

## **POTENCIAL EN ANDALUCÍA DE LA CODIGESTIÓN DE LODOS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y RESIDUOS NO PELIGROSOS COMO INSTRUMENTO EN LA TRANSICIÓN A UNA ECONOMÍA CIRCULAR**

**Autor principal: Raúl Emilio Vega Otero. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía**

**Otros autores: Benigno López Villa, Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. Marta Guerle Alcoba, Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía**

### **Resumen**

La Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio participa en el proyecto Interreg SYMBI “Simbiosis industrial para un crecimiento regional sostenible y una economía circular eficiente en residuos”. Dentro del proyecto se ha identificado una buena práctica de la cual se pretende analizar su potencial en Andalucía.

Emasesa, Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A., emplea la codigestión de residuos industriales no peligrosos y los lodos procedentes de la depuración de agua residuales municipales para obtener biogás, del cual obtiene energía eléctrica, y un lodo residual digerido el cual, tras ser estabilizado, es aplicado a terrenos agrícolas como mejora por su alto contenido en materia orgánica.

Los beneficios de esta práctica son múltiples. Por una parte, los digestores tienen una mayor continuidad de uso en el tiempo; gracias a ese suministro constante de biogás, las EDAR pueden tender al autoabastecimiento energético; se reduce la huella de carbono de la instalación; los residuos no peligrosos son valorizados de una forma eficiente al producir biogás (energía) y un lodo residual susceptible de ser aplicado como mejora agrícola de suelos, volviendo así al ciclo de recursos.

Tomando como fuente de datos las declaraciones anuales de grandes productores de residuos no peligrosos de Andalucía en los años 2015 y 2016 se ha evaluado el potencial de generación anual de biogás (toneladas), energía eléctrica (Megawattios) y compost (toneladas) en las provincias andaluzas.

## **1 LA CODIGESTIÓN COMO PROCESO DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS CON ALTA CARGA ORGÁNICA**

Actualmente la Unión Europea (UE) realiza un gran esfuerzo en potenciar la transición a una economía circular en la que los recursos se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible. Con ese objetivo, la Comisión Europea viene proponiendo una serie de medidas legislativas encaminadas a lograr una economía sostenible, baja en carbono y eficiente en el uso de los recursos.

En este marco de transición ecológica, Directivas como la 2018/820 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos, la 2018/851 de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre residuos, o la Directiva 2018/852 de 30

de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases, ahondan en la importancia de la prevención de residuos, la recuperación y el reciclaje, siguiendo la jerarquía de residuos, de los recursos contenidos en los residuos generados, limitando al máximo su depósito en vertedero.

Como no podía ser de otra forma, tanto la normativa estatal como autonómica, como los Planes nacionales y autonómicos de prevención y gestión de residuos transponen y asumen los objetivos contenidos en la normativa comunitaria en materia de residuos obligando a una correcta gestión de los residuos que priorice la reutilización y el reciclado, reduciendo en la medida de lo posible la eliminación en vertedero.

En este sentido, la codigestión es una alternativa de tratamiento que facilita la gestión de residuos industriales no peligrosos, produciendo por una parte energía renovable en forma de biogás, reduciendo por tanto las emisiones de gases de efecto invernadero, y por otra un lodo que tras un proceso de estabilización puede volver al medio en forma de enmienda, compost o fertilizante.

El término codigestión se emplea para expresar la digestión anaerobia conjunta de dos o más sustratos de diferentes orígenes. La principal ventaja radica en el aprovechamiento de la sinergia de las mezclas, compensando las carencias de cada uno de los sustratos por separado. El hecho es que, aprovechando el volumen existente, el digestor de fangos de una EDAR de tamaño medio/grande ofrece la posibilidad de incorporar otros sustratos que compensen el balance de nutrientes y la humedad y aumenten, de manera muy importante, el rendimiento de la producción de biogás de este proceso. Ventajas adicionales del proceso son la obtención de un lodo valioso que puede utilizarse como enmienda orgánica siguiendo la legislación vigente y la unificación de la gestión de diversos residuos al compartir instalaciones de tratamiento, reduciendo costes de inversión y explotación.

