
13. TASAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN LA PROVINCIA DE JAÉN: ¿QUIÉN CONTAMINA PAGA?

Encarnación Moral Pajares

Universidad de Jaén

emoral@ujaen.es | <https://orcid.org/0000-0003-4790-0623>

Leticia Gallego Valero

Universidad de Jaén

lgallego@ujaen.es | <https://orcid.org/0000-0002-2682-6834>

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de agua por el ser humano altera sus propiedades, al aportarle sustancias que alteran su calidad, provocando un proceso de contaminación antropogénica, resultado de la acción vegetativa del ser humano y de su actividad productiva, comercial, sanitaria e industrial. El vertido de efluentes hídricos sin tratar tiene efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente, al reducir la biodiversidad, provocar la degradación de los ecosistemas y favorecer el calentamiento global, por la degradación de la materia orgánica que contienen. Además, tiene repercusiones desfavorables para las actividades económicas, condicionando negativamente la productividad agrícola, la actividad turística y pesquera, entre otras¹. Los sistemas de tratamiento de efluentes hídricos son, asimismo, generadores de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), responsables de un 5% del total a nivel mundial².

La protección de los recursos hídricos de los efectos que produce el vertido de aguas residuales se encuentra regulada en la Unión Europea (UE) a través de la Directiva 91/271/CEE sobre recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas y de las procedentes de determinados sectores

¹ Ver UNESCO (2017).

² Según las estimaciones realizadas por Aguilar-Benítez y Blanco (2018).

industriales³, en su versión modificada por la Directiva 98/15/CE de la Comisión⁴, y la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE⁵ (DMA), que imponen la generalización de modelos eficaces de depuración y redes de saneamiento en los países miembros. Éstas exigen, además, que se conduzcan las descargas de residuos acuosos a las depuradoras antes de ser vertidas a las masas de agua o de ser reutilizadas. El artículo 9 de la DMA establece que los Estados miembros deberán tener en cuenta el criterio de recuperación de costes en los servicios relacionados con el agua, de conformidad con el principio de que “quien contamina paga”.

El 11 de diciembre de 2019, la Comisión presenta su Comunicación sobre el Pacto Verde Europeo, una nueva estrategia de crecimiento para la UE, que tiene por objeto situar a Europa en la senda de la transformación hacia una sociedad climáticamente neutra, equitativa y próspera, con una economía moderna y competitiva que utilice de manera eficiente los recursos. En julio de 2021, la Comisión aprueba el paquete de medidas «Objetivo 55», que incluye un conjunto de propuestas e iniciativas cuyo objetivo es revisar y actualizar su legislación a fin de adaptarla a los objetivos climáticos de la UE para 2030 y 2050, propiciando la reducción de las emisiones de GEI en al menos el 55% para 2030. Entre las medidas propuestas se incluyen diferentes actuaciones para colaborar con la naturaleza en la protección del planeta y la salud y, concretamente, la revisión de la Directiva sobre tratamiento de aguas residuales urbanas de 1991, lo que supone una oportunidad para adecuar los objetivos del sector de las aguas residuales a los propósitos del Pacto Verde Europeo.

La gestión de aguas residuales es costosa y plantea problemas de financiamiento. El establecimiento de cargas tarifarias a los usuarios cumple tres funciones básicas⁶: (i) libera recursos públicos que pueden dirigirse a otros fines; (ii) favorece una mayor eficiencia empresarial, al vincular los ingresos cobrados al servicio prestado y (iii) genera una señal clara a los usuarios sobre el coste real del servicio, favoreciendo un consumo racional. El objetivo de este trabajo es doble. En primer lugar, conocer los distintos tipos de tasas vinculadas a la regeneración de vertidos hídricos que cobran las autoridades responsables del servicio de depuración de aguas residuales urbanas en la provincia de Jaén y, en segundo lugar, analizar si estos tributos son adecuados, al permitir recaudar un volumen de ingresos suficiente para garantizar

³ DOUE-L-135 de 30.5.1991.

⁴ DOCE-L-67 de 7.3.1998.

⁵ DOUE-L-2000-82524.

⁶ En opinión de Fernández *et. Al.* (2009).

la cobertura de los costes de funcionamiento de las depuradoras municipales, considerando los costes de explotación, mantenimiento e inversión de las instalaciones⁷. Una tasa de depuración eficiente permitirá cumplir con el precepto establecido en la DMA, que exige la recuperación del coste de los servicios del agua, evitará trasladar a los presupuestos de las corporaciones locales el desequilibrio financiero del servicio, contribuyendo a garantizar el cumplimiento de la Ley Orgánica 2/2012, de 27 de abril, de Estabilidad Presupuestaria y Sostenibilidad Financiera de España. Asimismo, favorecerá el desarrollo de actuaciones adecuadas dirigidas a la protección del medio ambiente y los recursos hídricos de la provincia.

Los trabajos que han tratado la sostenibilidad financiera de los servicios urbanos de depuración son escasos⁸. Predominan, sin embargo, los que se centran en analizar los costes de funcionamiento de los distintos sistemas de tratamiento aplicados⁹. Entre los que destacan los que emplean métodos no paramétricos como el análisis envolvente de datos (DEA)¹⁰.

2. JUSTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS TASAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

La política ambiental de la UE incluye entre sus objetivos fundamentales la conservación, protección y mejora de la calidad del agua, así como la utilización prudente y racional de los recursos naturales (artículo 130R del Tratado de la Unión Europea). La mejora de la calidad de los recursos hídricos ha de hacerse compatible, además, con un aumento sustancial del reciclado y la reutilización, que garantice un incremento de la disponibilidad¹¹.

