

En la elaboración de este capítulo han participado:
Raquel Vaquer-Sunyer, Natalia Barrientos, Juan Calvo, ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR)

1. Caudal de agua depurada
2. Caudal de agua depurada vertida al mar
3. Caudal de agua regenerada
4. Indicador de la adecuación del caudal recibido al caudal de diseño (infradimensionamiento de las depuradoras)
5. Demanda biológica de oxígeno (DBO) del agua depurada vertida al mar
6. Demanda química de oxígeno (DQO) del agua depurada vertida al mar
7. Sólidos en suspensión (SS) del agua depurada vertida al mar
8. Nitrógeno total del agua depurada vertida al mar
9. Fósforo total del agua depurada vertida al mar

El vertido directo de las aguas residuales urbanas ha sido una de las principales fuentes de contaminación de las aguas y degradación de los ecosistemas. Asimismo, el vertido de aguas mal depuradas también puede ocasionar problemas de contaminación graves en la zona costera. La red de saneamiento municipal recoge las aguas residuales urbanas, que llegan a las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR). Allí se tratan para reducir su carga contaminante y devolverlas al medio o para reutilizarlas en las mejores condiciones posibles.

Los vertidos de aguas residuales depuradas al medio marino son una de las principales fuentes de nutrientes procedentes de tierra.¹ Los aportes de nutrientes y materia orgánica producen eutrofización,² un proceso que favorece un incremento de la proliferación de algas en la columna de agua, que aumentan su turbidez y reducen su transparencia. Estos cambios en la disponibilidad de luz pueden afectar a la distribución de plantas y macroalgas marinas. Por ejemplo, una reducción de la cantidad de luz disponible puede provocar una disminución de la producción primaria de las praderas de *Posidonia oceanica*, que podría llevarla a una situación en la que sus tasas de respiración fueran mayores que las de producción y, por tanto, a una reducción neta de la cantidad de oxígeno.³

Los aportes de nutrientes y materia orgánica producen un cambio en la vegetación sumergida: de plantas marinas de crecimiento lento y macroalgas de gran

tamaño a macroalgas de crecimiento rápido y, en último lugar, a una dominancia del fitoplancton cuando hay una gran cantidad de nutrientes.⁴ Cambios en la composición de la vegetación marina tienen implicaciones profundas en el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas. Las comunidades activas y densas de macrófitos actúan como sumideros de nutrientes, eliminándolos de la columna de agua,⁵ aumentando la resistencia de los ecosistemas a la eutrofización.^{4,6}

La eutrofización también causa un incremento de la cantidad de materia orgánica que llega a los sedimentos. En zonas con sedimentos carbonatados, como los que rodean las Islas Baleares, se produce un incremento en la concentración de sulfhídrico (H_2S), muy tóxico para los animales acuáticos⁷ y las plantas marinas^{8,9}—*Posidonia oceanica* es especialmente vulnerable a concentraciones superiores a los 10 $\mu\text{mol } H_2S/l^8$ —, y que disminuye la supervivencia de los organismos en condiciones de falta de oxígeno.¹⁰

¿QUÉ ES?

La depuración de las aguas residuales consiste en la eliminación de la carga contaminante de las aguas residuales urbanas, que proviene de su uso en el ámbito doméstico, agrícola, turístico o industrial. Es el paso previo para poderla devolver al medio en condiciones óptimas y con los mínimos riesgos ambientales, o para destinarla a otros usos secundarios, como el riego de jardines y campos de golf, la limpieza de la vía pública o el uso industrial. En las Islas, el agua depurada sobrante que no se puede reutilizar ni emplear para riego se devuelve a los acuíferos mediante pozos de infiltración, o bien se vierte directamente a torrentes, balsas de evaporación y al mar (a través de emisarios).

1. Caudal de agua depurada. Volumen total de agua que llega a las depuradoras y se trata para poder devolverla al medio o reutilizarla.

2. Caudal de agua tratada vertida al mar. Volumen de agua depurada que se vierte al mar.

3. Caudal de agua regenerada. Volumen de agua tratada que se reutiliza para diversos usos como: riego urbano, de campos de golf o de cultivos, limpieza de calles, limpieza industrial de vehículos, sistemas contraincendios y usos industriales, entre otros.

4. Indicador de la adecuación del caudal recibido al caudal de diseño. Este indicador evalúa el estado del dimensionamiento de las EDAR, comparando el caudal de agua residual municipal que llega a cada depuradora con su caudal de diseño.

5. Demanda biológica de oxígeno (DBO) del agua depurada vertida al mar. Mide la cantidad de materia

susceptible de ser consumida u oxidada por la comunidad biótica que contiene una muestra líquida (también denominada demanda bioquímica de oxígeno). Se utiliza para determinar su grado de contaminación. Se mide transcurridos cinco días (DBO_5) y se expresa en miligramos de oxígeno por litro ($mg\ O_2/l$).

6. Demanda química de oxígeno (DQO) del agua depurada vertida al mar. Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por procesos químicos. Se emplea para medir el grado de contaminación de materia orgánica, aunque sufre interferencias con sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas. Se expresa en miligramos de oxígeno por litro ($mg\ O_2/l$). Su valor siempre es superior al de la demanda biológica de oxígeno (DBO).

7. Sólidos en suspensión del agua depurada vertida al mar. Representan el conjunto de partículas sólidas de pequeñas dimensiones que se encuentran disueltas en un líquido. Es un parámetro analítico empleado para determinar la calidad del agua depurada y se expresa en miligramos por litro (mg/l).

8. Nitrógeno total del agua depurada vertida al mar. El nitrógeno es un nutriente esencial para la vida porque forma parte de los aminoácidos, que constituyen las proteínas. El nitrógeno total es la suma de las formas de nitrógeno inorgánico —nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y amonio (NH_4^+)— y de nitrógeno orgánico.

9. Fósforo total del agua depurada vertida al mar. El fósforo es otro nutriente esencial para la vida.

LOCALIZACIÓN

¿POR QUÉ?

El vertido directo de las aguas residuales urbanas ha sido una de las principales fuentes de contaminación de las aguas y degradación de los ecosistemas. Asimismo, el vertido de aguas mal depuradas también puede ocasionar graves problemas de contaminación en la zona costera.

Los vertidos de aguas residuales depuradas al medio marino son una de las principales fuentes de nutrientes procedentes de tierra. El incremento de nutrientes y materia orgánica produce eutrofización, un proceso que favorece la proliferación de algas en la columna de agua, que aumentan su turbidez y disminuyen su transparencia. Estos cambios en la disponibilidad de luz pueden afectar la distribución de plantas y macroalgas marinas.

METODOLOGÍA

Se presenta una lista de todas las depuradoras de las Islas Baleares con los caudales depurados en los años 2015 y 2019, recogidos en diversos documentos elaborados por la Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental (ABAQUA) y en la documentación elaborada por la Direcció General de Recursos Hídrics para la redacción del Plan Hidrológico de las Islas Baleares.

El estudio se centra en el cumplimiento de los límites legales en la calidad del agua depurada de las EDAR gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten directamente al mar a través de emisarios entre los años 2016 y 2019. Los datos se han obtenido directamente de la entidad gestora de las diferentes depuradoras (ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000).

Se presentan los caudales totales depurados para 23 depuradoras de ABAQUA que vierten las aguas tratadas directamente al mar a través de emisarios submarinos. En el caso de las depuradoras gestionadas por EMAYA y Calvià 2000, se presentan los volúmenes de agua depurada, de agua reutilizada y la estima del volumen vertido al mar a través de emisarios submarinos.

Se ha comprobado si el caudal que reciben las depuradoras de estudio ha sido inferior al caudal de

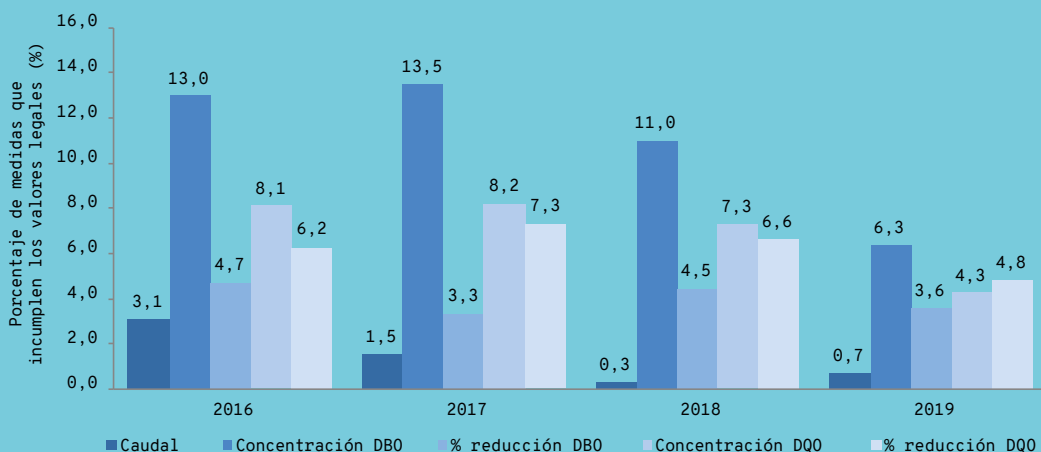
La eutrofización causada por vertidos de aguas ricas en nutrientes es un motor de los episodios de falta de oxígeno en el medio marino. Estos episodios pueden producir impactos muy graves en las comunidades marinas: hacer que los organismos móviles abandonen la zona, impactar gravemente las comunidades bentónicas que viven fijadas en el fondo marino y llegar a producir eventos de mortalidades masivas por falta de oxígeno.

La normativa europea y estatal establece límites en las concentraciones o porcentajes de reducción de los indicadores 5-9, con el fin de asegurar que las aguas depuradas vertidas al medio marino se encuentren en las mejores condiciones posibles para causar un impacto mínimo en las zonas donde vierten.

diseño de la EDAR para cada uno de los meses de los años comprendidos entre 2016 y 2019. Se han registrado todos los incumplimientos de caudal. Para considerar que una depuradora está infradimensionada se ha establecido un umbral de más de dos meses donde se supere su caudal de diseño.

Se han recopilado los parámetros de calidad del agua depurada (indicadores 5-9) y analizado por separado el cumplimiento de los requerimientos establecidos de no superación de la concentración máxima permitida y del porcentaje mínimo de reducción. Según la normativa estatal, se cumplen los requisitos de vertido si el agua depurada no supera las concentraciones máximas permitidas o si se consigue el porcentaje mínimo de reducción.

Se han registrado todos los incumplimientos de los parámetros DBO, DQO, SS, nitrógeno total y fósforo total tanto en referencia a la concentración máxima establecida por el RD 509/1996 como al porcentaje de reducción. Para considerar que una depuradora está incumpliendo alguno de los parámetros se ha establecido un umbral de más de 3 medidas donde se superen estos límites en el caso de tener más de 16 medidas, y de 2 en el caso de tener un número inferior a 16.

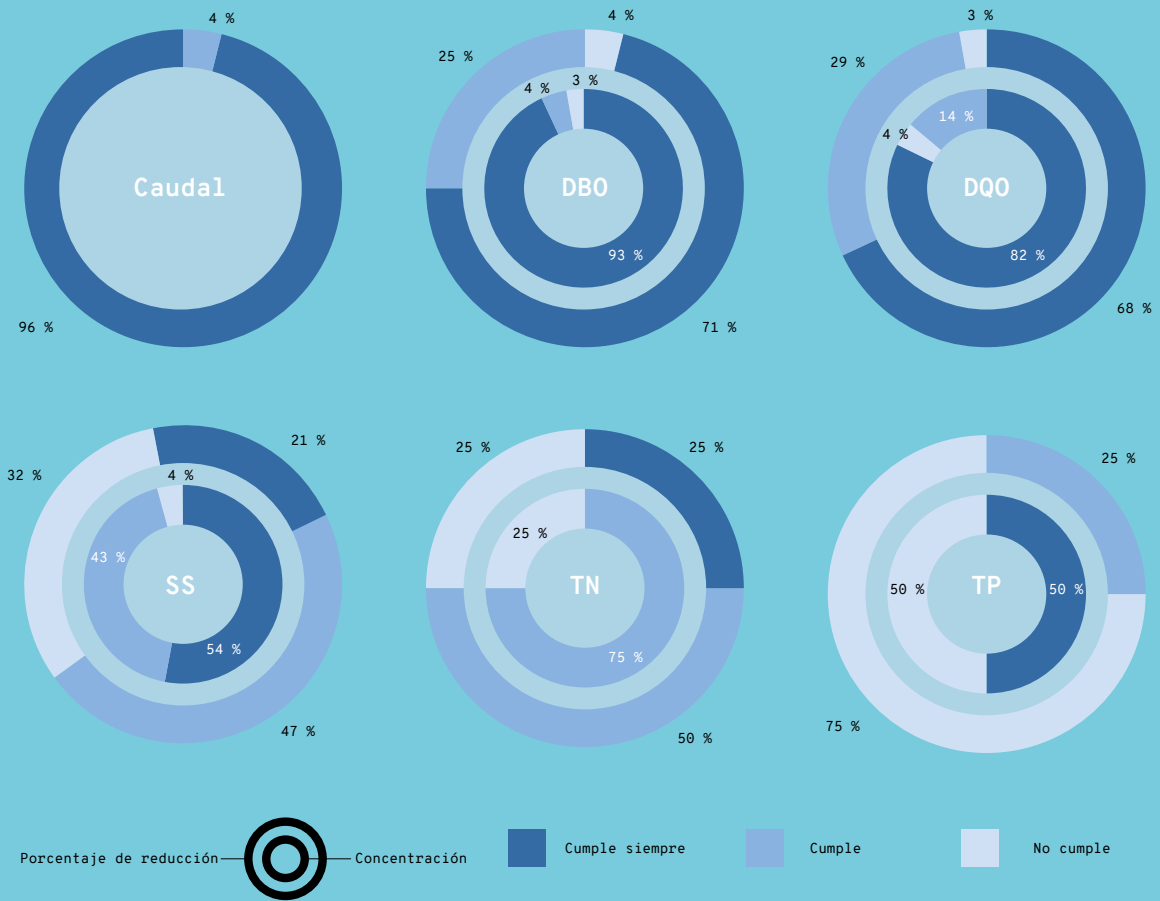


Porcentaje del número de incumplimientos de los valores legales para los parámetros demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y para el caudal, tanto para el umbral de concentración como para el porcentaje de reducción, de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