El proceso de codigestión supone un procedimiento de valorización de residuos no peligrosos y de difícil gestión, que puede facilitar el adecuado cumplimiento de la normativa ambiental a diversas industrias. Hay que tener en cuenta que la mayor parte de las industrias realizan una política de reducción de costes no productivos, entre los que se encuentran los destinados a la protección ambiental por lo que, cualquier alternativa viable económicamente, redundará en una mejora ambiental directa. Por otra parte, los vertidos industriales incontrolados incrementan los costes de explotación de las EDAR y las posibles incidencias en el control de vertido final, lo que incrementa los costes de la depuración.

En resumen, la codigestión presenta indudables ventajas para la industria y para la depuradora de aguas residuales entre las que cabe señalar las siguientes:

**Para la industria/productor del residuo:**

- Aporta una solución a los problemas de gestión de efluentes de alta carga orgánica así como de efluentes concentrados de carácter estacional
- Elimina la necesidad de disponer de una planta de tratamiento para los mismos en caso de ser los únicos líquidos producidos o pueden reducir los costes de explotación de sus propias plantas de tratamiento al disminuir en origen la carga a tratar
- El coste asociado al transporte depende de la proximidad a la EDAR receptora pero se producirá una reducción del canon de saneamiento proporcional a las fracciones de mayor carga contaminante

- Igualmente ofrece una posible solución a industrias ubicadas en entorno rural, sin fácil conexión a los sistemas urbanos de saneamiento
- Se reducen los tiempos de almacenamiento en las instalaciones y la posibilidad de que se produzcan procesos degradativos que, a su vez, pueden generar olores y problemas sanitarios
- Se minimizan las incidencias por vertidos incontrolados a cauces receptores

#### **Para las EDAR las principales ventajas son:**

- Disminución de la carga contaminante recibida a través de los sistemas de saneamiento así como del número de episodios de vertidos incontrolados, con lo que mejora la eficiencia de la depuración y la calidad del efluente
- Mayor garantía de cumplimiento de los objetivos de calidad fijados para la depuradora y disminución del coste del proceso
- Aprovechamiento de la sinergia de las mezclas de sustratos para la producción de biogás, compensando las carencias de cada sustrato por separado (nutrientes, humedad, etc.)
- Mejora el balance de nutrientes, obteniéndose de esta manera un mejor rendimiento de la digestión y una mayor producción de metano
- Incremento de la producción de biogás con el consiguiente aumento en la producción de energía eléctrica autoabastecida, lo que supone un menor coste energético de la explotación.
- Además se produce un aprovechamiento del calor generado en los motores por el biogás extra producido
- En paralelo se produce una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero proporcional a la cantidad de energía eléctrica no consumida.

En definitiva, estas mejoras se traducen también en ventajas para el medio ambiente que pueden sintetizarse en dos puntos clave: Menos incidentes que puedan provocar vertidos de las depuradoras de las industrias fuera de límites, con afección a los cauces receptores y, sobre todo, menor consumo energético en las EDAR debido al empleo de energías renovables.

## **2 GENERALIDADES SOBRE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.**

La digestión anaerobia es una de las técnicas más ampliamente utilizadas para la estabilización y reducción de los lodos generados en una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). Esta tecnología permite tratar los lodos según el marco legal actual, minimizando el volumen de este residuo, y produciendo biogás útil para la generación de energía en una instalación de cogeneración, lo que se traduce en una reducción de los costes de operación de la instalación. La codigestión optimiza el funcionamiento de las instalaciones de digestión anaerobia aprovechando las sinergias de los residuos digeridos.

En el marco de esta alternativa, las infraestructuras de digestión anaerobia son adecuadas para tratar de forma conjunta y en la misma unidad de digestión, lodos, productos, subproductos o residuos de origen agrícola, alimentario e incluso industrial

(con fuertes limitaciones en cuanto a contenidos contaminantes o tóxicos), incrementando de forma notable la producción de biogás. En algunas situaciones el biogás generado, adecuadamente tratado, puede satisfacer la demanda eléctrica total de una EDAR e incluso superarla, permitiendo la exportación del excedente generado a la red eléctrica de distribución, según diferentes modelos de retribución económica.