El 21 de mayo de 1991 se adopta en la UE la Directiva sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas (ARU), que establece, en su art. 4, que los Estados miembros velarán para que las aguas residuales urbanas que entren

⁷ De acuerdo con Molinos-Senante *et al.* (2011) Theregowda (2013) y Prieto-Rodríguez *et al.* (2013).

⁸ Destacan los de Gallego *et al.* (2018), la OMS (2014) y el de Fernández *et al.* (2009).

⁹ Como es el caso de Molinos-Senante *et al.* (2010 y 2011), Theregowda (2013), Prieto-Rodríguez *et al.* (2013); Oh *et al.* (2015); De la Cruz *et al.* (2013), Gómez *et al.* (2007) y Zhuang *et al.* (2015).

¹⁰ Entre los que se incluyen los de Guerrini *et al.* (2015); Molinos-Senante *et al.* (2016); Castellet y Molinos-Senante (2016); Tomei *et al.* (2016) y Gómez *et al.* (2017).

¹¹ Collins *et al.* 2009. Molinos-Senante *et al.* (2010). Schewe *et al.* (2014). Pedro-Monzonís *et al.* (2015).

en los sistemas colectores sean objeto, antes de verterse, de un tratamiento secundario o de un proceso equivalente, en las siguientes circunstancias:

- a más tardar el 31 de diciembre del año 2000 para todos los vertidos que procedan de aglomeraciones que representen una carga de más de 15.000 h-e¹²;
- a más tardar el 31 de diciembre del año 2005 para todos los vertidos que procedan de aglomeraciones que representen una carga de entre 10.000 y 15.000 h-e;
- a más tardar el 31 de diciembre del año 2005 para los vertidos en aguas dulces o estuarios que procedan de aglomeraciones que representen una carga de entre 2.000 y 10.000 h-e.

La transposición de la Directiva ARU al derecho español se realiza a través del Real Decreto-Ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. En este RD-Ley se fijan los plazos para que empiecen a funcionar sistemas colectores y de depuración. Por su parte, el Real Decreto 509/1996 desarrolla el contenido del anteriormente citado, mediante la incorporación de los anexos incluidos en dicha Directiva, que no habían sido incorporados inicialmente, y contiene los valores que deben cumplir los vertidos a la salida de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR), el criterio de conformidad y los criterios para declarar zonas sensibles.

En octubre de 2000 se aprueba la Directiva 2000/60/CE (DMA), fijando un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, con el propósito de garantizar un buen estado ecológico y químico de los recursos hídricos, para proteger la salud humana, el suministro, los ecosistemas naturales y la biodiversidad. Esta norma supuso un gran impulso a las prácticas de gestión y a las políticas europeas en materia de aguas, incidiendo, particularmente, en los aspectos medioambientales, por encima de los demás, estableciendo una legislación común y un marco comunitario de actuación con el propósito de detener el deterioro de las masas de agua en los países de la zona y conseguir un “*buen estado*” de los ríos, lagos y las aguas subterráneas

¹² Habitantes equivalentes (h-e) es una unidad de contaminación de las aguas vertidas, considerando tanto las domésticas, según la población del núcleo urbano, como las que proceden de las diferentes actividades económicas que se desarrollan en el municipio (industria, ganadería, etc.). La Directiva 91/271/CEE establece que 1 h-e tiene una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5) equivalente a 60 gramos de oxígeno día.

europas en 2015. Concretamente, pretende la reducción de los niveles de contaminación, la protección de todas las formas de agua (superficiales, subterráneas, continentales y de transición) y la regeneración de los ecosistemas de dentro de estas masas de agua y en su entorno, bajo la premisa principal de “quien contamina, paga” recogida en el art. 9 de la DMA. En España, la trasposición de la Directiva 2000/60/CE se realiza mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

La Ley de las Bases de Régimen Local 7/1985, de 2 de abril, en su art. 25.2 c), atribuye a todos los municipios competencias en materia de abastecimiento de agua potable a domicilio y evacuación y tratamiento de aguas residuales. Por su parte, la Ley 5/2010, de 11 de junio, de Autonomía Local de Andalucía, en su art. 9 dedicado a las competencias municipales, determina que los municipios andaluces tienen, como competencias propias la ordenación, gestión, prestación y control de los diferentes servicios en el ciclo integral del agua de uso urbano, entre los que se incluyen:

- c) El saneamiento o recogida de las aguas residuales urbanas y pluviales de los núcleos de población a través de las redes de alcantarillado municipales hasta el punto de interceptación con los colectores generales o hasta el punto de recogida para su tratamiento.
- d) La depuración de las aguas residuales urbanas, que comprende su interceptación y el transporte mediante los colectores generales, su tratamiento y el vertido del efluente a las masas de agua continentales o marítimas.

De las normas antes expuestas resulta clara la responsabilidad y el deber de los ayuntamientos con relación al saneamiento, que incluye el alcantarillado (o recogida) y la depuración de las aguas residuales urbanas¹³. En 2021, en la provincia de Jaén, de los 97 municipios que la conforman, son 19 en los que no se genera un vertido con una carga contaminante igual o superior a 2.000 h-e. No obstante, algunos de estos centros urbanos cuentan con EDAR funcionando como es el caso de Hinojares o Villarrodriego. En el grupo de aquellos en los que si se produce este volumen de vertido, los que no disponen de instalaciones de depuración en funcionamiento suman 37, siendo una minoría los que tienen depuradora, aunque no está activa, como es el caso de Jamile-

¹³ Ver Gallego-Valero *et al.* (2019).

na. De acuerdo con los datos referidos, el total de población provincial servida es un 75,24%.

