en el que se tome la muestra, pues la carga biológica del influente de la EDAR presenta variabilidad en horas punta del día respecto al resto como era de esperar, ya que son muestreos puntuales.

FIGURA 5. Evolución horaria de los valores medios obtenidos.





» En el estudio se obtienen valores inferiores a 10 UFC/100 mL de *E. Coli*, como marca la normativa

En las gráficas de la **Figura 5** se representa la evolución de las medias en los diferentes tramos horarios, donde queda reflejado los máximos de carga biológica a la entrada en las horas punta del día a las 14:00 y a las 20:00 h.

Con el fin de poder analizar la posible reactivación microbiana tras 48 h de incubación a 22 °C de muestra del efluente ya desinfectado, se representan los resultados obtenidos en las **Tablas 4 y 5**.

En dichos resultados se observa que en todas las semanas de estudio se ha producido una reactivación microbiana tanto en *E. Coli* y en colifagos somáticos, donde se observa en ocasiones hasta una triplicación en unidades formadoras. Este ensayo no se considera aún relevante debido a la variabilidad observada, ya que han sido solo cuatros muestreos en las que se ha estudiado este fenómeno y con la muestra integrada del TM refrigerado, en la que a su vez en todas las muestras integradas había al menos presencia de dos unidades formadoras, de cada uno de los dos indicadores.

Se hace mención como propuesta una ampliación de este estudio, ya que el agua regenerada previo a su uso en agricultura, en numerosas ocasiones se almacena en balsas de riego afectadas por diferentes factores ambientales e hidráulicos, como largos tiempos de residencia. De ahí la necesidad de profundizar en este ámbito de la reactivación microbiana.

TABLA 4

VALORES OBTENIDOS DE <i>E. COLI</i> TRAS 48 HORAS DE INCUBACIÓN A 22 °C.			
<i>E. Coli</i> (UFC/100 mL)	Integrada automática 12 h con TM refrigerado		
	Antes 3° + UV	Después 3° + UV	Tras 48 h de incubación a 22 °C
Semana 1	6.900	3	14
Semana 2	57.000	2	7
Semana 3	29.000	3	52
Semana 4	24.000	6	65

TABLA 5

VALORES OBTENIDOS DE COLÍFAGOS SOMÁTICOS TRAS 48 HORAS DE INCUBACIÓN A 22 °C.			
Colifagos somáticos (UFC/100 mL)	Integrada automática 12 h con TM refrigerado		
	Antes 3° + UV	Después 3° + UV	Tras 48 h de incubación a 22 °C
Semana 1	240	13	20
Semana 2	21.000	5	10
Semana 3	5.900.000	5	40
Semana 4	12.000	2	5

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente estudio son:

- El uso de TM refrigerado y el muestreo manual presentan, a tenor de los resultados obtenidos, solo diferencia entre en las muestras del efluente del tratamiento secundario y al agua bruta. Respecto al efluente filtrado y desinfectado por UV, la diferencia es escasa y prácticamente despreciable, muy cercana al límite de detección de los métodos.
- Según el Reglamento (UE) 2020/741 relativo a los requisitos para la reutilización del agua, se obtienen valores inferiores a 10 UFC/100 mL de *E. Coli*, cumpliendo a su vez con las reducciones de unidades logarítmicas para la validación como clase A en *E. Coli*

y prácticamente en colifagos somáticos. Para eliminar todo riesgo en el cumplimiento de los requerimientos se propone usar hipoclorito sódico en apoyo o instalación de ozono, siendo esta la opción más válida ya que evita la producción de trihalometanos.

- Se observa la evolución de la carga microbiológica como se esperaba, más alta en las horas puntuales del día.
- Se observa reactivación microbiana tanto en *E. Coli* como en colifagos somáticos tras 48 h de incubación a 22 °C en las cuatro semanas de estudio, llegando a observarse un aumento hasta en diez unidades formadoras. El muestreo realizado se considera muy breve, por lo que se propone realizar una ampliación en profundidad el estudio de este fenómeno. 