El proceso de digestión anaerobia se desarrolla en cuatro etapas:

- Etapa hidrolítica, en la que los compuestos orgánicos complejos (lípidos, proteínas e hidratos de carbono) son despolimerizados por acción de enzimas hidrolíticas en moléculas solubles fácilmente biodegradables (aminoácidos, azúcares, ácidos grasos de cadena larga, alcoholes, etc.).
- Etapa acidogénica, en la que los compuestos solubles resultantes de la etapa anterior son transformados en ácidos grasos de cadena corta (ácidos grasos volátiles).
- Etapa acetogénica, en la que los compuestos intermedios son transformados por microorganismos acetogénicos, dando como producto final ácido acético, hidrogeno y dióxido de carbono.
- Etapa metanogénica, en la que el ácido acético, el hidrogeno y el dióxido de carbono son transformados en metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

La codigestión en EDAR más ampliamente extendida se basa en la inserción en el sistema de digestión anaerobia de productos en forma líquida que no han de ser hidrolizados (azúcares, alcoholes, etc.) y pueden entrar directamente en las etapas posteriores de acidogénesis, acetogénesis o metanogénesis, de esta forma evitamos una de las fases que es la hidrólisis y una vez tenemos suficientes bacterias metanogénicas en el sistema, después de transcurrido su periodo de crecimiento y estabilización (alrededor de diez días), la respuesta del sistema en cuanto a producción de metano respecto a alimentación de producto es muy rápida, siendo del orden de minutos.

La potencialidad de la digestión se justifica en la consideración de que en un sistema anaerobio la DQO es un parámetro conservativo (IDAE 2007) es decir, en un digestor anaerobio:

$$\text{DQO entrada} = \text{DQO fango salida} + \text{DQO de biogás}$$

Así pues y sabiendo que el biogás producido está formado mayoritariamente por metano CH<sub>4</sub> (65%) y CO<sub>2</sub> (35%) y que la DQO del CO<sub>2</sub> es nula, resultaría que:

$$\text{DQO metano} = \text{DQO fango entrada} - \text{DQO fango salida}$$

$$\text{DQO metano} = \text{DQO eliminada en digestión} = 2,857 \text{ KgDQO/m}^3 \text{ CH}_4$$

Es decir, por cada Kg de DQO que se elimina en el proceso de digestión, se producen 0,35m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> en condiciones normales de presión y temperatura, lo que aplicando el poder calorífico inferior (PCI) típico del biogás de 6 KWh/Nm<sup>3</sup>, nos da un potencial energético de 2 KW/Kg DQO eliminada. Una vez justificado el potencial de generación de energía asociado a la codigestión queda claro que se trata de aportar a la instalación de digestión la mayor cantidad de Kg de DQO fácilmente eliminables, bien sea en forma sólida o líquida. Con la dosificación de residuos sólidos, por ejemplo para residuos alimentarios procedentes de supermercados como alimentos caducados o en mal estado o bien FORM (fracción orgánica de residuos municipales) de las estaciones de

clasificación de residuos sólidos urbanos, será necesario un pretratamiento de adaptación y trituración.

Con la dosificación en forma líquida, la más extendida en EDAR, es simplemente necesaria una instalación equipada con un silo de almacenaje y una bomba dosificadora con sus filtros de seguridad para impropios adecuados, siendo ésta el tipo de instalación que se describe en los apartados siguientes de este escrito.

### 3 DATOS DE PRODUCCIÓN RESIDUOS NO PELIGROS

No todo tipo de residuos es adecuado para incorporar a un proceso de codigestión. Las principales características que deben tener estos residuos son:

- Se tratará siempre de residuos no peligrosos
- Tendrán carácter bombeable, siendo por tanto líquidos o fluidos pastosos
- Tendrán elevada carga orgánica y bajo contenido en sulfatos y sulfuros
- Composición relativamente estable
- Se podrán entregar mediante cubas, depósitos o contenedores GRG.