A principios de la segunda década del siglo XXI, la provincia jiennense mantiene un relativo déficit en capacidad de depuración, superior al que presentan provincias limítrofes como Córdoba y Granada¹⁴. Treinta años después de la aprobación de la Directiva ARU, son muchos los municipios con una carga de vertido estimada igual o superior a 2.000 h-e que no depuran sus aguas residuales, bien porque la EDAR de la que disponen está parada o simplemente no cuentan con esta infraestructura. Especialmente grave resulta el hecho de dos localidades, Martos y Torredonjimento, con una carga de vertido superior a 15.000 h-e, que tienen la obligación de tratar las aguas residuales desde el 1 de enero de 2001. Asimismo, en pueblos, con un volumen de vertido entre 7.000 y 10.000 h-e, entre los que se incluyen Valdepeñas de Jaén, Campillo de Arenas, Santisteban del Puerto, Sabiote, Castillo de Locubin, Vilches o Navas de San Juan, no se cuenta con servicio de depuración de aguas residuales urbanas. Esta realidad determina el grado de contaminación de las masas de agua, repercutiendo muy desfavorablemente en las condiciones del medio natural hídrico provincial.

La Ley 8/1989, de 13 de abril, de Tasas y Precios Públicos, justifica que, dado que el servicio de alcantarillado y depuración es de competencia municipal, por su prestación, puede exigirse la satisfacción de tasas, que suponen un ingreso tributario para la administración local. Éstas son aprobadas por los ayuntamientos, lo que determina que su cuantía y régimen de aplicación sean muy heterogéneos para el conjunto del Estado, siendo el hecho imponible la prestación del servicio de alcantarillado y, en su caso, el tratamiento y depuración de aguas residuales, de no existir exacciones vinculadas directamente al tratamiento y depuración de aguas evacuadas. Los sujetos pasivos de estas figuras tributarias, en concepto de contribuyente, son las personas físicas o jurídicas, comunidades de propietarios o de bienes y demás entidades a las que se refiere el art. 33 de la Ley General Tributaria, que soliciten el servicio o/y resulten beneficiados o afectados por el mismo.

La mayoría de los municipios jiennenses que cuentan con instalaciones municipales de depuración de aguas residuales urbanas tienen aprobada, por la corporación local, una ordenanza que regula el cobro de una ecotasa vinculada directa o indirectamente con el tratamiento y depuración de aguas residuales en 2021. No obstante, existen núcleos urbanos con plantas depura-

¹⁴ Tal y como defienden Moral-Pajares *et al.* (2021).

doras activas que no cuentan con dicha tasa y que, por tanto, no cobran directamente por este servicio, como ocurre en los municipios de Pozo Alcón y Siles.

En el análisis de esta figura tributaria municipal se debe precisar que los ingresos recaudados dependen del volumen de agua consumida por el contratante del servicio y no por el montante vertido. En este sentido, conviene tener en cuenta que el total de m³ de agua residual que finalmente llega a las depuradoras municipales en la provincia de Jaén es, como media, un 70 por 100 superior al volumen de agua facturada, dado que por el sistema de alcantarillado se canalizan las aguas servidas domésticas, aquellas utilizadas en el desarrollo de una actividad productiva (comercial, industrial, energético, etc.), las aguas de lluvias; las empleadas en la limpieza de las calles; la suministrada, pero no facturada, debido a las pérdidas que tienen lugar en el sistema de abastecimiento, y otras, entre las que se incluyen las que provienen de acuíferos de pequeña magnitud, manantiales y fuentes naturales, abundantes en algunas localidades jiennenses¹⁵.

La estructura del tributo no es uniforme en la provincia y, muy al contrario, resulta llamativa la gran diversidad de formatos que existen. El análisis de las ordenanzas locales en las que se hace referencia a las tasas de depuración permite distinguir tres tipos de estructuras. Un primer grupo estaría formado por las tasas de depuración que están definidas independientemente de otras figuras fiscales, como son las referidas a los servicios de abastecimiento o/y alcantarillado, tal y como ocurre en la mayoría de casos. En un segundo agregado, se incluyen los ejemplos en los que el legislador establece una tasa conjunta de alcantarillado y depuración, como acontece, por ejemplo, en Alcaudete, Aldeaquemada, Chilluívar, Orcera, Quesada y Santo Tomás. Por último, las que regulan conjuntamente todos los servicios del agua, incluyendo suministro, tal y como ocurre en los municipios de Cazorla, Huesa e Hinojares.

La comparación de las distintas figuras tributarias sobre depuración de aguas residuales aplicadas permite distinguir, además, entre aquellas que consideran una cuota fija, independientemente del agua facturada a cada abonado a la red de suministro, como es el caso de Albanchez de Mágina, Pegalajar, Bedmar, Chilluevar o Santo Tomás. Las que sólo incluyen una cuota variable, en función del agua facturada, como acontece en Alcalá la Real, Bélmez de la Moraleda, Jimena, Torres o Villacarrillo y, por último, el modelo

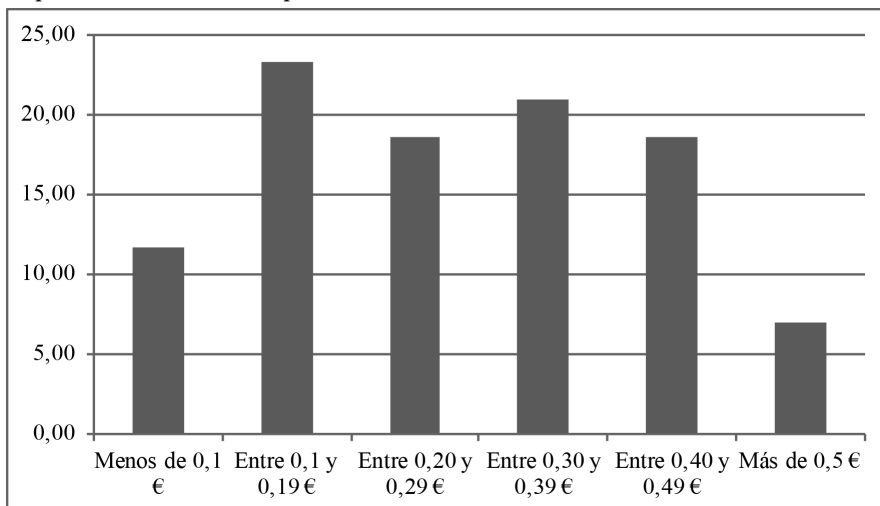
¹⁵ Como se puede comprobar en el atlas hidrológico de la provincia de Jaén, que se puede consultar en <http://aguas.igme.es/igme/publica/libro76/lib76.htm>.