RESULTADOS

- En las Islas Baleares hay 143 depuradoras: 50 de gestión privada y 93 de gestión pública; de estas últimas, 79 están gestionadas por la Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental (ABAQUA), 13 por ayuntamientos y 1 —la de Cabrera— por el Consell de Mallorca.
- El volumen de agua residual que llega a las EDAR es muy variable a lo largo del año en todas las islas, con un fuerte pico estacional en los meses de verano, coincidiendo con la temporada alta turística. Esta estacionalidad es más marcada en la isla de Formentera, donde los meses de verano se triplica el caudal depurado durante la temporada baja.
- El caudal de las depuradoras gestionadas por ABAQUA que vierten al mar a través de emisarios ha aumentado entre los años 1998 y 2020 a un ritmo de 0,37 hm³/año ($R^2 = 0,71$, $p < 0,001$).
- El agua reutilizada en las EDAR de Palma osciló entre los 13,4 hm³ en 2014 (46 %) y los 16,6 hm³ en 2015 (55 %). En 2019 se reutilizaron 16,5 hm³, un 53 % del agua que llegó a las depuradoras de Palma.
- El agua reutilizada en las EDAR de Calvià osciló entre un 76,2 % en 2020 (3,5 hm³) y un 59,6 % en 2017 (4,1 hm³). En 2019 se reutilizó un 60,6 % del agua que llegó a las depuradoras de Calvià (4,3 hm³).
- De las estimas disponibles para el conjunto de las Baleares, 68,23 hm³/año podrían ser aptos para la reutilización (un 70,2 % del total). Un 32,6 % del agua depurada presenta salinidades demasiado elevadas para ser aptas para el riego. Por tanto, la cantidad de agua realmente susceptible de ser empleada para usos agrícolas se reduce a 36,58 hm³/año (el 37,7 %).
- La mayoría de depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten las aguas depuradas al mar no superan el caudal de diseño y no se puede considerar que estén infradimensionadas. Durante el período 2016-2019 solo la depuradora de Cala Ferrera incumplió este parámetro en los años 2016 y 2017. Globalmente hubo un incumplimiento del caudal de depuración del 1,6 % entre los años 2016 y 2019.
- A los incumplimientos de caudal habría que sumar los posibles vertidos de aguas sin depurar por puntas de caudal causados por episodios de lluvias intensas, en los casos donde las aguas pluviales no están separadas de las residuales.
- En el período 2016-2019 se ha registrado 5 veces un incumplimiento del parámetro demanda biológica de oxígeno (DBO): 4 en la EDAR de Ibiza (todos los años) y 1 en la EDAR de Andratx en 2018.
- En este período se ha incumplido el parámetro demanda química de oxígeno (DQO) un total de 9 veces: 4 en la EDAR de Ibiza, 3 en la de Camp de Mar (2016-2018) y 2 en la de Santa Eulària des Riu (2017-2018).
- La legislación estatal establece que el parámetro de sólidos en suspensión es de cumplimiento voluntario, por tanto, no se incurre en ilegalidad si se superan los límites recomendados. En el período 2016-2019 este parámetro se ha incumplido 19 veces: 4 en la EDAR de Ibiza (2016-2019); 3 en la de Camp de Mar (2016-2018) y en la de Andratx (2016-2018); 2 en la de Santa Eulària des Riu (2017-2018), la de Cala Ferrera (2017-2018) y Palma II (2016-2017); y 1 en la EDAR de Portocolom (2016), en la de Platja d'en Bossa (2016) y en la de Sa Calobra (2018).
- Hoy en día en las Baleares, de las EDAR gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000, las depuradoras de Peguera, Cala en Porter, Maó-Es Castell, Santa Ponça y Cala Ferrera vierten en zonas sensibles por eutrofización. Estas depuradoras tienen unos requerimientos para el vertido de nutrientes (15 mg N/l y 2 mg P/l). La EDAR de Cala Ferrera queda exenta de cumplirlos por tener una capacidad inferior a los 10.000 h.e.
- Las EDAR de Peguera, Santa Ponça, Cala en Porter y Maó-Es Castell han cumplido los requerimientos legales de reducción de nitrógeno todos los años de los que se dispone de datos.
- Las EDAR de Peguera y Santa Ponça cumplieron todos los años los límites de concentración de fósforo total permitidos para depuradoras que vierten en zonas sensibles con capacidad menor a los 100.00 h.e. Cala en Porter los cumplió en 2018. El resto de años, las depuradoras vertieron aguas enriquecidas en fósforo por encima de los valores legales.
- La EDAR de Ibiza incumple todos los parámetros legales (DBO, DQO) y recomendados (SS, nitrógeno y fósforo total). Requiere mejoras urgentes para verter aguas con una calidad aceptable.

Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR)



Porcentaje de cumplimiento anual del caudal máximo de diseño, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión (SS), nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar en el año 2019.



Fotografía aérea de la estación depuradora de aguas residuales de Can Picafort (Son Bosc).

Tabla 1. Parámetros, concentraciones máximas permitidas y porcentajes mínimos de reducción del agua residual depurada establecidos en la normativa estatal (RD 509/1996). *El cumplimiento del parámetro de sólidos en suspensión es voluntario según esta normativa.

Parámetro	Concentración máxima permitida	Porcentaje mínimo de reducción
Demanda biológica de oxígeno a 5 días (DBO ₅)	25 mg O ₂ /l	70-90 %
Demanda química de oxígeno (DQO)	125 mg O ₂ /l	75 %
Sólidos en suspensión (SS)*	35 mg/l	90 %

Tabla 2. Parámetros, concentraciones máximas permitidas y porcentajes mínimos de reducción del agua residual depurada que vierte en zonas sensibles por eutrofización según el número de habitantes equivalentes (h.e.) de la depuradora (siempre que se superen los 10.000 h.e.). +Los valores de concentración de N y P constituirán medias anuales de las muestras obtenidas durante este período.

Parámetro	Concentración	Porcentaje de reducción
P (10.000-100.000 h.e.)	2mg/l	80 %
P (> 100.000 h.e.)	1mg/l	80 %
N (10.000-100.000 h.e.)	15 mg/l	70-80 %
N (> 100.000 h.e.)	10 mg/l ⁺	70-80 %

La depuración de las aguas residuales consiste en la eliminación de la carga contaminante de las aguas residuales urbanas, que proviene de su uso en el ámbito doméstico, agrícola, turístico o industrial. Es el paso previo para poder devolverla al medio en condiciones óptimas y con los riesgos ambientales mínimos, o para destinarla a otros usos secundarios, como el riego de jardines y campos de golf, la limpieza de la vía pública o el uso industrial. En las Islas, el agua depurada sobrante, que no se puede reutilizar ni emplear para riego, se devuelve a los acuíferos mediante pozos de infiltración o se vierte directamente a torrentes, balsas de evaporación y al mar (a través de emisarios).

Las depuradoras más habituales son las que realizan un tratamiento biológico de las aguas residuales. Los procesos que se llevan a cabo se pueden separar en la línea de aguas y la línea de fangos.

En la línea de aguas, primero se realiza un pre-tratamiento conocido como sistema de cribado. A continuación, las aguas se someten al tratamiento primario, que consiste en la decantación primaria, donde se eliminan sólidos en suspensión.

El tratamiento secundario más común es el biológico o de fangos activos, donde se elimina una parte de la carga contaminante. En depuradoras que vierten en lugares sensibles es preciso un tratamiento adicional al secundario. Si el agua tiene que ser reutilizada y requiere una mejora de su calidad se precisa disponer de un tratamiento terciario.

Durante el proceso de depuración se generan lodos que se tratan en la línea de fangos, donde se someten a procesos de espesamiento, digestión y deshidratación.

Las depuradoras se construyen a partir de un caudal esperado de llegada de agua (caudal de entrada) y lo que se denomina «habitante equivalente» (h.e.). El habitante equivalente es una unidad de población

equivalente que corresponde a la carga contaminante media de las aguas residuales, establecida en 60 g de materia orgánica por habitante y día. El Real Decreto 509/1996 establece que el valor de habitante equivalente debe calcularse a partir del valor medio diario de la carga orgánica biodegradable correspondiente a la semana de máxima carga del año, sin tener en consideración situaciones producidas por episodios de lluvias intensas u otras circunstancias excepcionales.

Si se superan los caudales de entrada o la materia orgánica que recibe la EDAR, esta no puede funcionar correctamente y puede haber vertidos de aguas mal depuradas o sin depurar al medio. Por tanto, es importante que estos parámetros se mantengan por debajo de los niveles establecidos.

La calidad de las aguas depuradas que vierten al medio debe cumplir ciertos parámetros establecidos en el RD 509/1996 (Tabla 1). Si no se cumplen estos parámetros se incurriría en una ilegalidad. Los parámetros de obligado cumplimiento según este real decreto son la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Aunque el decreto establece unos límites recomendables de sólidos en suspensión (SS), solo son voluntarios.

Además, la normativa estatal establece la declaración de zonas sensibles donde se exige otro tipo de tratamientos en función de su naturaleza, siempre que la depuradora supere los 10.000 habitantes equivalentes (h.e.):

→ En zonas sensibles a la eutrofización se establecen límites de nutrientes: nitrógeno y fósforo (Tabla 2).

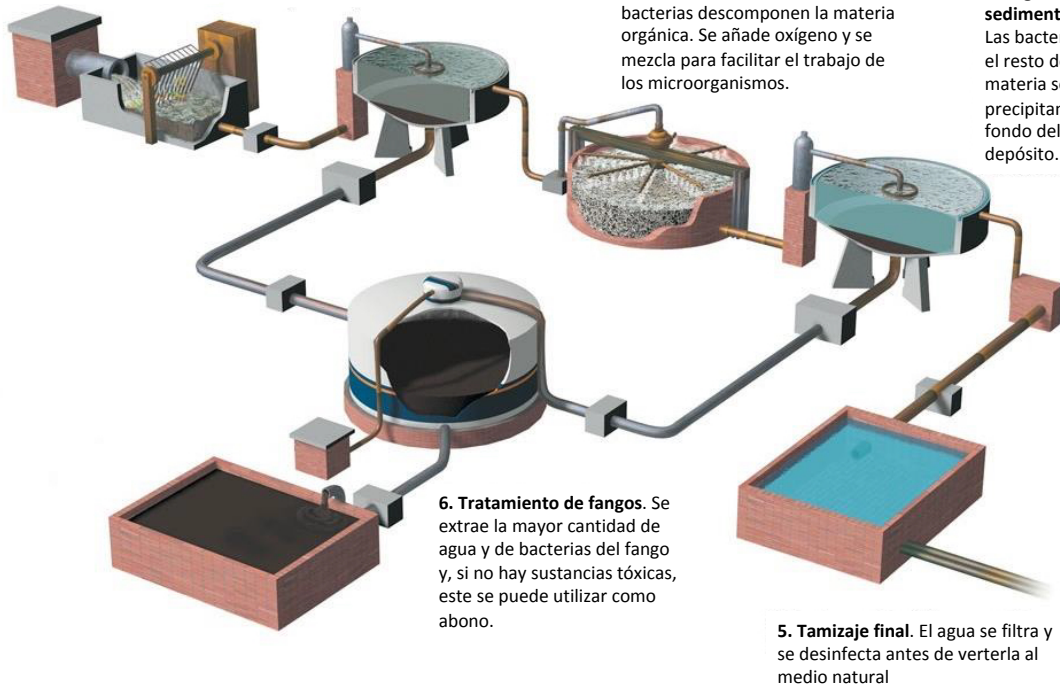
→ En otro tipo de zonas sensibles se exige un tratamiento adicional al secundario, como nitrificación-desnitrificación, fisicoquímico más digestor anaerobio, filtros de arena, ultrafiltración, desinfección, etc.

1. Cribado. Los residuos sólidos se separan haciendo pasar el agua por unos filtros.

2. Primera sedimentación. Los residuos sólidos se precipitan en el fondo y forman el barro y el lodo, que se separan del resto.

3. Tratamiento biológico. Las bacterias descomponen la materia orgánica. Se añade oxígeno y se mezcla para facilitar el trabajo de los microorganismos.

4. Segunda sedimentación. Las bacterias y el resto de materia sólida precipitan en el fondo del depósito.



6. Tratamiento de fangos. Se extrae la mayor cantidad de agua y de bacterias del fango y, si no hay sustancias tóxicas, este se puede utilizar como abono.

5. Tamizaje final. El agua se filtra y se desinfecta antes de verterla al medio natural

Figura 1. Esquema del funcionamiento de una Estación Depuradora de Agua Residual (EDAR). FUENTE: ABAQUA.¹¹

NORMATIVA

- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Directiva 200/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de diciembre de 2000, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del agua (Directiva marco del agua).
- Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina).
- Real Decreto ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Decreto 49/2003, de 9 de mayo, por el que se declaran las zonas sensibles en las Islas Baleares.
- Plan Hidrológico de las Islas Baleares.

METODOLOGÍA

Presentamos una lista de todas las depuradoras de las Islas Baleares con los caudales depurados en los años 2015 y 2019, recogidos en diversos documentos elaborados por la Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental (ABAQUA) y en la documentación elaborada por la Direcció General de Recursos Hídrics para la redacción del Plan Hidrológico de las Islas Baleares (Tabla 3).¹¹⁻¹³

Presentamos datos de las depuradoras gestionadas por ABAQUA que vierten directamente al mar a través de emisarios entre los años 2010 y 2019, de las depuradoras gestionadas por EMAYA entre los años 2014 y 2019 y de las gestionadas por Calvià 2000 entre los años 2015 y 2020. Los datos se han obtenido directamente de la entidad gestora de las diversas depuradoras (ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000) y del Portal de l'Aigua.¹⁴

La Tabla 4 muestra una lista de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar, de las que se presentan los resultados detallados de los indicadores 2-9 con su caudal de diseño, número de habitantes equivalentes y si vierten o no en una zona sensible.

1. Caudal de agua depurada

Es el volumen de agua residual que llega a las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) y que se trata para reducir su carga de contaminantes y poder ser reutilizada o devuelta al medio en las mejores condiciones posibles.

Se presentan datos de los caudales tratados por meses de todas las depuradoras de las Islas gestionadas por ABAQUA entre los años 2016 y 2019. Adicionalmente, se presentan datos de caudales anuales por islas de las depuradoras gestionadas por ABAQUA que vierten directamente al mar a través de emisarios submarinos entre los años 1998 y 2020. Los datos de 2020 son un avance y podrían sufrir modificaciones.

También se presentan los caudales tratados por las depuradoras gestionadas por EMAYA entre los años 2014 y 2019 y de las gestionadas por Calvià 2000 entre los años 2015 y 2020.