Mayoritariamente, estos residuos proceden de industrias agroalimentarias (lácteos, melazas, grasas,), residuos ganaderos, la fracción orgánica de residuos municipales, residuos hortofrutícolas o cultivos energéticos.

En Andalucía existen gran cantidad de industrias agroalimentarias que son potenciales generadores de residuos tratables a través de codigestión. A continuación se incluye la distribución de empresas incluidas en el Registro de Industrias Agroalimentarias (Tabla 1) entre las que se encuentran industrias que generan líquidos de alta carga orgánica, susceptibles de ser admitidos como cosustratos de la codigestión.

Sectores	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Total
Acuícolas, marisqueras y pesqueras.	5	14	2	12	22	6	14	11	86
Aprovechamiento de fibras textiles.	0	1	0	0	0	0	0	1	2
Elaboración de preparados alimentarios, condimentos, especias y similares	2	5	8	4	2	4	26	15	66
Enológicas, alcoholes y bebidas alcohólicas.	0	102	16	12	4	1	5	6	146
Huevos y ovoproductos	0	1	2	9	1	12	8	2	35
Industrias cárnicas	7	8	12	110	19	51	63	19	289
Industrias de aceites y grasas vegetales	13	12	48	110	5	337	66	80	671
Industrias de azúcar, mieles y ceras	2	5	2	13	2	4	11	6	45
Industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos	6	2	5	13	1	7	42	99	175
Industrias de frutas y hortalizas frescas, de flores y plantas ornamentales	150	12	12	100	39	20	69	42	444
Industrias de manipulación y conservación (clasificación, limpieza...)	1	9	28	48	16	76	108	170	456
Industrias de molinería, harinas y derivados, troceados y descascarados	2	3	0	8	2	0	7	7	29
Industrias de zumos de frutas y hortalizas, aguas, y otras bebidas de carácter agroalimentario	2	1	1	10	1	4	8	7	34
Industrias del pan, pastelerías y aperitivos	9	3	7	47	14	28	71	41	220
Industrias forestales	0	1	0	2	1	2	3	1	10
Industrias lácteas	6	12	4	10	3	10	23	11	79
Piensos, granos y semillas.	1	8	11	36	15	9	33	40	153
Servicios Técnicos	0	0	0	5	2	0	1	1	9
Sin división asignada	0	1	5	0	7	3	0	2	18
<b>[Total Industrias/Provincias]</b>	<b>206</b>	<b>200</b>	<b>163</b>	<b>549</b>	<b>156</b>	<b>574</b>	<b>558</b>	<b>561</b>	<b>2967</b>

Tabla 1 Distribución de las empresas inscritas en el Registro de Industrias Agroalimentarias según actividad en Andalucía. Año 2018. Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural

Se han consultado las memorias de gestores de residuos no peligrosos, así como las declaraciones de productores del año 2015, con el fin de obtener las toneladas de residuos no peligrosos gestionadas en Andalucía. Se han seleccionado aquellos códigos LER que son susceptibles de ser utilizados en codigestión, si bien las cifras obtenidas deben de ser consideradas como una aproximación, pues la casuística que podemos encontrar en cada LER es compleja y el verdadero potencial máximo de estos residuos dependerá de múltiple factores, tales como el porcentaje de sólidos volátiles presentes, el tiempo de retención, la temperatura de operación o la presencia de inhibidores (IDAE 2007). Por otra parte, en algunos casos, las cifras de producción que ofrecemos tenderán a aumentar conforme avanza la implantación de recogida selectiva de determinados residuos como la fracción orgánica de residuos municipales o los aceites domésticos usados.