predominante, conformado por una cuota fija y otra variable, en función del agua facturada al abonado.

Para poder analizar el grado de homogeneidad de los ingresos cobrados por los distintos ayuntamientos provinciales, que cuentan con un tipo u otro de tributo destinado a financiar el servicio de depuración de aguas residuales, se estima el importe por m^3 que debe pagar por este concepto un hogar de cuatro miembros, con un consumo de 132 litros por persona y día¹⁶, que equivalen a $15,84 \text{ m}^3$ mensuales. Cuando el cálculo tiene en cuenta el diámetro del contador, se elige un calibre hasta 15 mm, considerando un caudal por hora de 5,5 litros/habitante/hora, 22 litros/hogar/hora.

El gráfico 1, en el que se recoge el importe cobrado por tasa de depuración (€/m^3) en los diferentes municipios, permite confirmar la gran heterogeneidad que existe. Una familia de cuatro miembros podría pagar cantidades muy diferentes por el servicio municipal de depuración de aguas residuales en función de su lugar de residencia o, incluso, no pagar nada, como ocurre en Siles o Pozo Alcón. Los datos estimados presentan un elevado coeficiente de variación, superior al 50 por 100, que resta representatividad al valor medio, que es de $0,26 \text{ €/m}^3$. Por debajo de esta cuantía se sitúan 18 municipios, siendo Andújar el que registra el valor máximo e Hinojares, el que menos recauda, $0,05 \text{ €/m}^3$.

Gráfico 1. Ingresos (€/m^3) por tasas de depuración de aguas residuales y porcentaje de municipios de la provincia de Jaén en los que se recaudan



Fuente: Elaboración propia a partir de Boletín Oficial de la Provincia (2017).

¹⁶ De acuerdo con INE (2018).

3. COSTES DE DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Para la valoración de los costes de depuración de las aguas vertidas se ha utilizado información primaria derivada de la realización de un estudio empírico. La población objeto de análisis, el procedimiento utilizado para la recopilación de datos primarios y los criterios considerados en el estudio se exponen a continuación.

Población

Durante los meses que van de marzo a julio de 2017 se recabaron datos de 23 EDAR, distribuidas por todo el territorio provincial. Las entrevistas válidas obtenidas son, sin embargo, 18. Del total de instalaciones visitadas, diez aplican un tratamiento secundario de aireación prolongada y ocho utilizan lodos activos. Los tratamientos de agua residual pueden ser procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales se pueden utilizar solos o combinados y se eligen en función del tipo de contaminantes que se requiere disminuir o eliminar¹⁷. La elección del proceso requiere una caracterización química del agua vertida, siendo los principales componentes analizados: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la cual estima la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua; la demanda química de oxígeno (DQO), que determina la cantidad de materia orgánica e inorgánica susceptible a ser oxidada; el carbono orgánico total (COT), el pH, el nitrógeno y el fósforo total¹⁸. En las instalaciones analizadas se alcanza un rendimiento medio de reducción del DBO₅ del 82,50%, del DQO del 88,29% y de sólidos en suspensión del 87,51%.

Las encuestas se realizaron a los máximos responsables de la gestión de las instalaciones o a la persona a la que éstos nos dirigieron. Los datos básicos de la ficha técnica del estudio empírico aparecen recogidos en los cuadros siguientes.

Tabla 1. Ficha técnica del estudio empírico

Población y muestra	Características
Unidades de muestreo:	EDAR de la provincia de Jaén en funcionamiento conforme a la Directiva ARU en 2017.
Población total:	43 EDAR.

¹⁷ Ver López-Pacheco *et al.* (2019); Ahmed *et al.* (2017).

¹⁸ De acuerdo con Zhang *et al.* (2015).

Población y muestra	Características
Elementos de muestreo:	Máximos responsables de administración de la EDAR o aquellas personas a las que nos dirigían los anteriores.
Alcance:	Provincia de Jaén.
Periodo temporal de referencia	Año 2017
Tiempo de ejecución :	1 de marzo de 2018 al 5 de julio de 2018.
Tamaño muestral:	23 Encuestas.
Encuestas válidas:	18 Encuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Capacidad de las EDAR del estudio empírico y número

Capacidad de la EDAR del municipio	Número	%
menos de 10.000 h-e	3	16,67
entre 10.001 y 20.000 h-e	8	44,44
entre 20.001 y 30.000 h-e	3	16,67
entre 30.001 y 40.000 h-e	1	5,56
entre 40.001 y 50.000 h-e	1	5,56
Más de 50.000 h-e	2	11,11
Total	18	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento

El diseño de la encuesta consta de 21 apartados, agrupados en tres agregados. En el primer grupo se demandaban los datos generales de la depuradora: año en que empieza a funcionar, coste de las instalaciones, volumen de agua depurada, volumen de agua facturada por el municipio, sobre la que se cobra la tasa de depuración, sistema de gestión o destino del agua depurada. El segundo apartado se diseña para conocer los costes fijos de funcionamiento y explotación, recabando información sobre los gastos en que ha incurrido la instalación para el mantenimiento de la obra civil, los equipos eléctricos y electrónicos, así como los equipos de medidas y control. Además, se contabilizan los costes fijos del personal que trabaja en la planta, los imputables al canon por potencia eléctrica contratada y otros costes fijos, derivados de la gestión administrativa, los servicios contratados a otras empresas en concepto de analíticas, limpieza, etc. Finalmente, se incluyen las cuestiones relativas a los costes variables, dependientes del volumen de agua depurada, entre los que se consideran el importe de energía por kilovatio consumido, el empleo

de reactivos en la planta y los gastos derivados del traslado y tratamiento de residuos y lodos generados en la instalación y una partida de otros gastos variables, en la que se incorpora, por ejemplo, la factura de gasóleo, si se dispone de vehículo.

Costes de depuración

El estudio económico de los costes de funcionamiento de las depuradoras se realiza para una situación normal de la planta, con las cargas de diseño consideradas en los cálculos funcionales. El modelo contable seguido asocia los gastos a un consumo de recursos, incluyendo todos los costes y diferenciando entre los vinculados a la explotación y mantenimiento de las instalaciones y los de capital o inversión, siguiendo los criterios de la contabilidad económico-patrimonial y no de la contabilidad presupuestaria¹⁹. Ante todo, se trata de estimar el coste económico medio por m³ de agua residual depurada, lo que permitirá la toma de decisiones a los ayuntamientos de la provincia, responsables del servicio.

Entre los costes de explotación y mantenimiento se incluyen los siguientes conceptos:

a) Costes fijos anuales:

- Gastos de mantenimiento y conservación de las instalaciones.
- Gastos de mantenimiento y conservación de los equipos electrónicos, informáticos, de medición, vehículos, etc.
- Gastos de personal (sueldos y salarios brutos).
- Costes fijos de energía eléctrica, en función de la potencia contratada.
- Otros costes fijos (servicios contratados a otras empresas como analíticas, seguridad, limpieza, administración, gastos financieros, etc.).

b) Costes variables:

- Coste electricidad (kWh consumido).
- Costes de gasóleo, si la planta dispone de algún vehículo.
- Consumo de reactivos.
- Evacuación de residuos, peligrosos y no peligrosos.

¹⁹ Que utiliza el enfoque de medida basado en el flujo financiero, empleado en el ámbito presupuestario (Pelejero, 1997).

Los costes de inversión son los que resultan de la amortización de los bienes de capital utilizados en el proceso de depuración, asociados al consumo de recursos empleados tanto en la construcción de la obra civil, edificio industrial, como en los equipos electrónicos e informáticos. Para determinar el sistema de amortización del inmovilizado en las entidades locales, se debe atender, en primer lugar, a lo dispuesto en la Regla 8.c) de la orden HAP/1781/2013, de 20 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción del modelo normal de contabilidad local y la Regla 9.c) de la orden HAP/1782/2013, de 20 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción del modelo simplificado de la contabilidad local.

En la Regla 8.c) del modelo normal se dispone que corresponde al Pleno de la Corporación, a propuesta de la Intervención u órgano de la Entidad Local que tenga atribuida la función de contabilidad, determinar, entre los criterios para la amortización de los elementos del inmovilizado y se deberá optar, en su caso por el modelo de la revalorización para la valoración posterior del inmovilizado.

La Regla 9.c) del modelo simplificado dispone que corresponde al Pleno de la Corporación a propuesta de la intervención determinar, entre otros, los criterios para la amortización de los elementos del inmovilizado.

De acuerdo con lo anterior, los criterios a utilizar serán los que estime conveniente cada corporación si bien, pueden resultar de referencia y de apoyo los contenidos en

1. La Resolución de 14 de diciembre de 1999, de la Intervención General de la Administración del Estado.
2. El modelo de amortización regulado en el ámbito privado y contenido en la ley 27/2014, de 27 de noviembre del Impuesto de Sociedades. En líneas generales, la vida útil de los bienes públicos es larga, por lo que de utilizar las tablas de ámbito mercantil resulta aconsejable amortizar en la máxima vida útil permitida²⁰.

A partir de aquí, considerando que en la estimación de los costes se deben tener en cuenta las amortizaciones, que cuantifican el consumo de recursos, se establecen los siguientes criterios para su imputación:

1. Vida residual= 0

²⁰ Tal y como se recoge en Diputación Provincial de Toledo, 2017.

2. El coste inicial de las instalaciones es el valor de la inversión, distribuida entre edificio industrial (59,79 por 100) y equipo eléctrico y electrónico (40,21 por 100). Los porcentajes asociados resultan de considerar lo que representan, como media, estos conceptos en diez proyectos sobre EDAR revisados.
3. El tiempo máximo de amortización del edificio industrial es de 68 años, de acuerdo con las tablas de amortización publicadas por el Ministerio de Hacienda y Administraciones públicas para 2017²¹.
4. La vida útil estimada para los equipos eléctricos y electrónicos es de 10 años, según el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas de España para 2017.
5. Al final de la vida útil del activo, se sigue el criterio de la contabilidad de renovación como alternativa a la amortización, que consiste en asumir que los bienes son mantenidos a lo largo del tiempo, aunque el desembolso para sostener o reparar su capacidad se realice en un ejercicio económico determinado²².