Los datos de los caudales tratados por depuradoras gestionadas por las diferentes entidades se presentan por separado por no disponer de datos de todas las entidades de los mismos años.

2. Caudal de agua tratada vertida al mar

Es el volumen de agua depurada que se vierte al mar. Se presentan los caudales totales depurados de 24 depuradoras de ABAQUA que vierten sus aguas tratadas directamente al mar a través de emisarios submarinos. El volumen total que llega al mar puede ser menor, porque en algunos casos el agua tratada se destina también a la reutilización. No se consideran las depuradoras que vierten aguas a torrentes que, en algunos casos —si lo hacen cerca de la desembocadura—, también podrían llegar al mar.

En el caso de las depuradoras gestionadas por EMAYA y Calvià 2000 se presentan los volúmenes de agua depurada, de agua reutilizada y la estima del volumen vertido al mar a través de emisarios submarinos.

3. Caudal de agua regenerada

Es el volumen de agua tratada que se reutiliza para diversos usos como son: riego urbano, de campos de golf y de cultivos, limpieza de calles, limpieza industrial de vehículos, sistemas contraincendios y usos industriales, entre otros.

Solo se dispone de datos anuales de caudal reutilizado de las depuradoras gestionadas por EMAYA y Calvià 2000. Para el resto de depuradoras hay una estima del año 2019 que se presenta en la Tabla 3. El volumen de agua realmente reutilizada puede ser mucho menor que la estima que se presenta en la Tabla 3, porque el agua tratada en ciertas depuradoras puede presentar una salinidad superior al umbral a partir del cual no se considera apta para el riego (con una conductividad superior a 3 mS/cm).

4. Indicador de la adecuación del caudal recibido al caudal de diseño

Este indicador evalúa el estado del dimensionamiento de las EDAR, comparando el caudal de agua residual municipal que llega a cada depuradora con su caudal de diseño.

Para elaborar este indicador se ha comprobado si el caudal que recibe cada una de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar ha sido inferior al caudal de diseño de la EDAR para cada uno de los meses de los años comprendidos entre 2016 y 2019.

Se han recopilado los datos de los volúmenes mensuales de todas las depuradoras de estudio (Tabla 4) y los volúmenes totales por isla y año.

Se han registrado todos los incumplimientos de caudal, es decir, cada vez que la EDAR ha recibido un caudal superior al caudal máximo de diseño. Para considerar que una depuradora está infradimensionada se ha establecido un umbral de más de dos meses en los que se supere su caudal de diseño.

5. Demanda biológica de oxígeno (DBO) del agua depurada vertida al mar

La demanda biológica de oxígeno (DBO), también denominada demanda bioquímica de oxígeno, mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por la comunidad biótica que contiene una muestra líquida. Se utiliza para determinar su grado de contaminación. Normalmente se mide transcurridos cinco días (DBO_5) y se expresa en miligramos de oxígeno por litro ($mg O_2/l$).

Se analizan por separado el cumplimiento de los requisitos establecidos de no superación de la concentración máxima permitida y del porcentaje mínimo de reducción (Tabla 1).

Según el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, se cumplen los requisitos de vertido si el agua depurada no supera las concentraciones máximas permitidas o si se consigue el porcentaje mínimo de reducción.

Para la DBO, los límites establecidos son de 25 $mg O_2/l$ o una reducción de entre el 70 % y el 90 % (Tabla 1).

Se han registrado todos los incumplimientos del parámetro demanda biológica de oxígeno (DBO), tanto en referencia a la concentración máxima establecida por el RD 509/1996 como para el porcentaje de reducción. Para considerar que una depuradora está incumpliendo los valores de DBO se ha establecido un umbral de más de 3 medidas donde se superen estos límites legales en el caso de tener más de 16 medidas, y de 2 medidas en el caso de tener un número inferior a 16.

6. Demanda química de oxígeno (DQO) del agua depurada vertida al mar

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de

ser oxidadas por procesos químicos. Se emplea para medir el grado de contaminación en referencia a la materia orgánica, aunque sufre interferencias con sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas. Se expresa en miligramos de oxígeno por litro ($\text{mg O}_2/\text{l}$).

El valor de DQO siempre es superior al de demanda biológica de oxígeno (DBO), debido a que usando este método también se oxidan sustancias no biodegradables. La relación entre los dos parámetros es indicativa de la calidad del agua.

El Real Decreto 509/1996 establece una concentración máxima de $125 \text{ mg O}_2/\text{l}$ para la demanda química de oxígeno (DQO) o un porcentaje mínimo de reducción del 75 % (Tabla 1).

Se han registrado todos los incumplimientos del parámetro DQO, tanto en referencia a la concentración máxima establecida por el RD 509/1996 como al porcentaje de reducción. Para considerar que una depuradora está incumpliendo los valores de DQO se ha establecido un umbral de más de 3 medidas en las que se superen estos límites legales en el caso de tener más de 16 medidas, y de 2 medidas en el caso de tener un número menor a 16.

7. Sólidos en suspensión en el agua depurada vertida al mar

Los sólidos en suspensión representan el conjunto de partículas sólidas de pequeñas dimensiones que se encuentran disueltas en un líquido. Es un parámetro analítico empleado para determinar la calidad del agua depurada y se expresa en miligramos por litro (mg/l).

El Real Decreto 509/1996 establece una concentración máxima de 35 mg/l para los sólidos en suspensión (SS) o un porcentaje mínimo de reducción del 90 % (Tabla 1), aunque especifica que el cumplimiento de los límites establecidos para este contaminante es voluntario.

Se han registrado todos los incumplimientos de parámetro SS, tanto en lo referente a la concentración máxima establecida por el RD 509/1996 como al porcentaje de reducción. Para considerar que una depuradora está incumpliendo los valores de SS se ha establecido un umbral de más de 3 medidas en que se superen estos límites en el caso de tener más de 16 medidas, y de 2 en el caso de tener un número inferior a 16.

8. Nitrógeno total en el agua depurada vertida al mar

El nitrógeno es un nutriente esencial para la vida porque forma parte de los aminoácidos, que constituyen las proteínas. El nitrógeno total es la suma de las formas de nitrógeno inorgánico —nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y amonio (NH_4^+)— y de nitrógeno orgánico.

La legislación estatal (RD 509/1996) establece límites legales de nutrientes —tanto de nitrógeno

total como de fósforo total— para emisarios que vierten en zonas sensibles por eutrofización de depuradoras con una capacidad superior a los 10.000 h.e. (Tabla 2).

Se ha recopilado la información sobre qué emisarios vierten en zonas sensibles por eutrofización y los datos de concentración de nutrientes en los caudales de salida de las depuradoras que requieren cumplir los umbrales de nutrientes, y se han registrado todos los incumplimientos.

9. Fósforo total en el agua depurada vertida al mar

Se han recopilado los datos de concentración de fósforo total en los caudales de salida de las depuradoras que requieren cumplir los umbrales de nutrientes y se han registrado todos sus incumplimientos.

RESULTADOS

En las Islas Baleares actualmente existen 143 depuradoras (Tabla 3).¹² De estas, 93 son públicas, 79 de las cuales están gestionadas por la Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental (ABAQUA): 56 en Mallorca, 12 en Menorca, 10 en Ibiza y 1 en Formentera; 13 están gestionadas por ayuntamientos, que la mayoría de veces subcontratan a otras empresas para su gestión; y 1 —la de Cabrera— está gestionada por el Consell de Mallorca (Tabla 3). Las 50 depuradoras restantes tienen una gestión privada: 11 en Mallorca, 20 en Menorca, 9 en Ibiza y 10 en Formentera (Tabla 3). Además, hay una depuradora anteriormente gestionada por ABAQUA que hoy se encuentra en desuso (Santa Gertrudis, Ibiza).

De las 143 EDAR en uso, 33 vierten al mar a través de emisarios submarinos, 45 a torrentes y 7 a pozos de infiltración. Muchas de ellas vierten en diversos lugares: emisario y riego, pozo de infiltración y riego, etc.

Este estudio se centrará en las EDAR que vierten directamente al mar a través de emisarios de las que se dispone de datos: 23 gestionadas por ABAQUA, 2 gestionadas por EMAYA y 3 gestionadas por Calvià 2000 (Tabla 2).

1. Caudal de agua depurada

El volumen de agua residual que llega a las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) es muy variable a lo largo del año en todas las islas, con un fuerte pico estacional en los meses de verano, coincidiendo con la temporada alta turística, tanto para las depuradoras gestionadas por ABAQUA como para las gestionadas por EMAYA y Calvià 2000 (Figs. 2-7). Esta estacionalidad es más marcada en la isla de Formentera, donde los meses de verano se triplica el caudal depurado durante la temporada baja (Figura 7).

Tabla 3. Lista de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) de las Islas Baleares, gestor responsable, población para la que se diseñó (en habitantes equivalentes [h.e.]), caudal para el que se diseñó (hm³/año), caudal depurado en los años 2015 y 2019 (hm³/año), tipo de tratamiento, volumen de agua reutilizable y lugar de vertido. FUENTE: Plan Hidrológico de las Islas Baleares 2018, ABAQUA.¹¹⁻¹³

Isla	EDAR	Gestor	Población de diseño (h. e.)	Caudal de diseño (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2015 (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2019 (hm ³ /año)	Tratamiento	Vol. reutilizable (m ³)	Lugar de vertido	Cloruros en salida de efluente > 250 mg/L
Mallorca	Alaró	ABAQUA	9.000	0,44	0,25	0,26	Secundario	248.058	Torrente y riego	No
	Alcúdia-Port d'Alcúdia	Municipal			5,48		Secundario		Riego y emisario	Sí
	Algaída-Montuiri	ABAQUA	7.000	0,44	0,24	0,29	Terciario	243.063	Riego, depósito y torrente	Sí
	Andratx-Port d'Andratx	ABAQUA	35.000	1,83	0,63	0,94	Terciario	631.562	Riego y emisario	Sí
	Artà	ABAQUA	9.166	0,83	0,54	0,54	Terciario	541.765	Balsa y torrente	Sí
	Banyalbufar	ABAQUA	1.000	0,07	0,02	0,02	Secundario		Torrente	Sí
	Bendinat	Municipal			0,77		Terciario	769.365	Riego y emisario	Sin datos
	Binissalem	ABAQUA	14.667	0,80	0,31	0,39	Secundario		Balsa y terreno	No
	Cala d'Or	ABAQUA	57.750	3,83	1,18	1,25	Terciario	1.180.787	Emisario	Sí
	Cala Ferrera	ABAQUA	8.750	0,55	0,44	0,31	Terciario	439.112	Emisario	Sí
	Cala Rajada-Capdepera	ABAQUA			1,44		Terciario	1.437.710	Riego, balsa y emisario	Sí
	Cales de Mallorca	ABAQUA	22.917	2,01	0,44	0,46	Secundario		Emisario	Sí
	Cales de Manacor	ABAQUA	16.000	1,46	0,38	0,65	Secundario		Pozo de infiltración	Sí
	Calvià	Municipal			0,15		Secundario		Riego y torrente	No
	Camp de Mar	ABAQUA	8.000	0,44	0,15	-	Secundario + lagunaje		Riego y emisario	Sin datos
	Campanet-Búger	ABAQUA	3.083	0,18	0,21	0,28	Secundario		Torrente	No
	Camping Club Platja Blava (Can Picafort)	Privado					Terciario			
	Campos	ABAQUA	7.000	0,44	0,29	0,42	Secundario		Torrente	Sí
	Canyamel	ABAQUA	13.125	0,82	0,14	0,23	Secundario	137.100	Riego y emisario	Sí
	Cas Concos	ABAQUA	52.500	3,65	0,02	1,56	Biodisco (secundario)		Torrente	Sí
	Club Pollentia	Privado	700	0,05		0,02	Terciario			
	Club Resort Viva Cala Mesquida	Privado					Secundario			
	Colònia de Sant Jordi	ABAQUA	21.000	1,64	0,43	0,54	Secundario + N	432.086	Riego	Sí
	Colònia de Sant Pere	ABAQUA	2.167	0,18	0,09	0,09	Secundario		Pozo de infiltración	Sí
	Consell	ABAQUA	2.652	0,16	0,23	0,21	Terciario	226.971	Riego, balsa y torrente	No
	Costitx	ABAQUA	1.167	0,07	0,02	0,03	Secundario		Torrente	Sí
	Deià	ABAQUA	3.100	0,17	0,09	0,11	Biodisco (secundario)		Pozo de infiltración	Sí
	Envasadora Binifaldó (Lluc)	Privado					Secundario			
	Envasadora Font Major (Lluc)	Privado					Secundario			
	Envasadora Font Roques Blanques (Cas Concos)	Privado					Secundario			
	Envasadora Font Sorda (Lloseta)	Privado					Secundario			
	Estellencs	ABAQUA	790	0,06	0,02	0,02	Secundario		Torrente	Sí
	Felanitx	ABAQUA	17.083	0,91	1,01	1,12	Secundario + N + P		Balsa y terreno	No
Font de sa Cala	ABAQUA	8.750	0,55	0,13	0,16	Terciario	127.158	Riego y emisario	Sí	
Formentor	ABAQUA	2.475	0,12	0,03	0,03	Secundario		Riego y aljibe contra incendios	Sí	
Hospital Joan March (Bunyola)	Privado					Terciario				
Inca	ABAQUA	25.725	1,61	2,39	2,46	Secundario	2.391.228	Riego, balsa y torrente	Sí	