	ALMERÍA	CADIZ	CÓRDOBA	GRANADA	HUELVA	JAEN	MÁLAGA	SEVILLA	Andalucía
LER02	334.944	21.400	22.020	5.839	15.103	27.439,6	3.097	66.426	496.269
LER19	32.064	736	7.660	3.410	3.871	10.604,5	428	5.104	63.878
LER20	1.945	6.531	131.926	5.857	7.005	106,2	9.838	5.070	168.278
TOTAL	368.954	28.667	161.606	15.106	25.978	38.150	13.363	76.600	728.425

Tabla 2. Toneladas de residuos no peligrosos susceptibles de codigestión anaerobia. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio

## 4 ESTIMACIONES DE LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN CODIGESTIÓN

Los datos de producción de metano en metros cúbicos por tonelada de residuo han sido tomados de IDAE 2007 y de AAE 2011. En la adjudicación a cada LER de un valor de

producción de biogás se ha optado por dar un valor medio, en el caso de residuos que fácilmente se identificaban con residuos estudiados en la bibliografía, y en el caso de lodos residuales de industrias, se ha introducido un coeficiente de reducción de 0,5. Con estas premisas se ha elaborado la Tabla 3.

LER	DESCRIPCIÓN	Producción biogás (m3/t)
020101	Lodos de lavado y limpieza	22
020102	Residuos de tejidos de animales	60
020103	Residuos de tejidos vegetales	44
020199	Residuos no especificados en otra categoría	22
020201	Lodos de lavado y limpieza	30
020202	Residuos de tejidos de animales	60
020203	Materiales inadecuados para el consumo y la elaboración	60
020204	Lodos del tratamiento in situ de efluentes	30
020299	Residuos no especificados en otra categoría.	30
020301	Lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación	22
020302	Residuos de conservantes	22
020304	Materiales inadecuados para el consumo y la elaboración	44
020305	Lodos del tratamiento in situ de efluentes	22
020399	Residuos no especificados en otra categoría	22
020403	Lodos del tratamiento in situ de efluentes	22
020499	Residuos no especificados en otra categoría	22
020501	Materiales inadecuados para el consumo y la elaboración	47
020502	Lodos del tratamiento in situ de efluentes	47
020599	Residuos no especificados en otra categoría	47
020701	Residuos de lavado, limpieza y reducción mecánica de materias primas	44
020702	Residuos de la destilación de alcoholes	44
020704	Materiales inadecuados para el consumo y la elaboración	240
020705	Lodos del tratamiento in situ de efluentes	120
020799	Residuos no especificados en otra categoría	120
190604	Lodos de gestión del tratamiento anaerobio de residuos municipales	20
190606	Lodos de gestión del tratamiento anaerobio de residuos animales y vegetales	20
190699	Residuos no especificados en otra categoría	20
190809	Mezcla de grasas y aceites procedentes de la separación de agua/sustancias aceitosas que contienen solo aceites y grasas	600
190812	Lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales industriales distintos a los especificados en el código 19 08 11	300
190814	Lodos procedentes de otros tratamientos de aguas residuales industriales distintos a los especificados en el código 19 08 13	95
190899	Residuos no especificados en otra categoría	95
200108	Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes	195
200125	Aceites y grasas comestibles	900
200199	Otras fracciones no especificadas en otras categorías	195
200302	Residuos de mercados	195
200304	Lodos de fosas sépticas	20

Tabla 3. Códigos LER utilizados y Producción de biogás estimada por tonelada de residuo

Aplicando estas tasas de producción de biogás a las toneladas de residuos no peligrosos presentadas en la Tabla 2, podemos estimar el potencial de generación de biogás. Este potencial ha sido agrupado por provincias en la Tabla 4.

	ALMERÍA	CADIZ	CÓRDOBA	GRANADA	HUELVA	JAEN	MÁLAGA	SEVILLA	Andalucía
LER02	14.637.894	674.320	564.781	149.938	514.567	1.050.121	226.361	3.326.963	21.144.943
LER19	10.612.826	82.750	845.320	1.034.453	1.697.113	477.843	97.513	1.489.071	16.336.889
LER20	705.346	1.543.029	26.824.388	1.301.065	449.081	5.909	2.518.587	2.827.365	36.174.770
TOTAL	25.956.066	2.300.099	28.234.489	2.485.456	2.660.761	1.533.873	2.842.461	7.643.399	73.656.602

Tabla 4. Potencial de generación de biogás (m<sup>3</sup>)

## 5 ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD Y CALOR

El aprovechamiento energético del biogás puede realizarse mediante la generación de calor por combustión del mismo o por la generación de electricidad mediante la utilización de motores eléctricos.