A partir de la información obtenida del estudio empírico realizado, los criterios establecidos y, teniendo en cuenta que el índice de precios al consumo de España registra una variación positiva del 1,43 % entre diciembre de 2017 y diciembre de 2020²³, el coste medio estimado por m³ de agua depurada en las instalaciones municipales de la provincia es de 0,31 €/m³, tal y como refleja la información recogida en el cuadro siguiente. Este valor puede variar entre un mínimo de 0,17 y un máximo de 0,54 €/m³, en función del tipo de instalación, la dimensión de la planta e, incluso, la antigüedad de las instalaciones. En las depuradoras municipales que llevan operando menos de 10 años, como es el caso de Torreperogil, La Carolina, Baeza o Alcaudete los costes imputables a la amortización de los equipos eléctricos y electrónicos son, en general, más elevados que la media, llegando a representar un 39,6% del total. Por el contrario, en aquellas instalaciones construidas con anterioridad a 2007, en las que se consideran que dichos equipos están totalmente amortizados, sólo se imputa el coste del capital fijo vinculado a la obra civil. Conviene tener en

²¹ Puede consultarse en https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/_Segmentos/_Empresas_y_profesionales/Empresas/Impuesto_sobre_Sociedades/Periodos_impositivos_a_partir_de_1_1_2015/Base_imponible/Amortizacion/Tabla_de_coeficientes_de_amortizacion_lineal_.shtml

²² Siguiendo el criterio de Pelejero (2017).

²³ Los datos sobre costes de 2017 se actualizan a precios de 2019, teniendo en cuenta la evolución de los precios entre estos años.

cuenta que, salvo excepciones que obedecen a hechos puntuales²⁴, aquellas plantas depuradoras que llevan funcionando más de diez años son las que exigen mayores gastos anuales de mantenimiento, conservación y repuestos, tanto de componentes de equipos eléctricos como electrónicos.

Tabla 3. Coste (€) por m³ de agua depurada en la provincia de Jaén estimados para 2020

	medio	mínimo	máximo
Costes fijos de explotación y mantenimiento	0,17	0,09	0,19
Costes variables de explotación y mantenimiento	0,08	0,06	0,08
Costes de explotación y mantenimiento	0,25	0,14	0,27
Amortizaciones	0,06	0,03	0,26
Coste total	0,31	0,17	0,54
Coefficiente de variación	34,06%		

Fuente: Encuesta, elaboración propia.

En la estructura de costes, los variables de explotación y mantenimiento, tal y como se desprende de la información contenida en la tabla 3, suponen más del 80% de los costes medios totales de este servicio. Los sueldos y salarios brutos que se abonan en concepto de retribución de personal es la partida más abultada, representando más de un 35% del total. Le siguen en importancia los gastos por consumo de energía eléctrica, que representan un 25,17%, incluyendo tanto los fijos, por potencia contratada, como los variables, por kilovatios hora consumidos. Como media, la factura de energía de una EDAR de la provincia supera ligeramente los 85.000 € anuales en 2020. No obstante, mientras que, en plantas de menor dimensión, como es el caso de Quesada, con una capacidad instalada de 6.910 h-e, el consumo puede ascender hasta en torno a 25.000 €, en las depuradas más grandes de la provincia, entre las que figuran las de Linares y Jaén, la factura energética supera los 150.000 € anuales. El resto de componentes son responsables, en conjunto, de un 25,62% del total, siendo la partida de costes de mantenimiento, reparación y conservación la que presenta un mayor valor relativo, seguida de retirada de residuos y fangos.

En la tabla 4 se presenta el coste medio de depuración por m³ facturado que, como cabía esperar, es superior al coste medio por m³ depurado, dado que el volumen de agua tratada es muy superior al de la facturada.

²⁴ Nos referimos a cualquier causa no predecible que haga que un equipo se rompa.

Tabla 4. Costes (€) de depuración por m³ de agua facturada en la provincia de Jaén estimado para 2020

	medio (€)	mínimo (€)	máximo (€)
Costes fijos de explotación y mantenimiento	0,23	0,15	0,31
Costes variables de explotación y mantenimiento	0,19	0,10	0,19
Costes de explotación y mantenimiento	0,42	0,25	0,50
Amortizaciones	0,10	0,06	0,39
Coste total	0,52	0,30	0,89
Coefficiente de variación	27,27%		

Fuente: Encuesta, elaboración propia.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con el principio “quien contamina, paga” que establece la DMA, los ingresos recaudados por los municipios a través de las tasas de depuración deben financiar los costes del servicio. La información obtenida del estudio empírico realizado, a partir de estimar el coste total promedio de funcionamiento de una EDAR, incluyendo los de explotación y mantenimiento y, asimismo, los de amortización, confirma que sólo si la estructura de la carga tributaria garantiza unos ingresos medios por m³ de agua facturada a los abonados superior a 0,52 €, el sistema se puede calificar de eficiente.

En el desarrollo del trabajo empírico realizado, algunos responsables municipales del servicio de depuración de aguas manifestaron que no les corresponde a las corporaciones locales la amortización de las instalaciones y, por tanto, no se debe considerar este concepto, lo que implica una infravaloración del coste real del servicio. En su opinión, la construcción y puesta en marcha de las depuradoras municipales ha sido financiada por instituciones supra-provinciales, como el gobierno regional o/y el Estado, no por los ayuntamientos. Defienden, además, que el canon por depuración de agua que cobra el gobierno regional tiene carácter finalista²⁵ y debe servir para poder construir nuevas edificaciones y renovar las existentes. Bajo este criterio, considerando exclusivamente el coste promedio de explotación y mantenimiento, los sistemas tributarios municipales han de garantizar unos ingresos medios mínimos de 0,41€/m³ de agua facturada.

²⁵ Puede consultarse en Agencia Tributaria de Andalucía. Consejería de Hacienda, Industria y Energía (2019): Guía del canon de mejora de infraestructuras hidráulicas de interés de la Comunidad Autónoma, Agencia Tributaria de Andalucía, Sevilla (España).