Isla	EDAR	Gestor	Población de diseño (h. e.)	Caudal de diseño (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2015 (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2019 (hm ³ /año)	Tratamiento	Vol. reutilizable (m ³)	Lugar de vertido	Cloruros en salida de efluente > 250 mg/L
Mallorca	Lavanderías Diana (Consell)	Privado								
	Lloret de Vistalegre	ABAQUA	1.400	0,09	0,05	0,06	Secundario		Torrente	No
	Lloseta	ABAQUA	7.605	0,47	0,27	0,27	Terciario	268.984	Torrente	No
	Llubí	ABAQUA	3.646	0,23	0,09	0,10	Secundario + lagunaje		Torrente	Sí
	Lluc	ABAQUA	875	0,05	0,04	0,03	Biodisco (secundario)		Torrente	No
	Llucmajor-S'Arenal	ABAQUA	79.500	5,80	2,02	2,00	Terciario	2.021.915	Riego y emisario	Sí
	Manacor	Municipal			1,72		Secundario		Torrente**	Sin datos
	Mancor de la Vall	ABAQUA	1.400	0,09	0,06	0,05	Secundario		Torrente	No
	Muro	ABAQUA	9.375	0,68	0,38	0,35	Terciario	376.900	Torrente	Sí
	Palma I (Sant Jordi)	Municipal (EMAYA)	460.000	16,79	14,86	16,75	Terciario	14.860.791	Riego, balsa y emisario	Sin datos
	Palma II (Es Coll d'en Rabassa)	Municipal (EMAYA)	360.000	23,72	18,78	16,66	Terciario	18.775.465	Riego, balsa y emisario	Sin datos
	Peguera	Municipal	27300	2,20	1,05		Terciario	1.049.027	Balsa y emisario	Sin datos
	Platja de Muro-Santa Margalida	ABAQUA	62.115	4,56	2,02	2,91	Secundario + lagunaje		Pozo de infiltración	Sí
	Pollença-Port de Pollença	ABAQUA	99.000	6,02	2,64	2,61	Terciario	2.638.848	Riego y torrente	Sí
	Porreres	ABAQUA	4.813	0,30	0,27	0,19	Terciario	266.611	Torrente	Sí
	Portocolom	ABAQUA	10.000	0,73	0,31	0,30	Secundario		Riego y emisario	Sí
	Porto Cristo	Municipal			0,62		Terciario	621.177	Pozo de infiltración	Sí
	Puigpunyent	ABAQUA	1.547	0,85	0,08	0,08	Secundario		Torrente	Sí
	Randa	ABAQUA	938	0,05	0,01	0,01	Biodisco (secundario)		Torrente	Sí
	Sa Calobra	ABAQUA	1.963	0,06	0,01	0,01	Biodisco (secundario)		Emisario	Sí
	Sa Pobla	ABAQUA	15.000	0,73	0,78	0,77	Secundario		Torrente	Sí
	Sa Ràpita-S'Estanyol	ABAQUA	8.750	0,64	0,10	0,13	Terciario	104.994	Laguna y riego	Sí
	San Llorenç-Sa Coma-S'illot	Municipal			2,35		Terciario	2.352.137	Riego y emisario	Sí
	Sant Elm	ABAQUA	5.833	0,37	0,05	0,05	Secundario + N		Torrente	Sí
	Sant Joan	ABAQUA	2.500	0,18	0,13	0,18	Secundario		Torrente	Sí
	Santa Eugènia	ABAQUA	1.313	0,08	0,08	0,10	Secundario		Torrente	Sí
	Santa Margalida	ABAQUA	6.417	0,40	0,29	0,34	Secundario		Torrente	No
	Santa Maria	ABAQUA	5.833	0,37	0,24	0,24	Terciario	239.253	Riego, balsa y torrente	No
	Santa Ponça	Municipal			4,74		Secundario		Riego y emisario	Sin datos
	Santanyi	ABAQUA	17.500	1,10	0,21	0,23	Terciario	211.245	Pozo de infiltración	Sí
	Selva-Caimari	ABAQUA	3.500	0,22	0,16	0,16	Secundario		Torrente	No
	Ses Salines	ABAQUA	2.188	0,14	0,07	0,07	Secundario		Torrente	Sí
	Sineu-Petra-Maria-Ariany	ABAQUA	11.667	0,73	0,46	0,52	Secundario	456.692	Riego, balsa y torrente	Sí
	Sóller-Port de Sóller-Fornalutx	ABAQUA	29.700	1,97	1,21	1,06	Terciario	1.212.259	Emisario	Sí
Son Serra de Marina	ABAQUA	4.667	0,29	0,06	0,06	Terciario	58.936	Pozo de infiltración	Sí	
Son Servera-Cala Millor	ABAQUA	67.500	3,29	1,60	1,67	Secundario	1.595.250	Riego, balsa y emisario	Sí	
Sun Club El Dorado (Llucmajor)	Privado									
Urbanización Son Gual	Privado									
Valldemossa	ABAQUA	4.840	0,24	0,12	0,12	Secundario		Riego y torrente	No	
Vilafranca	ABAQUA	3.500	0,22	0,21	0,26	Secundario + lagunaje	205510	Riego, depósito y torrente	Sí	
TOTAL					75,62	50,79		56.121.959		

Islla	EDAR	Gestor	Población de diseño (h. e.)	Caudal de diseño (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2015 (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2019 (hm ³ /año)	Tratamiento	Vol. reutilizable (m ³)	Lugar de vertido	Cloruros en salida de efluente > 250 mg/L
Menorca	Aeropuerto de Menorca	Privado								
	Alaior	ABAQUA	18.154	0,91	0,40	0,41	Secundario		Torrente	Sí
	Apartamentos Lord Nelson	Privado								
	Apartamentos Los Sauces	Privado								
	Apartamentos Mestral-Llebeig	Privado								
	Apartamentos Pinimar	Privado								
	Apartamentos Port d'Addaia	Privado								
	Binidali	ABAQUA	-				Secundario + N + P		En proyecto	
	Cala Galdana	ABAQUA	8.750	0,55	0,29	0,32	Secundario + N + P		Torrente	Sí
	Cala en Porter	ABAQUA	15.000	0,82	0,10	0,11	Secundario		Emisario	Sí
	Camping S'Atalaia	Privado								
	Camping Son Bou	Privado								
	Ciudadella Nord	ABAQUA	19.052	1,28	0,29	0,30	Secundario		Pozo de infiltración	Sí
	Ciudadella Sud	ABAQUA	87.500	5,48	3,48	4,36	Secundario + N + P	3.476.429	Balsa y emisario	Sí
	Club Hotel Agua marina	Privado								
	Cuartel San Isidro	Privado								
	Es Mercadal	ABAQUA	8.500	0,62	0,44	0,40	Secundario + lagunaje	443.371	Riego, balsa y torrente	Sí
	Es Migjorn Gran	ABAQUA	8.021	0,50	0,19	0,19	Secundario + N + P		Torrente	Sí
	Ferrerries	ABAQUA	7.300	0,44	0,34	0,39	Secundario + lagunaje		Torrente	Sí
	Hotel Castell Playa-Arenal d'en Castell	Privado			0,09		Secundario		Pozo de infiltración y riego	
	Maó-Es Castell	ABAQUA	65.625	4,11	1,46	1,61	Secundario + N + P		Emisario	Sí
	Sant Climent	ABAQUA	1.600	0,09	0,03	0,03	Secundario + N + P		Pozo de infiltración	Sí
	Sant Lluís	ABAQUA	15000	1,10	0,46	0,53	Terciario	458.620	Riego y servicio hoteles	Sí
	Urbanización Cala Morell	Privado								
	Urbanización Castellosa	Privado								
	Urbanización Coves Noves	Privado			0,00		Terciario	3.600	Riego	
	Urbanización Es Canutells	Privado								
	Urbanización San Jaime Mediterráneo	Privado								
	Urbanización Ses Tanques	Privado								
	Urbanización Son Bou	Privado			0,16		Secundario		Riego y torrente	
Urbanización Son Parc	Privado			0,14		Terciario	140.220	Riego y torrente		
Urbanización Torre Soil Nou	Privado									
TOTAL					7,89	8,65		4.522.240		

Isla	EDAR	Gestor	Población de diseño (h.e.)	Caudal de diseño (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2015 (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2019 (hm ³ /año)	Tratamiento	Vol. reutilizable (m ³)	Lugar de vertido	Cloruros en salida de efluente > 250 mg/L
Ibiza	Aeropuerto de Ibiza	Privado								
	Apartamentos Cala Blanca y Cala Verde	Privado	41.799	2,15		1,20				
	Apartamentos Miramar	Privado								
	Apartamentos Port Cala Vadella	Privado								
	Cala Llonga	ABAQUA	10.208	0,06	0,21	0,19	Secundario		Riego y torrente	Sí
	Cala Tarida	ABAQUA	14.070	1,28		0,01	Secundario		Riego y emisario	Sí
	Cala Sant Vicenç	ABAQUA	3.500	0,27	0,04	0,04	Secundario + lagunaje		Pozo de infiltración	No
	Platja d'en Bossa	ABAQUA			1,52		Terciario	1.515.146	Emisario	Sí
	Club Aquarium	Privado								
	Club Calimera Delfin Playa	Privado								
	Club Hotel Tarida Beach	Privado								
	Club Paradise Aqualandia	Privado								
	Ibiza	ABAQUA	93.333	7,30	5,44	5,64	Secundario		Emisario	Sí
	Port de Sant Miquel	ABAQUA	4.375	0,03	0,10	0,08	Secundario		Pozo de infiltración	Sí
	Portinatx	Municipal			0,10		Secundario		Emisario	Sin datos
	Roca Llisa (Golf de Ibiza)	Privado								
	Sant Antoni	ABAQUA	78.167	5,11	2,82	3,08	Terciario	2.820.661	Emisario	Sí
	Sant Joan de Labritja	ABAQUA	365	0,02	0,01	0,03	Secundario		Torrente	No
	Sant Josep	ABAQUA	1.380	0,13	0,06	0,06	Biodisco (secundario)		Torrente	Sí
	Sant Miquel	Municipal								
	Santa Eulària des Riu	ABAQUA	58.333	5,11	2,73	2,21	Secundario	2.729.883	Balsa y emisario	Sí
Santa Gertrudis	En desuso			0,04		Secundario		Torrente		
Urbanización Cala Vedella	Municipal								Sin datos	
TOTAL					13,07	12,56		7.065.690		

Isla	EDAR	Gestor	Población de diseño (h. e.)	Caudal de diseño (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2015 (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2019 (hm ³ /año)	Tratamiento	Vol. reutilizable (m ³)	Lugar de vertido	Cloruros en salida de efluente > 250 mg/L
Formentera	Apartamentos Els Arenals	Privado								
	Apartamentos Barba Roja (Ca Mari)	Privado			0,01		Secundario		Riego	
	Apartamentos es Caló	Privado								
	Club Formentera Playa	Privado			0,01		Secundario		Riego	
	Club Maryland	Privado			0,01		Secundario		Emisario	
	Formentera	ABAQUA	30.260	1,30	0,52	0,57	Secundario	517.591	Balsa y emisario	Sí
	Hostal Maysi	Privado								
	Hostal Santi	Privado								
	Hotel Cala Saona	Privado			0,00		Secundario		Riego	
	Hotel Club La Mola	Privado			0,02		Secundario		Emisario	
	Hotel Club Punta Prima	Privado								
TOTAL					0,56			517.591		
Cabrera	Cabrera	CMA			0,00		Secundario		Emisario	
Suma Balears					97,15			68.227.480		

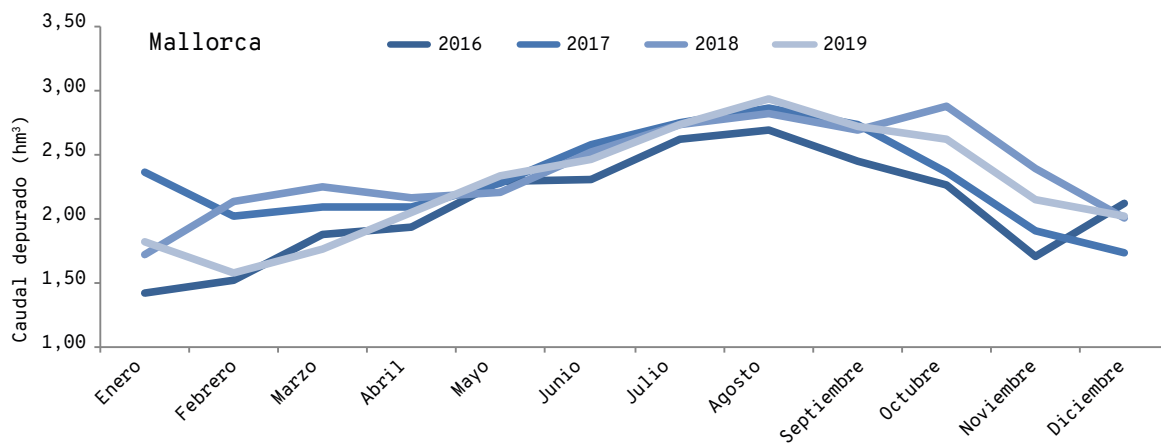


Figura 2. Caudal mensual depurado por las EDAR gestionadas por ABAQUA en la isla de Mallorca en hectómetros cúbicos (hm³) entre 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA.¹¹

Tabla 4. Lista de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) de las Islas Baleares que vierten al mar a través de emisario, gestor responsable, población para la que se diseñó (en habitantes equivalentes [h.e.]), caudal para el que se diseñó (hm³/año), caudal depurado en el año 2019 (hm³/año) y si vierte en una zona sensible (sensible por eutrofización o requiere tratamiento adicional al secundario [TAS]). *Datos del año 2018. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.¹¹⁻¹³

EDAR	Gestor	Población de diseño (h.e.)	Caudal de diseño (hm ³ /año)	Caudal depurado en 2019 (hm ³ /año)	Vierte en zona sensible
Andratx	ABAQUA	35.000	1,83	0,94	No
Cala d'Or	ABAQUA	57.750	3,83	1,25	No
Cala Ferrera	ABAQUA	8.750	0,55	0,31	Eutrofización y requiere TAS
Cales de Mallorca	ABAQUA	22.917	2,01	0,46	No
Camp de Mar	ABAQUA	8.000	0,44	-	Requiere TAS
Canyamel	ABAQUA	13.125	0,82	0,23	Requiere TAS
Capdepera	ABAQUA	52.500	3,65	1,56	No
Font de sa Cala	ABAQUA	8.750	0,55	0,16	No
Llucmajor	ABAQUA	79.500	5,80	2,00	Requiere TAS
Portocolom	ABAQUA	10.000	0,73	0,30	No
Sa Calobra	ABAQUA	1.963	0,06	0,01	Requiere TAS
Sant Elm	ABAQUA	5.833	0,37	0,05	No
Sóller	ABAQUA	29.700	1,97	1,06	No
Son Servera	ABAQUA	67.500	3,29	1,67	Requiere TAS
Palma I	EMAYA	460.000	16,79	16,75	Requiere TAS
Palma II	EMAYA	360.000	23,72	16,66	Requiere TAS
Santa Ponça	Calvià 2000	118.000	11,16	5,22*	Eutrofización y requiere TAS
Peguera	Calvià 2000	27.300	2,20	1,06*	Eutrofización y requiere TAS
Bendinat	Calvià 2000	20.000	1,80	0,78*	Requiere TAS
Cala en Porter	ABAQUA	15.000	0,82	0,11	Eutrofización y requiere TAS
Ciutadella Sud	ABAQUA	87.500	5,48	4,36	No
Maó-Es Castell	ABAQUA	65.625	4,11	1,61	Eutrofización
Cala Tarida	ABAQUA	14.070	1,28	0,14	No
Eivissa	ABAQUA	93.333	7,30	5,64	No
Can Bossa	ABAQUA	41.799	2,15	1,20	No
Sant Antoni	ABAQUA	78.167	5,11	3,08	No
Santa Eulària des Riu	ABAQUA	58.333	5,11	2,21	Requiere TAS
Formentera	ABAQUA	30.260	1,30	0,57	Requiere TAS