La producción calorífica media del biogás, suponiendo un contenido del 60 % de metano, es de 2,67 kWh/m<sup>3</sup>, mientras que la producción media eléctrica bruta es de 2,07 kWh/m<sup>3</sup>. (AAE, 2011).

Aplicando estos valores a los volúmenes obtenidos en el apartado anterior podemos estimar el potencial de producción de energía calorífica y eléctrica.

	ALMERÍA	CADIZ	CÓRDOBA	GRANADA	HUELVA	JAEN	MÁLAGA	SEVILLA	Andalucía
LER02	39.083	1.800	1.508	400	1.374	2.804	604	8.883	56.457
LER19	28.336	221	2.257	2.762	4.531	1.276	260	3.976	43.619
LER20	1.883	4.120	71.621	3.474	1.199	16	6.725	7.549	96.587
TOTAL	69.303	6.141	75.386	6.636	7.104	4.095	7.589	20.408	196.663

Tabla 5. Potencial de generación de energía calorífica (MWh/año)

	ALMERÍA	CADIZ	CÓRDOBA	GRANADA	HUELVA	JAEN	MÁLAGA	SEVILLA	Andalucía
LER02	30.300	1.396	1.169	310	1.065	2.174	469	6.887	43.770
LER19	21.969	171	1.750	2.141	3.513	989	202	3.082	33.817
LER20	1.460	3.194	55.526	2.693	930	12	5.213	5.853	74.882
TOTAL	53.729	4.761	58.445	5.145	5.508	3.175	5.884	15.822	152.469

Tabla 6. Potencial de generación de energía eléctrica bruta (MWh/año)

## 6 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN EDAR CON UN DISEÑO MAYOR DE 100.000 HABITANTES EQUIVALENTES

Los datos de consumo eléctrico de EDAR han sido suministrados por EMASESA. En base a su experiencia, una EDAR de unos 100.000 habitantes equivalentes, consume anualmente unos 3300 MWh, lo que nos da un ratio de 33 kWh/heq al año.

Se han seleccionado las EDAR con un diseño mayor de 100.000 hab-eq y se ha estimado el consumo eléctrico potencial anual teniendo en cuenta que la depuración de vertidos únicamente alcanza el 73 % de la población equivalente (AAE, mayo 2011).

Provincia	EDAR	Población de diseño (hab-eq)	Kwh anuales estimados
Almería	EDAR de Almería Este- El Toyo	104000	2.505.360
Almería	EDAR de Almería (El Bobar)	315000	7.588.350
Almería	EDAR de Roquetas de Mar	132850	3.200.357
Cádiz	EDAR de Algeciras	212500	5.119.125
Cádiz	EDAR Guadalete (Jerez de la Front	864000	20.813.760
Cádiz	EDAR de La Línea de La Concepció	122500	2.951.025
Cádiz	EDAR Las Galeras	266400	6.417.576
Cádiz	EDAR de Cádiz-San Fernando	375000	9.033.750
Cádiz	EDAR de Sanlúcar de Barrameda (t	187500	4.516.875
Córdoba	EDAR de La Golondrina	718243	17.302.474
Córdoba	EDAR de Lucena	413000	9.949.170
Córdoba	EDAR de Montilla	162344	3.910.867
Granada	EDAR de Almuñécar	145350	3.501.482
Granada	EDAR Oeste-Los Vados	101246	2.439.016
Granada	EDAR de Granada Sur-Churriana	231421	5.574.932
Granada	EDAR de Motril-Salobreña	181867	4.381.176
Huelva	EDAR de Huelva	195000	4.697.550
Huelva	EDAR de La Antilla	130950	3.154.586
Jaén	EDAR de Jaén (Santa Catalina)	150000	3.613.500
Málaga	EDAR de Arroyo de la Miel	273300	6.583.797
Málaga	EDAR de Estepona-Marbella (S. Pe	204525	4.927.007
Málaga	EDAR de Guadalhorce	1281545	30.872.419
Málaga	EDAR de Peñón del Cuervo	186624	4.495.772
Málaga	EDAR de La Víbora	324000	7.805.160
Málaga	EDAR de Fuengirola	375000	9.033.750
Málaga	EDAR de Ronda nueva	143750	3.462.938
Málaga	EDAR de Vélez-Málaga	111580	2.687.962
Sevilla	EDAR de Ranilla	325000	7.829.250
Sevilla	EDAR de Tablada	250000	6.022.500
Sevilla	EDAR de Copero	786739	18.952.543
Sevilla	EDAR de Palomares	500000	12.045.000
Sevilla	EDAR de San Jerónimo	450000	10.840.500
<b>TOTAL</b>			<b>246.229.527</b>