Hoy por hoy, la mayoría de ayuntamientos de la provincia de Jaén subvencionan parte de los costes en que se incurren para la prestación del servicio municipal de tratamiento de aguas residuales, lo que influye en el equilibrio del presupuesto municipal. Urge, por tanto, una revisión profunda de los mecanismos que aseguran la financiación de este servicio, considerando los costes totales de funcionamiento de la EDAR del municipio y evitando estructuras poco adecuadas, como el pago de una cuota independientemente del agua vertida, consumida o facturada.

Conseguir que el volumen de vertidos sin tratar se reduzca y que mejore la calidad de los recursos hídricos de la provincia de Jaén y, en general, de todos los municipios, beneficia a toda la sociedad. Los ayuntamientos deben articular los mecanismos que aseguren la financiación de los servicios municipales de depuración. Por tanto, quizás se podrían articular procesos extraordinarios de autofinanciación, evitando una excesiva dependencia de fondos extramunicipales, poco regulares. Es el caso, por ejemplo, de los 2,6 millones de euros del programa operativo FEDER de crecimiento sostenible 2014-2020 a los que se suman 916.000 euros aportados por la Diputación Provincial de Jaén para renovar y reducir la factura energética de 35 estaciones depuradoras de aguas residuales localizadas en las comarcas de Sierra de Segura, Sierra Mágina y Sierra de Cazorla²⁶ en 2021.

La sociedad debe ser consciente de que no se trata exclusivamente de cumplir con los requisitos que establece la legislación europea sobre protección de los recursos hídricos, para evitar multas que pudieran sancionar el vertido de aguas contaminantes, tanto por parte de instituciones nacionales, como en este caso la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, como de la Comisión Europea, tal y como ha ocurrido en distintas ocasiones²⁷. Ante todo, urge establecer objetivos, diseñar estrategias y poner en marcha actuaciones dirigidas a mejorar las condiciones financieras de los servicios depuración de los vertidos de aguas residuales y asegurar la viabilidad económica del servicio en el medio y largo plazo, contribuyendo con ello a proteger las condiciones del medio ambiente de la provincia.

²⁶ Consultar: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_PO_CrecimientoSostenible_FEDER_2014-2020_cb50c638.pdf

²⁷ Consultar en https://elpais.com/sociedad/2020/02/14/actualidad/1581683996_535412.html.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Tributaria de Andalucía. Consejería de Hacienda, Industria y Energía. 2019: *Guía del canon de mejora de infraestructuras hidráulicas de interés de la Comunidad Autónoma*. Sevilla (España), Agencia Tributaria de Andalucía.
- Aguilar-Benítez, I., y Blanco P. A. 2018: "Recuperación de metano y reducción de emisiones en PTAR Nuevo Laredo, Tamaulipas, México." *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(2), 86-114.
- Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., Guo, W., Thomaidis, N. S. y Xu, J. 2017: "Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: a critical review." *Journal of Hazardous Materials*, 323(2017), 274-298.
- Boletín Oficial de la Provincia de Jaén 2017: *Ordenanzas sobre las tasas de depuración*. Disponible en: <https://bop.dipujaen.es/> (acceso en septiembre de 20121).
- Castellet, L. y Molinos-Senante, M. 2016: "Efficiency assessment of wastewater treatment plants: A data envelopment analysis approach integrating technical, economic, and environmental issues." *Journal of Environmental Management*, 167, 160-166.
- Collins, R., Kristensen, P., Thyssen, N. 2009: *Water Resources across Europe — Confronting Water Scarcity and Drought*. Copenhagen (Dinamarca), European Environmental Agency (EEA Report series. N. 2/2009).
- De la Cruz, N., Esquiú, L., Grandjean, D., Magnet, A., Tungler, A., De Alencastro, L.F. y Pulgarín, C. 2013: "Degradation of emergent contaminants by UV, UV/H₂O₂ and neutral photo-Fenton at pilot scale in a domestic wastewater treatment plant." *Water Res.*, 47, 5836—5845.
- Diputación Provincial de Toledo 2017: *Circular de contabilidad de la amortización y de las subvenciones recibidas*. Disponible en http://www.diputoledo.es/global/10/ver_pdf/25139.
- Gallego-Valero, L., Moral-Pajares, E., Román-Sánchez, I. M., Sánchez-Pérez, J. A. 2018: "Analysis of Environmental Taxes to Finance Wastewater Treatment in Spain: An Opportunity for Regeneration?" *Water*, 10(2), 226.
- Gallego-Valero, L. G., Moral-Pajares, E. y Román-Sánchez, I. M. 2019. "Protección del medio natural hídrico y tasas por depuración de aguas residuales: el caso de la provincia de Jaén", *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, (220), 159-197.
- Gómez, T., Gémar, G., Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R., y Caballero, R. 2017: "Assessing the efficiency of wastewater treatment plants: A double-bootstrap approach." *Journal of Cleaner Production*, 164, 315-324.
- Guerrini, A., Romano, G., Leardini, C. y Martini, M. 2015: "Measuring the efficiency of wastewater services through data envelopment analysis." *Water Science and Technology*, 71(12), 1845-1851.
- Jouravlev, A., Lentini, E., Yurquina, Á. y Fernández, D. 2009: "Contabilidad regulatoria, sustentabilidad financiera y gestión mancomunada: temas relevantes en servicios de agua y saneamiento." Santiago de Chile (Chile), CEPAL.
- López-Pacheco, I. Y., Carrillo-Nieves, D., Salinas-Salazar, C., Silva-Núñez, A., Arévalo-Gallegos, A., Barceló, D., Afewerki, S., Iqbal, H. M. N. y Parra-Saldívar, R. 2019. "Combination of nejayote and swine wastewater as a medium for *Arthrospira*