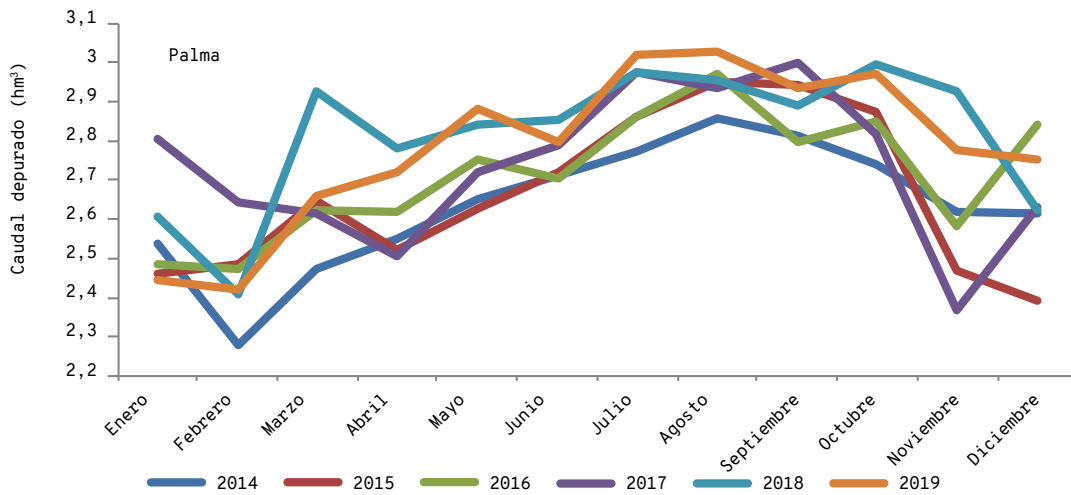


Figura 3. Caudal de entrada en las depuradoras gestionadas por EMAYA por meses entre los años 2014 y 2019. FUENTE: EMAYA

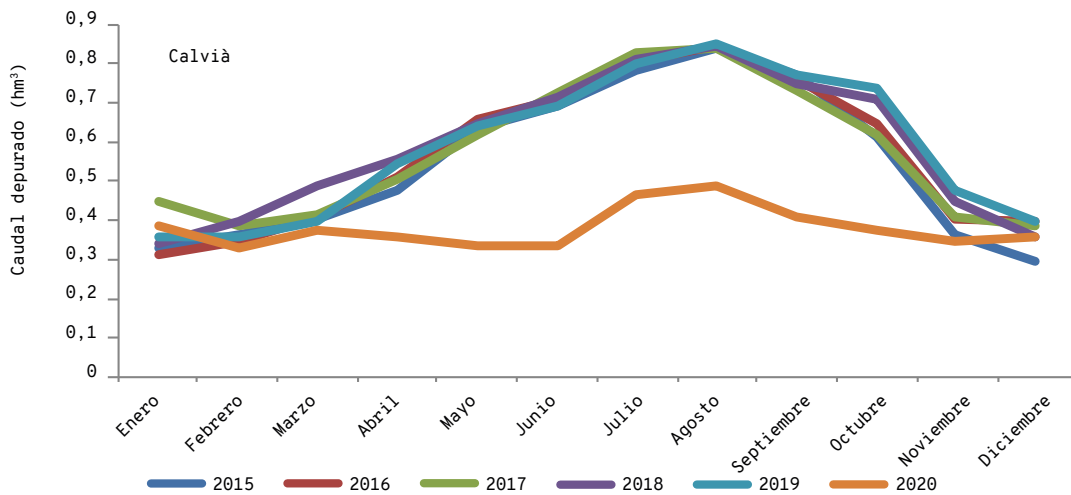


Figura 4. Caudal de entrada en las depuradoras gestionadas por Calvià 2000 por meses entre los años 2015 y 2020. FUENTE: Calvià 2000.

Tabla 5. Caudales mensuales medios, mínimos y máximos de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 entre los años 2016 y 2019 por islas y entidad gestora. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

Isla	Entidad gestora	Caudal de diseño (hm³/mes)	Caudal mensual medio (hm³/mes)	Error estándar (hm³/mes)	Caudal mensual mínimo (hm³/mes)	Caudal mensual máximo (hm³/mes)
Mallorca	ABAQUA	4,46	2,27	0,06	1,42	2,94
Mallorca	EMAYA	3,38	2,76	0,03	2,37	3,03
Mallorca	Calvià 2000	1,26	0,57	0,02	0,30	0,85
Menorca	ABAQUA	1,32	0,68	0,02	0,29	1,16
Ibiza	ABAQUA	1,86	1,11	0,04	0,67	1,63
Formentera	ABAQUA	0,11	0,05	0,00	0,02	0,09

El caudal mensual depurado en las EDAR de la isla de Mallorca gestionadas por ABAQUA entre los años 2016 y 2019 ha variado entre 1,42 hm³/mes en enero de 2016 y 2,94 hm³/mes en agosto de 2019 (Figura 2, Tabla 3). El caudal de diseño de estas depuradoras es de 4,46 hm³/mes. Ningún mes se supera este caudal de diseño.

Para los mismos años, el caudal mensual depurado en las EDAR gestionadas por EMAYA, que depuran las aguas residuales de Palma, ha variado entre 2,37 hm³ en el mes de noviembre de 2017 y 3,03 hm³ en agosto de 2019 (Figura 3, Tabla 3). Es decir, que las depuradoras gestionadas por EMAYA

reciben un caudal mayor que el de todas las depuradoras de Mallorca gestionadas por ABAQUA.

El caudal mensual de las depuradoras gestionadas por Calvià 2000 que vierten al mar —Santa Ponça, Peguera y Bendinat— entre los años 2016 y 2020 osciló entre 0,30 hm³ en diciembre de 2015 y 0,85 hm³ en agosto de 2019 (Figura 4, Tabla 3).

En la isla de Menorca el caudal mensual máximo depurado entre los años 2016 y 2019 fue de 1,16 hm³ durante el mes de agosto de 2019, y el mínimo fue de 0,29 hm³ en el mes de febrero de 2018 (Figura 5, Tabla 3).

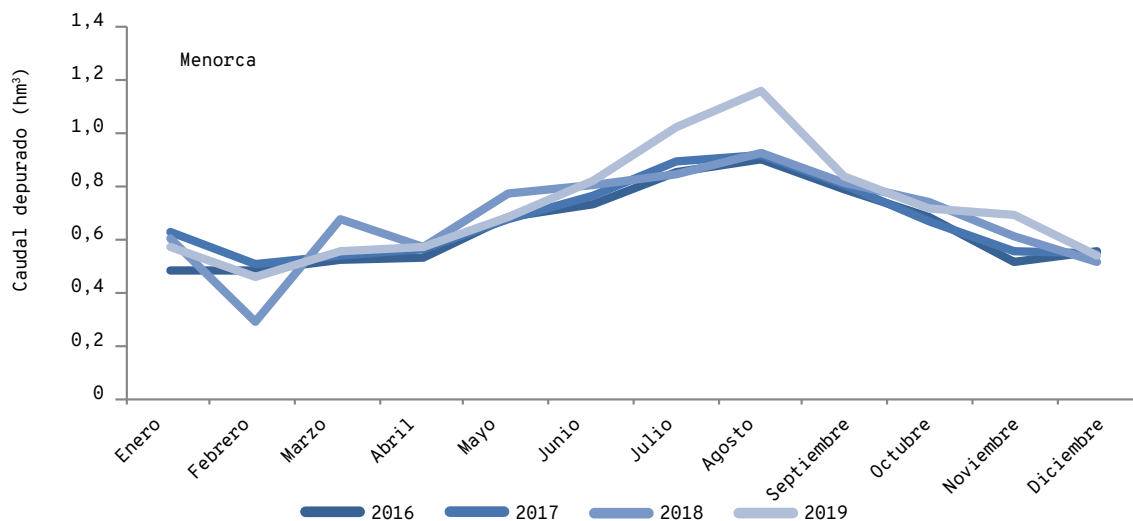


Figura 5. Caudal mensual depurado por las EDAR gestionadas por ABAQUA en la isla de Menorca en hectómetros cúbicos (hm³) entre 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA.¹¹

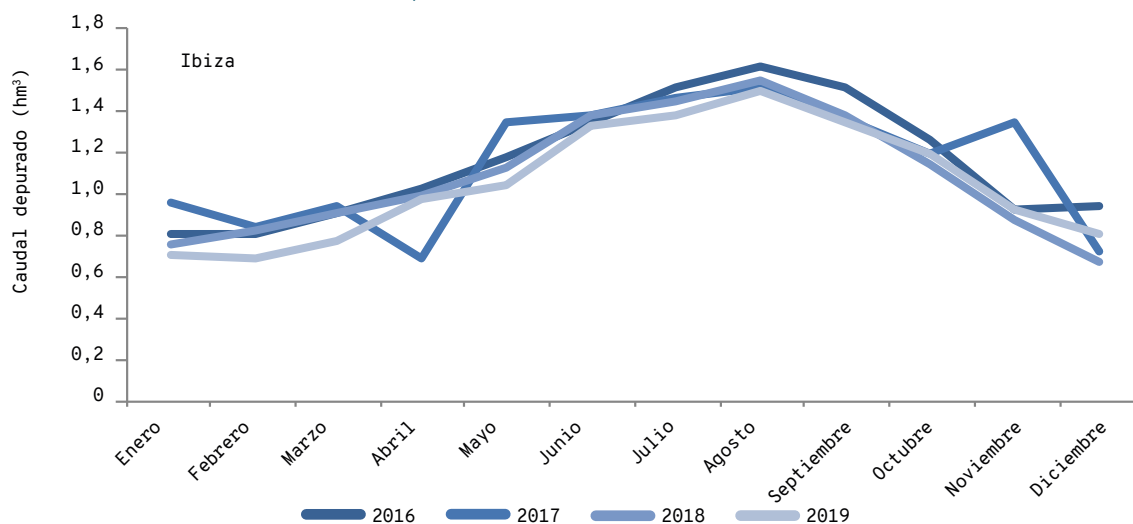


Figura 6. Caudal mensual depurado por las EDAR gestionadas por ABAQUA en la isla de Ibiza en hectómetros cúbicos (hm³) entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA.¹¹

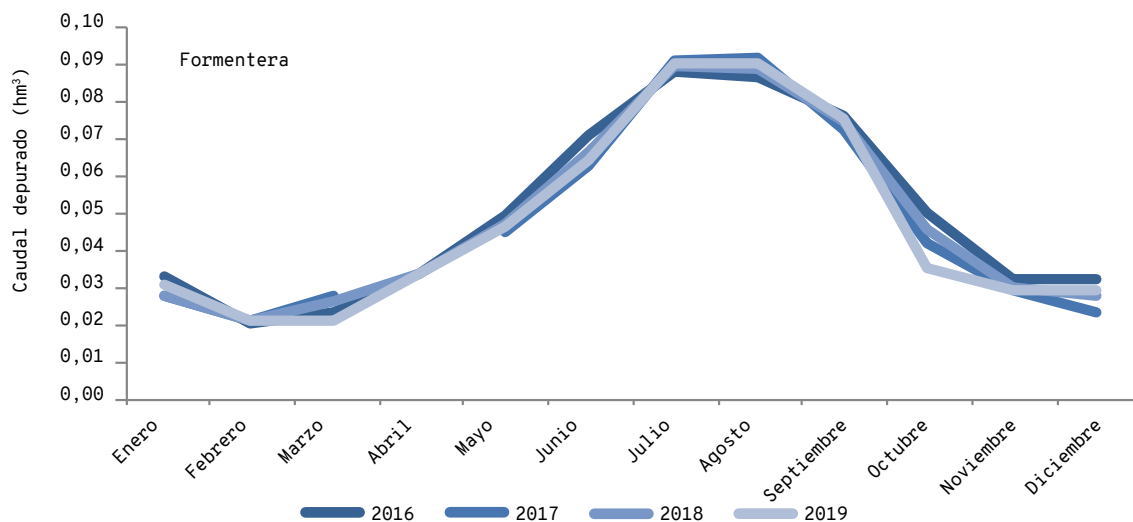


Figura 7. Caudal mensual depurado por las EDAR gestionadas por ABAQUA en la isla de Formentera en hectómetros cúbicos (hm³) entre 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA.¹¹

En la isla de Ibiza, el caudal mensual varió entre 0,67 y 1,63 hm³/mes, valores medidos en diciembre de 2018 y agosto de 2016, respectivamente (Figura 6, Tabla 3).

En las depuradoras gestionadas por ABAQUA que vierten al mar a través de emisarios submarinos se aprecia que los caudales depurados por estas EDAR han ido aumentando a lo largo del tiempo

a un ritmo de incremento de 0,37 hm³/año ($R^2 = 0,71$, $p < 0,001$) entre 1998 y 2020. En 2020 se ha reducido el caudal de llegada a las depuradoras, probablemente a causa de la reducción drástica del número de turistas que han visitado las Islas como consecuencia de la crisis social y sanitaria producida por la COVID-19. También cabe tener en cuenta que los datos del año 2020 son un avance y pueden sufrir modificaciones.