Tabla 7. Consumo eléctrico anual estimado en EDARs con diseño mayor de 100.000 hab-eq

## 7 CONCLUSIONES

Andalucía cuenta con un gran potencial generador de energía a partir de la digestión anaerobia de residuos no peligrosos. La codigestión de estos residuos en EDAR a partir de 100.000 habitantes equivalentes, permitiría avanzar en la senda de la transición ecológica hacia una economía más circular, haciendo un aprovechamiento más eficiente de los recursos y permitiendo a estas instalaciones, grandes consumidoras de energía, reducir su huella ecológica, e incluso ser autosuficientes energéticamente.

	<b>Producción Potencial (Mwh/año)</b>	<b>Consumo potencial EDAR (Mwh/año)</b>
ALMERÍA	53.729	13.294
CADIZ	4.761	48.852
CÓRDOBA	58.445	31.163
GRANADA	5.145	15.897
HUELVA	5.508	7.852
JAEN	3.175	3.614
MÁLAGA	5.884	69.869
SEVILLA	15.822	55.690
<b>TOTAL</b>	<b>152.469</b>	<b>246.231</b>

Tabla 7. Comparativa entre la producción eléctrica potencial por codigestión en EDAR y el consumo eléctrico en EDAR de más de 100.000 hab-eq

De la tabla anterior se deduce que, con cálculos conservativos, al menos el 58 % del consumo eléctrico de las EDAR andaluzas estudiadas podría ser autoabastecido mediante la codigestión.

Los cálculos realizados en el presente trabajo pueden calificarse de bastantes conservadores, pues por un lado se ha optado por considerar los valores medios de producción de biogás a partir de la bibliografía consultada. Así mismo, hay que considerar que no se han tenido en cuenta otros residuos que bien podrían ser cosustratos, como pueden ser los purines.

En el caso de considerar la energía potencial suministrada mediante la codigestión de purin de porcino, aplicando una generación de 20 m<sup>3</sup>biogás/t residuos (AAE 2011) y considerando purines de porcino disponibles (no comprometidos para otros usos) obtenemos los datos de producción siguientes.

	<b>Purin cerdo disponible (t/año)</b>	<b>m<sup>3</sup> biogas</b>	<b>Mwh/año electrica</b>
ALMERÍA	357056	7141120	14782
CADIZ	114640	2292800	4746
CÓRDOBA	25242	504840	1045
GRANADA	39866	797320	1650
HUELVA			
JAEN	167903	3358060	6951
MÁLAGA	318781	6375620	13198
SEVILLA	249302	4986040	10321
<b>TOTAL</b>	<b>1272790</b>	<b>25455800</b>	<b>52694</b>

Tabla 8. Generación potencial de energía a partir de purín de porcino

Tomando en consideración el uso de purines de cerdo, los datos que obtenemos son mucho más prometedores, llegando a un autoconsumo del 83 % de la energía consumidas en las EDAR estudiadas.

#### BIBLIOGRAFÍA

Memorias de gestión y declaración de producción de residuos no peligrosos. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 2015.

Biomasa. Digestores anaerobios. Insituto para la Diversificación y el ahorro de la energía 2007.

Registro de Industrias Agroalimentarias. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural 2018.

Estudio Básico del biogás. Agencia Andaluza de la Energía 2011. Inédito.