- maxima and *Chlorella vulgaris* production and wastewater treatment.” *Science of the Total Environment*, 676, 356-367.
- Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R. y Hernández-Sancho, F. 2016: “Development and application of the Hicks-Moorsteen productivity index for the total factor productivity assessment of wastewater treatment plants.” *Journal of Cleaner Production*, 112, 3116-3123.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., Sala-Garrido, R. 2011: “Cost-benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants.” *J. Environ. Manag.*, 92, 3091—3097.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., Sala-Garrido, R. 2010: “Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost—benefit analysis.” *Sci. Total Environ.*, 408, 4396—4402.
- Moral-Pajares, E. Gallego-Valero, L., García-Moral, F. y Román-Sánchez, I. M. 2021: “Depuración de aguas residuales y uso de aguas regeneradas: Un análisis descriptivo del caso de la provincia de Jaén.” *Agua y Territorio / Water and Landscape*, (17), 77-91.
- Oh, K. S., Poh, P. E., Chong, M. N., Gouwanda, D., Lam, W. H. y Chee, C. Y. 2015: “Optimizing the in-line ozone injection and delivery strategy in a multistage pilot-scale greywater treatment system: System validation and cost-benefit analysis.” *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(2), 1146-1151.
- Organización Mundial de la Salud. 2014. *UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS) 2014 Report: Investing in Water and Sanitation: Increasing Access, Reducing Inequalities*. Ginebra (Suiza), WHO.
- Pedro-Monzonis, M., Solera, A., Ferrer, J. Estrela, T. y Paredes-Arquiola, J. 2015. “A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management.” *Journal of Hydrology*, 527, 482-493.
- Pelejero, L. 1997: “La amortización del inmovilizado en contabilidad pública.” *Auditoría pública: Revista de los Organos Autónomos de Control Externo*, 10, 47-52.
- Prieto-Rodríguez, L., Oller, I., Klamerth, N., Agüera, A., Rodríguez, E.M., Malato, S. 2013: “Application of solar AOPs and ozonation for elimination of micropollutants in municipal wastewater treatment plant effluents”, *Water Research*, 47, 1521—1528.
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clarke, D. B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B.M., Colón-González, F. J., Gosling, S. N., Kim, H., Li, X., Masakim, Y., Portmann, F. T., Satoh, Y., Stacke, T., Tang, Q., Wada, Y., Wissers, D., Albrecht, T., Frieler, K., Piontek, F., Warszawski, L., Kabatt, P. 2014: “Multimodel assessment of water scarcity under climate change.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (9), 3245-3250.
- Therewoda, R., Hsieh, M.K., Walker, M.E., Landis, A.E., Abbasian, J., Vidic, R. y Dzombak, D.A. 2013. “Life cycle costs to treat secondary municipal wastewater for reuse in cooling systems”, *Journal of Water Reuse and Desalination*, 3 (3), 224—238.
- Tomei, M. C., Bertanza, G., Canato, M., Heimersson, S., Laera, G. y Svanström, M. 2016: “Techno-economic and environmental assessment of upgrading alternatives for sludge stabilization in municipal wastewater treatment plants.” *Journal of Cleaner Production*, 112, 3106-3115.

- UNESCO 2017: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales: el recurso desaprovechado. París (Francia).
- Zhuang, Y., Ren, H., Geng, J., Zhang, Y., Zhang, Y., Ding, L., y Xu, K. 2015. "Inactivation of antibiotic resistance genes in municipal wastewater by chlorination, ultraviolet, and ozonation disinfection", *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (9), 7037—7044.

TASAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN LA PROVINCIA DE JAÉN: ¿QUIÉN CONTAMINA PAGA?

Resumen

El Pacto Verde Europeo y el Plan de Acción, adoptados en 2021 por la Unión Europea, establecen el objetivo de una contaminación cero del agua, el aire y el suelo. El vertido de aguas residuales sin tratar provoca efectos contaminantes sobre el medio ambiente. En España, las autoridades locales son responsables del servicio de depuración de los efluentes hídricos urbanos. El principio de recuperación de costes que establece la Directiva Marco del Agua justifica el desarrollo de figuras tributarias con capacidad para poder financiar el coste de los tratamientos aplicados a los vertidos. El objetivo de este trabajo consiste en comprobar si los ingresos recaudados por las aguas vertidas pueden financiar los costes estimados de explotación y mantenimiento de las depuradoras que están en funcionamiento en la provincia de Jaén. El estudio empírico realizado permite concluir que sólo si las cargas tributarias garantizan unos ingresos medios de 0,52 €/m³ de agua facturada sería posible la autosuficiencia financiera del servicio de depuración, evitando con ello que el desequilibrio entre ingresos y gastos se traslade a los presupuestos municipales.

URBAN WASTEWATER TREATMENT RATES IN THE PROVINCE OF JAÉN: WHO POLLUTES PAYS?

Abstract

The European Green Deal and Action Plan, adopted in 2021 by the European Union, set the goal of zero pollution of water, air and soil. The discharge of untreated wastewater causes polluting effects on the environment. In Spain, local authorities are responsible for the urban water effluent treatment service. The principle of cost recovery established by the Water Framework Directive justifies the development of tax figures with the capacity to finance the cost of

the treatments applied to discharges. The objective of this work is to verify if the income collected by the discharged water can finance the estimated costs of operation and maintenance of the treatment plants that are in operation in the province of Jaén. The empirical study carried out allows us to conclude that only if the tax charges guarantee an average income of €0.52/m³ of billed water, would it be possible for the treatment service to become financially self-sufficient, thus preventing the imbalance between income and expenses from being transferred to the municipal budgets.