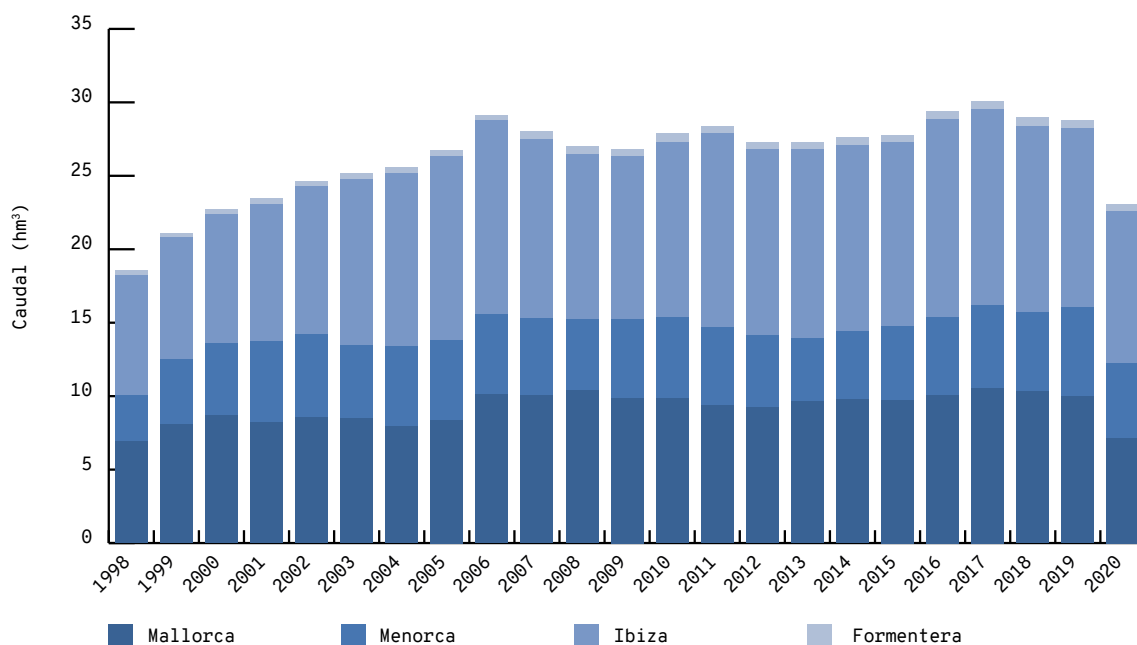


Figura 8. Caudal anual depurado en las EDAR gestionadas por ABAQUA que vierten las aguas depuradas al mar a través de emisarios submarinos en hectómetros cúbicos (hm³) por islas entre los años 1998 y 2020. FUENTE: ABAQUA.

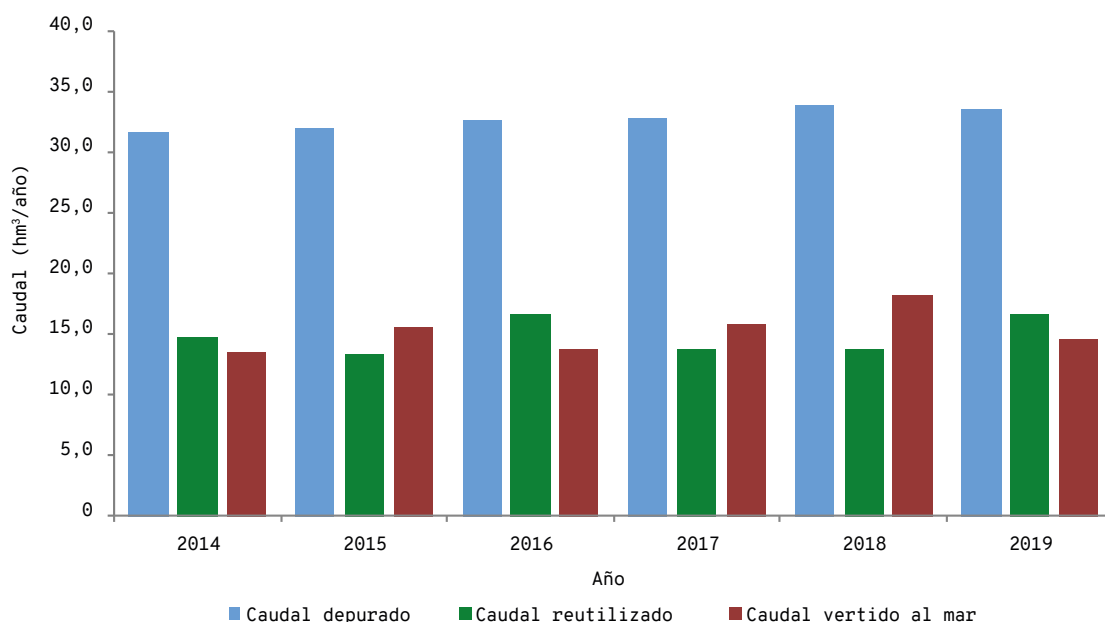


Figura 9. Caudal anual depurado (azul), reutilizado (verde) y vertido al mar a través de emisario (rojo) de las dos Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) gestionadas por EMAYA entre los años 2014 y 2019 en hectómetros cúbicos por año (hm³/año). FUENTE: EMAYA.

2. Caudal de agua tratada vertida al mar

Solo se dispone de datos de caudales estimados vertidos al mar a través de emisario de las estaciones depuradoras de aguas residuales gestionadas por EMAYA y por Calvià 2000 (figuras 9-12).

El caudal anual vertido al mar a través del emisario de las EDAR gestionadas por EMAYA varió entre los 13,5 hm³ en el año 2014 y los 18,2 hm³ en 2018 (Figura 9). Ello supone que entre un 44 % y un 57 % del agua depurada se vertió al mar. El agua que se vierte al mar a través del emisario submarino proviene de las dos EDAR gestionadas por EMAYA (Palma I y Palma II), vertido por una misma tubería. El tipo de tratamiento que reciben es adicional al secundario, tal como marca la normativa, ya que la bahía de Palma

se encuentra en una zona sensible donde las aguas que se vierten en ella requieren este tratamiento.

El caudal anual vertido al mar a través de emisario de las depuradoras gestionadas por Calvià 2000 varió entre 1,1 hm³ en el año 2020 y 2,9 hm³ en 2018 (Figura 11). Ello supone que entre un 23,8 % y un 40,5 % del agua depurada se vertió al mar.

En los meses de verano, cuando se recibe un caudal de agua residual mayor, las EDAR de Palma y Calvià vierten un caudal de agua depurada menor al medio marino (figuras 10 y 12); ello se debe a que durante estos meses hay mayor demanda de agua regenerada por parte de la comunidad de agricultores y regantes, y aumenta el porcentaje de agua reutilizada en detrimento del volumen que se vierte al mar.

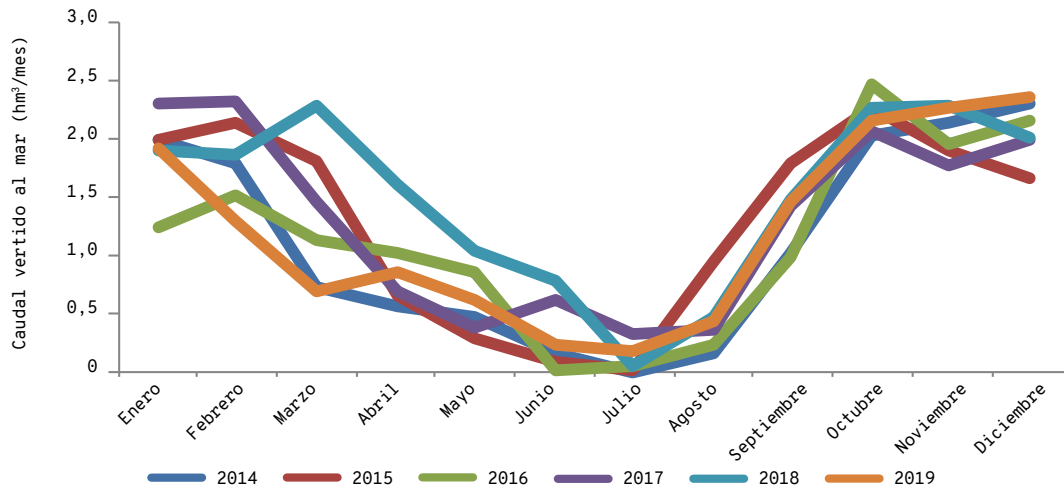


Figura 10. Caudal mensual vertido al mar a través de emisario de las dos Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) gestionadas por EMAYA entre los años 2014 y 2019 en hectómetros cúbicos por mes (hm³/mes). FUENTE: EMAYA.

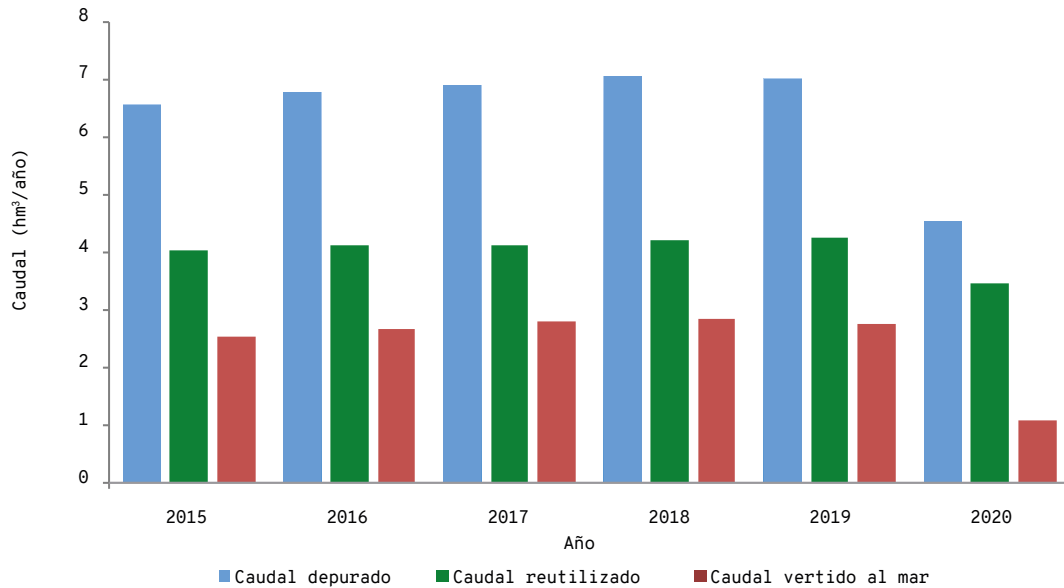


Figura 11. Caudal anual depurado (azul), reutilizado (verde) y vertido al mar a través de emisario (rojo) de las tres Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) gestionadas por Calvià 2000 entre los años 2015 y 2020 en hectómetros cúbicos por año (hm³/año). FUENTE: Calvià 2000.

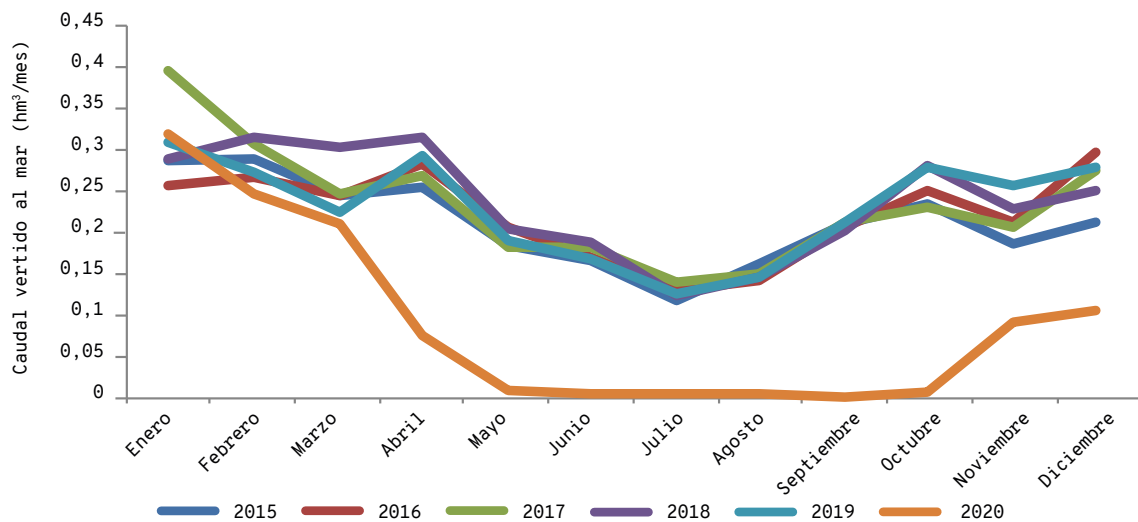


Figura 12. Caudal mensual vertido al mar a través de emisario de las tres Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) gestionadas por Calvià 2000 entre los años 2015 y 2020 en hectómetros cúbicos por mes (hm³/mes). FUENTE: Calvià 2000.

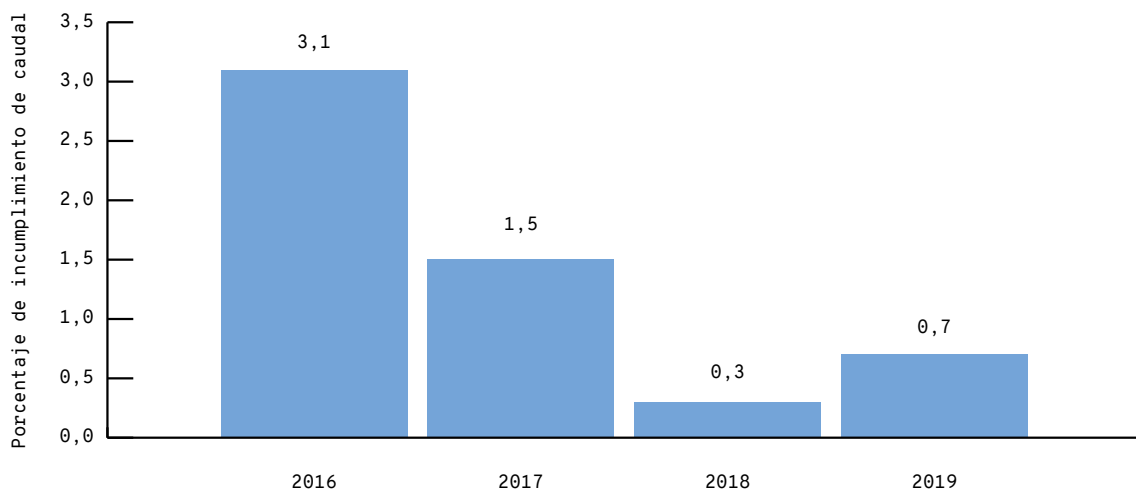


Figura 13. Porcentaje del número de incumplimientos del caudal máximo de diseño de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

3. Caudal de agua regenerada

Solo se dispone de datos del volumen de agua reutilizada de las EDAR gestionadas por EMAYA y por Calvià 2000 (figuras 9 y 11).

En las EDAR de Palma, el volumen de agua reutilizada entre los años 2014 y 2019 ha variado entre 13,4 hm³ en 2014 y 16,6 hm³ en 2015, lo que supone un 46 % y un 55 %, respectivamente (Figura 9). En el año 2019 se reutilizó un 53 % del agua que llegó a las depuradoras de Palma, lo que supone un total de 16,5 hm³ (Figura 9).

En las depuradoras gestionadas por Calvià 2000, los porcentajes de reutilización de agua depurada son ligeramente superiores a los de las gestionadas por EMAYA. Estos porcentajes variaron entre un 76,2 % en el año 2020 y un 59,5 % en 2017, lo que supone 3,5 hm³ y 4,1 hm³, respectivamente (Figura 11). En 2019 se reutilizó un 60,6 % del agua que llegó a las depuradoras de Calvià, lo que supone 4,3 hm³ (Figura 11).

De las estimas que se obtienen de la documentación del Plan Hidrológico de las Islas Baleares (PHIB), para el conjunto de las Islas se supone que 68,23 hm³/año son aptos para su reutilización, lo que representa un 70,2 % del total del agua depurada (Tabla 2). Si se considera que el agua con una concentración salina elevada no se puede emplear para el riego de cultivos y se establece un umbral de conductividad de 3 mS/cm, la cantidad de agua realmente susceptible de ser empleada para usos agrícolas se reduce a 36,58 hm³/año, es decir, el 37,7 % del agua depurada. Ello supone que un 32,6 % del agua depurada presenta salinidades demasiado elevadas para considerarla apta para el riego. La causa de esta salinidad elevada es una salinidad demasiado elevada en el agua de entrada a las depuradoras, quizá debida a roturas de las tuberías del alcantarillado en zonas próximas a la costa, el vertido puntual de aguas procedentes de plantas desalinizadoras privadas y un elevado número de sistemas de descalcificación del agua.

4. Indicador de la adecuación del caudal recibido al caudal de diseño

En general, la mayoría de depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten sus aguas depuradas al mar no superan el caudal de diseño y no se puede considerar que estén infradimensionadas (figuras 13 y 14). Durante el período 2016-2019, seis de ellas superaron el caudal de diseño en algún momento: 3 en Mallorca, 1 en Menorca y 2 en Ibiza (Figura 13):

- Cala Ferrera incumplió el caudal de diseño durante dos años consecutivos en 2016 y 2017 un total de 6 y 4 meses, respectivamente.
- Sóller-Port de Sóller incumplió el caudal de diseño un mes en el año 2017 y otro mes en 2018, lo que representa un incumplimiento anual del 8,33 % para esos años.
- Palma I incumplió el caudal de diseño dos meses del año 2016, con un incumplimiento anual del 16,67 %.
- Ciutadella Sud incumplió el caudal de diseño en los meses de julio y agosto del año 2019, lo que representa un 16,7 % de incumplimiento.
- Platja d'en Bossa superó el caudal de diseño 1 mes del año 2016 (8,3 %).
- Sant Antoni sobrepasó el caudal del diseño 1 mes del año 2016 (8,3 %).

Entre los años 2016 y 2019 se puede apreciar una mejora en el cumplimiento de los caudales máximos: mientras que en 2016 se incumplió el caudal máximo un total de 10 veces —es decir, un 3,1 % de las medidas—, en 2019 se incumplió solo 2 veces, lo que representa un 0,7 % de las medidas (Figura 11).

Anualmente, solo se considera que incumplió el caudal la depuradora de Cala Ferrera en los años

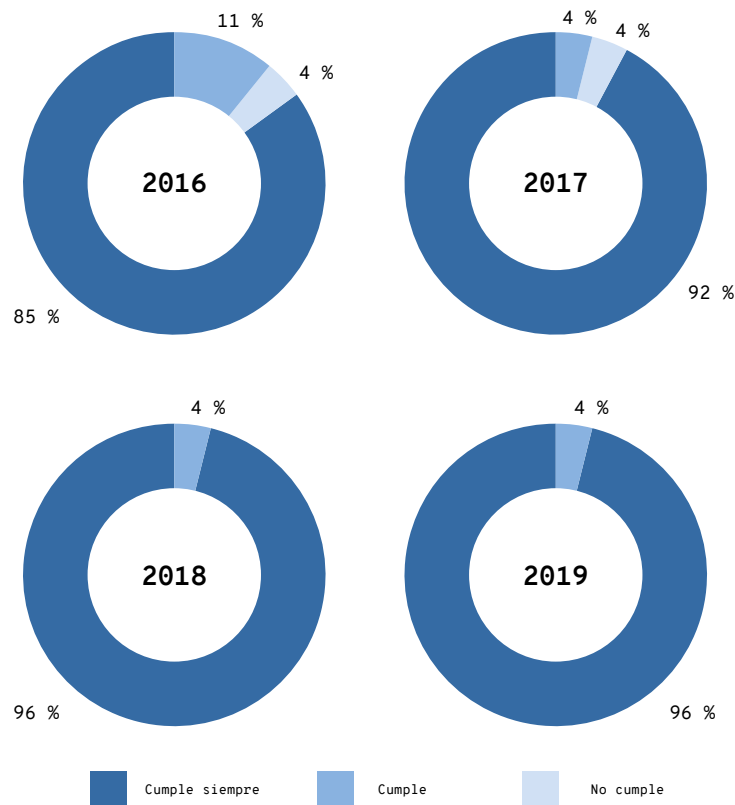


Figura 14. Porcentaje de cumplimiento anual del caudal máximo de diseño de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

2016 y 2017. El resto de EDAR, a pesar de incumplir el umbral de caudal de depuración de diseño algún mes del año, se considera que cumplieron este indicador, ya que no se superaron las 3 medidas por encima del umbral de un total de 12 medidas (Figura 13). Por tanto, en los años 2018 y 2019 ninguna depuradora incurrió en incumplimiento al no superar estos umbrales durante más de 3 meses.

Globalmente hubo un incumplimiento del caudal de depuración del 1,6 % entre los años 2016 y 2019 (Figs. 13 y 14).

En el año 2019 solo la depuradora de Ciutadella Sud superó el caudal de diseño durante 2 meses. El resto de depuradoras no superó este umbral.

A estos incumplimientos hay que sumar el posible vertido de aguas sin depurar debido a puntas del caudal causadas por episodios de lluvias intensas en los casos en que las aguas pluviales no están separadas de las aguas residuales. Estos episodios son frecuentes en la bahía de Palma a causa de la inexistencia de tanques de laminación de puntas de caudal y de la obsolescencia de los equipos de la actual depuradora EDAR II de Palma gestionada por EMAYA; se han registrado numerosos episodios de vertidos de aguas mixtas al torrente y a la bahía de Palma que afectan a la actividad turística y a la propia estación depuradora («Memoria EMAYA 2017»).¹⁵ La bahía de Palma no es el único lugar donde se registran estos vertidos de aguas mixtas, muy frecuentes en episodios de lluvias copiosas debidos a la no separación de las aguas pluviales de las fecales en la mayoría de núcleos de las islas.

5. Demanda biológica de oxígeno (DBO) del agua depurada vertida al mar

La demanda biológica de oxígeno da una idea de la carga de materia orgánica del agua depurada. Según la normativa estatal, esta no puede superar los 25 mg O₂/l o hay que conseguir una reducción mínima de entre el 70 % y el 90 % respecto a la DBO del caudal de entrada a la EDAR. Si se cumple uno de estos dos requisitos, se estaría cumpliendo la legalidad.

Se presenta el porcentaje de meses de incumplimiento de este parámetro, tanto para el umbral de concentración como para el cumplimiento del porcentaje de reducción (Figs. 15 y 16).

Se registra un cumplimiento mayor de este parámetro para el porcentaje de reducción; en cambio, se incumple más veces el máximo de concentración (Figs. 15 y 16).

Si se tiene en cuenta el porcentaje de reducción, se han registrado 5 incumplimientos de la DBO en el período 2016-2019:

- La depuradora de Ibiza ha incumplido este parámetro todos los años (2016-2019), lo que supone 4 de los 5 incumplimientos.
- La EDAR de Andratx lo incumplió en 2018.

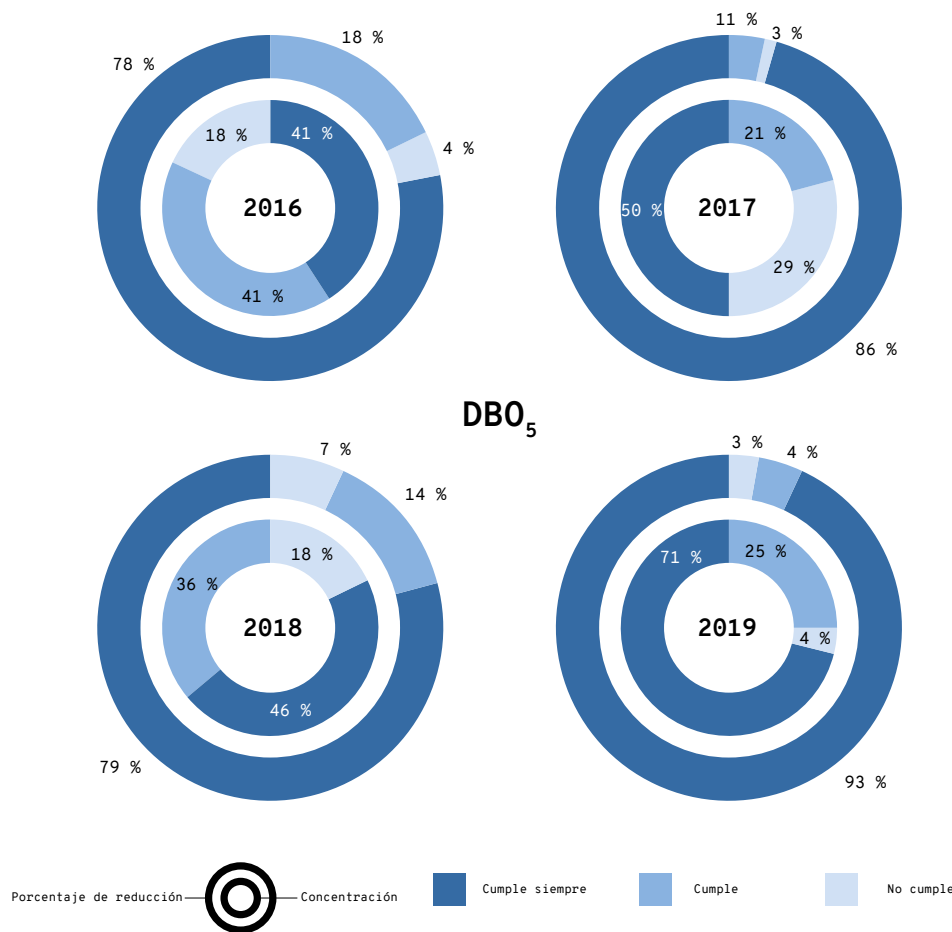


Figura 15. Porcentaje de cumplimiento anual del parámetro demanda biológica de oxígeno (DBO₅) para el umbral de concentración (círculo interno) y para el porcentaje de reducción (círculo externo) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

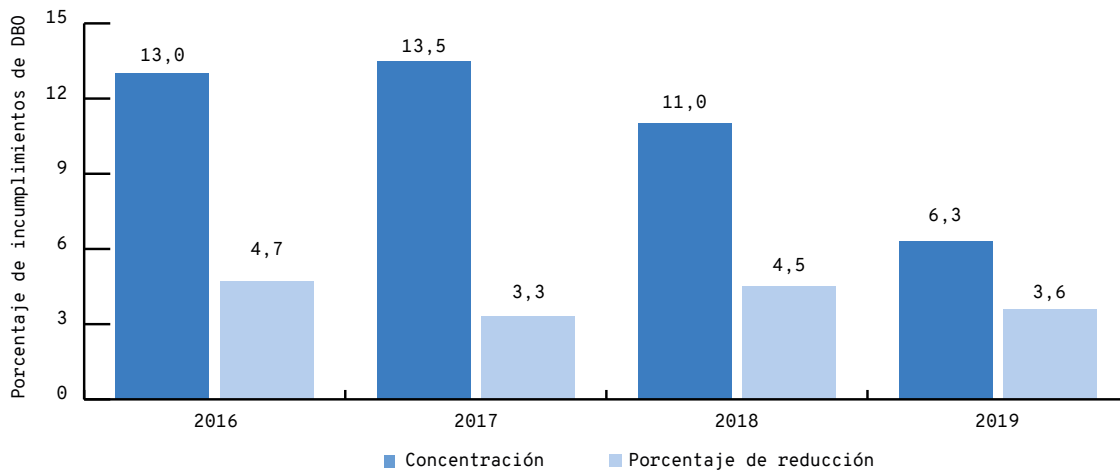


Figura 16. Porcentaje del número de incumplimientos del parámetro demanda biológica de oxígeno (DBO₅), tanto por el umbral de concentración (azul oscuro) como para el porcentaje de reducción (azul claro), de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

Por tanto, las únicas depuradoras que no han cumplido con los límites legales establecidos durante el período 2016-2019 han sido las de Ibiza y Andratx.

Si se considera el umbral de concentración de DBO, que sería deseable cumplir, en este período se han registrado 17 incumplimientos:

- La EDAR de Ibiza lo ha incumplido todos los años.
- Las EDAR de Andratx, Platja d'en Bossa y Protocolom lo incumplieron en 2016.
- Las EDAR de Cala Ferrera y Cala d'Or lo incumplieron en 2017 y 2018.

→ La EDAR de Camp de Mar lo incumplió en los años 2016, 2017 y 2018.

→ La EDAR de Santa Eulària des Riu lo incumplió en 2017 y 2018.

→ Palma II lo incumplió en 2017.

El incumplimiento de este parámetro se ha mantenido más o menos estable a lo largo del tiempo, con una única EDAR incumpléndolo en los años 2016, 2017 y 2019 (Ibiza) y 2 incumpléndolo en el año 2018 (Ibiza y Andratx).

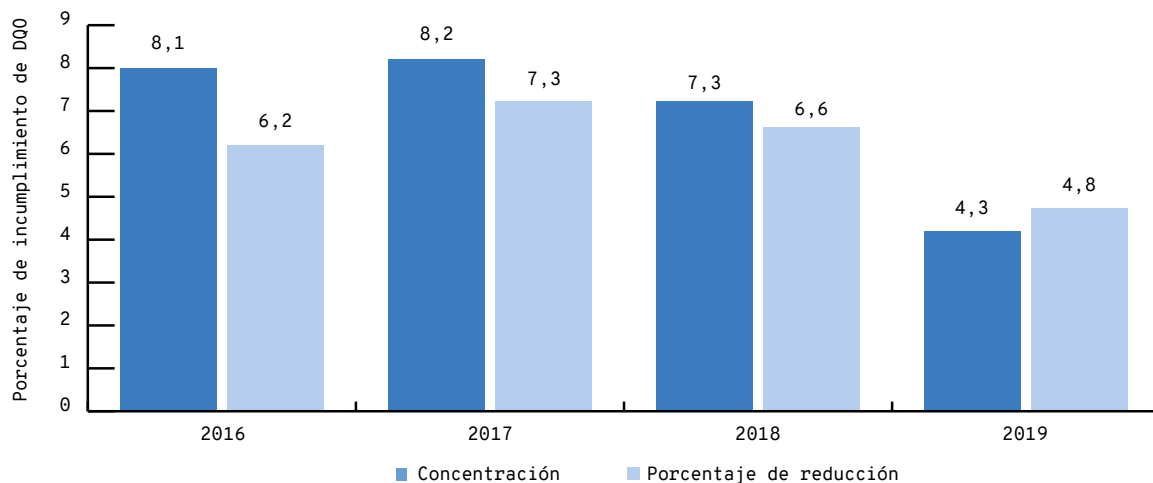


Figura 17. Porcentaje del número de incumplimientos del parámetro demanda química de oxígeno (DQO), tanto para el umbral de concentración (azul oscuro) como para el porcentaje de reducción (azul claro), de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

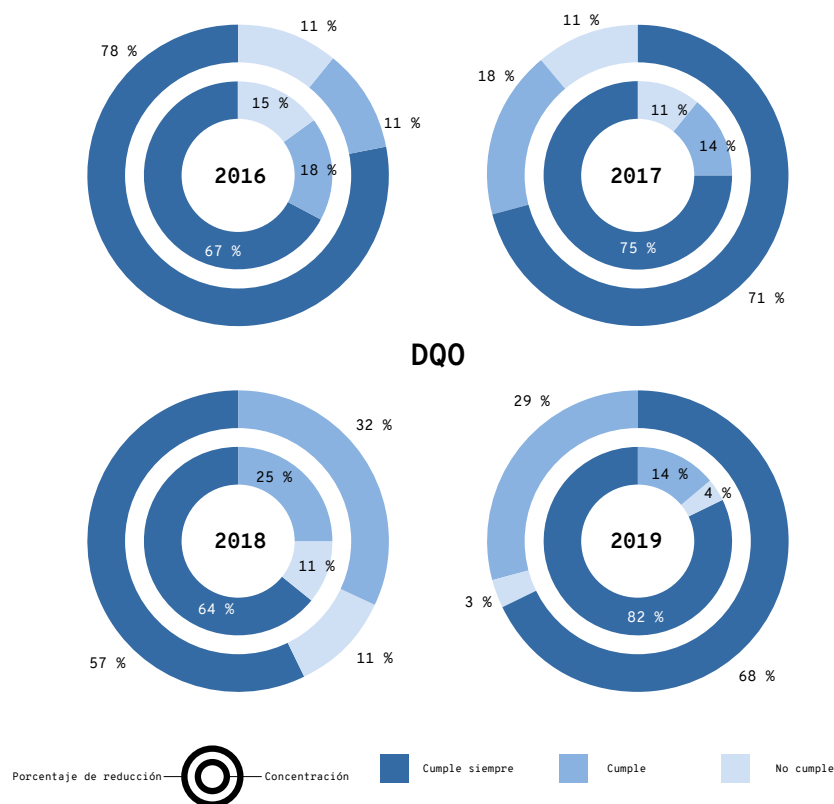


Figura 18. Porcentaje de cumplimiento anual del parámetro demanda química de oxígeno (DQO) para el umbral de concentración (círculo interno) y para el porcentaje de reducción (círculo externo) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

Durante los cuatro años de estudio (2016-2019), este parámetro ha incumplido un 10,8 % de las medidas si se considera el umbral de concentración (25 mg O₂/l), y un 4 % si se considera el porcentaje de reducción.

6. Demanda química de oxígeno (DQO) del agua depurada vertida al mar

La demanda química de oxígeno (DQO), al igual que la DBO, da una idea de la carga de materia orgánica del agua depurada. Según la normativa estatal, esta no puede superar los 125 mg O₂/l o es preciso conseguir una reducción mínima del 75 % respecto a la DQO del caudal de entrada en la EDAR. Si se

cumple uno de estos dos requisitos se estaría cumpliendo la legalidad.

Se presenta el porcentaje de meses de incumplimiento de este parámetro, tanto para el umbral de concentración como para el cumplimiento del porcentaje de reducción (Figs. 17 y 18).

En el período 2016-2019 se ha registrado un total de 9 incumplimientos de este parámetro:

- La EDAR de Ibiza lo ha incumplido durante los 4 años.
- La EDAR de Camp de Mar lo incumplió en 2016 y 2018.

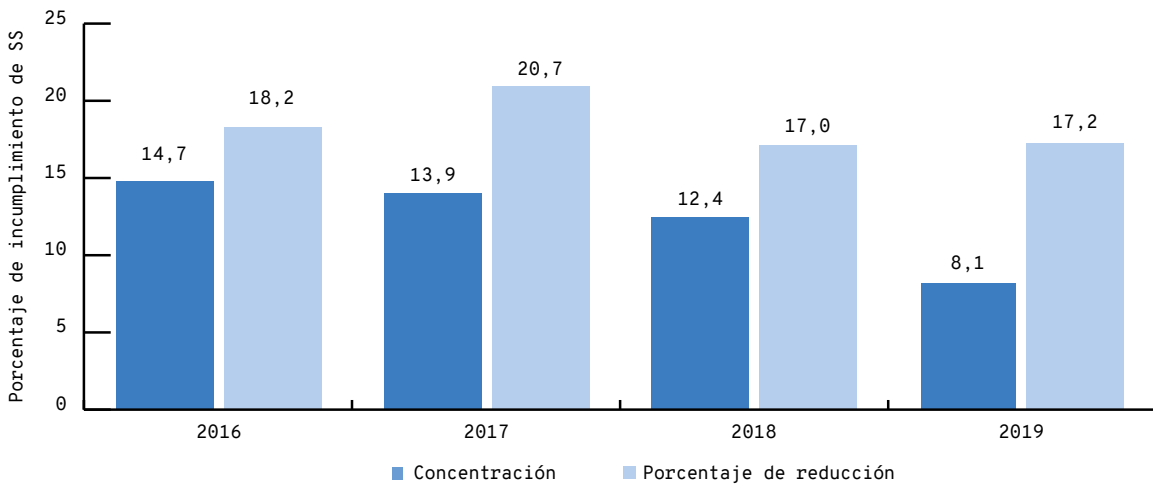


Figura 19. Porcentaje del número de incumplimientos mensuales de los valores recomendados por el parámetro sólidos en suspensión (SS) para el umbral de concentración (azul oscuro) y para el porcentaje de reducción (azul claro) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

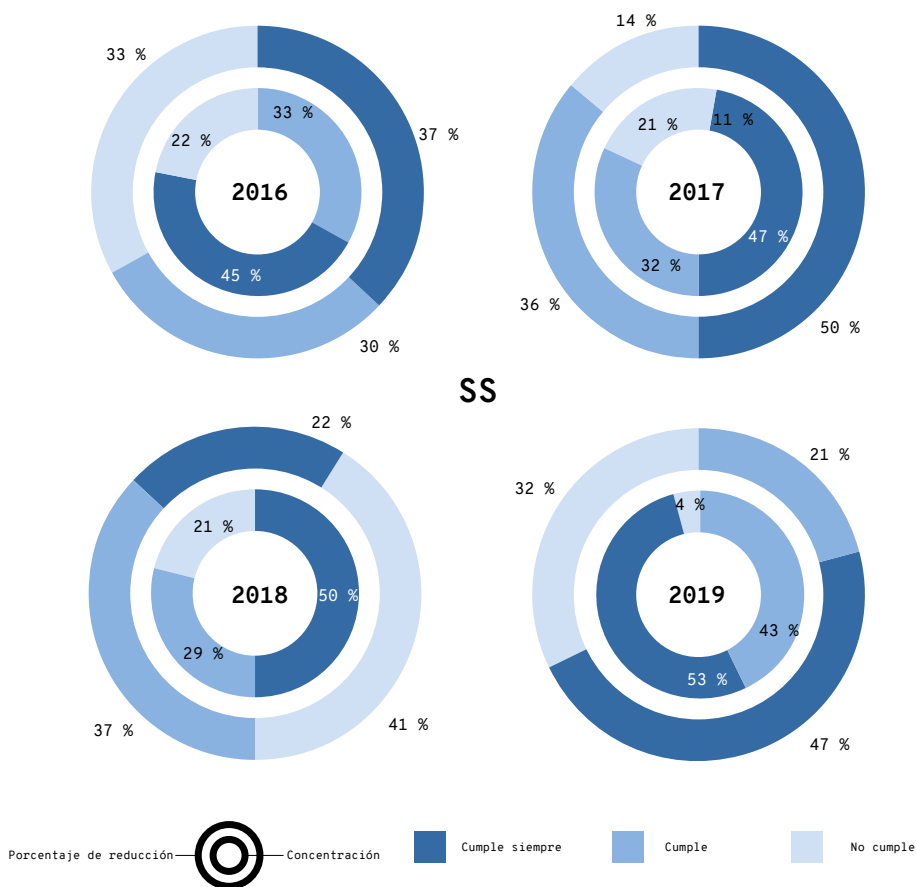


Figura 20. Porcentaje de cumplimiento anual del parámetro sólidos en suspensión (SS) para el umbral de concentración (círculo interno) y para el porcentaje de reducción (círculo externo) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

→ La EDAR de Santa Eulària des Riu lo incumplió en los años 2017 y 2018.

Como en el caso de la DBO, se registra un mayor número de incumplimientos del umbral de concentración que del porcentaje de reducción. Ello podría indicar que las EDAR son capaces de reducir significativamente estos dos parámetros, pero el caudal de entrada tiene una carga demasiado elevada de materia orgánica (Figs. 17 y 18). Una excepción ha sido la depuradora de Portocolom, que en el año 2016 cumplió con la concentración máxima y, en cambio, incumplió el porcentaje de reducción.

Si se consideran los incumplimientos por superar la concentración máxima establecida, a las EDAR que han incumplido (Ibiza, Camp de Mar y Santa Eulària des Riu) habría que sumar las de Platja d'en Bossa, que lo incumplió en 2016, y Palma II, que lo hizo en los años 2016 y 2017.

En el período comprendido entre los años 2016-2019 (cuatro años), si se considera el umbral de la concentración, este parámetro se ha incumplido un 7,0 % del total de medidas mensuales —es decir, que el 7,0 % de las medidas han superado los 125 mg O₂/l—, y si se considera el porcentaje de reducción el resultado es de un 6,3 % de las medidas.

7. Sólidos en suspensión en el agua depurada vertida al mar

El Real Decreto 509/1996 recomienda unos valores máximos de concentración de sólidos en suspensión de 35 mg/l o una reducción mínima en este parámetro del 70-90 % respecto al agua de entrada. El cumplimiento de estos umbrales es voluntario, por tanto, no se incurre en ilegalidad en caso de superarlos, aunque sería deseable mantenerlos por debajo de estos valores. Por tanto, los porcentajes que se presentan aquí representan un incumplimiento de lo que sería deseable y no de lo que se requiere por imperativo legal.

Para el parámetro sólidos en suspensión se observa un número de incumplimientos mayor cuando se tiene en cuenta el porcentaje de reducción que cuando se considera el umbral de concentración (Figs. 19 y 20).

Entre los años 2016 y 2019 este parámetro se ha incumplido un total de 19 veces:

- La EDAR de Ibiza lo ha incumplido durante los 4 años.
- Las EDAR de Andratx y Camp de Mar lo incumplieron 3 años entre 2016 y 2018.
- Las EDAR de Cala Ferrera y Santa Eulària des Riu lo incumplieron en 2017 y 2018.
- La EDAR Palma II lo incumplió en 2016 y 2017
- Las EDAR Portocolom y Platja d'en Bossa lo incumplieron en 2016.
- La EDAR de Sa Calobra lo incumplió en 2018.

Si se considera el porcentaje de reducción de sólidos en suspensión, este se ha incumplido un total de 39 veces. A las depuradoras ya mencionadas —Ibiza, Cala Ferrera, Santa Eulària des Riu, Platja d'en Bossa, Camp de Mar, Andratx, Portocolom, Sa Calobra y Palma II— habría que sumar las de Cala d'Or, Lluçmajor-S'Arenal, Sant Elm, Sóller-Port de Sóller, Cala Tarida, Sant Antoni, Formentera y Peguera, aunque estas EDAR sí que han vertido aguas con una concentración de sólidos en suspensión inferior a 35 mg/l.

Cabe recordar que el cumplimiento de este parámetro es voluntario y por tanto ninguna de estas depuradoras estaría incumpliendo la normativa vigente.

Entre los años 2016-2019, el parámetro de sólidos en suspensión se ha incumplido en un 12,2 % de las medidas si se considera el umbral de concentración (35 mg O₂/l), y un 18,1 % si se considera el porcentaje de reducción.

8. Nitrógeno total del agua depurada vertida al mar

La legislación estatal solo establece límites legales de nutrientes —tanto de nitrógeno total como de fósforo total— para emisarios que viertan a zonas sensibles por eutrofización de EDAR de más de 10.000 h.e. (Tabla 2). Hoy en día en las Islas Baleares, de las EDAR gestionadas por ABAQUA, EMAYA o Calvià 2000 solo 4 cumplen estas condiciones: Peguera, Cala en Porter, Maó-Es Castell y Santa Ponça (Tabla 4). Adicionalmente, el emisario de la EDAR de Cala Ferrera vierte en una zona sensible por eutrofización, pero por tener una capacidad menor a los 10.000 h.e. queda exenta de cumplir esta normativa.

Las depuradoras de Peguera, Cala en Porter y Maó-Es Castell tienen una capacidad inferior a los 100.000 h.e.; por tanto, sus requerimientos de concentración de nitrógeno total del agua depurada son de 15 mg N/l. En cambio, la EDAR de Santa Ponça, por superar los 100.000 h.e. (118.000 h.e.) de capacidad de diseño debería tener unas restricciones más estrictas y el agua que vierte al mar no podría superar los 10 mg N/l; dado que el caudal que recibe esta depuradora se encuentra muy por debajo de su caudal de diseño (de media, depura a un 45,6 % de su capacidad) se incluye dentro del grupo de depuradoras de caudal inferior a los 100.000 h.e. y debe cumplir un umbral de concentración de nitrógeno de 15 mg N/l. También es aceptable una reducción del 70 % de la carga de nitrógeno del agua que reciben (Tabla 2).

La depuradora de Maó-Es Castell no ha cumplido los requerimientos de concentración de nitrógeno, pero sí los de porcentaje de reducción de este nutriente, entre los años 2017 y 2019. Por tanto, esta depuradora está cumpliendo la legalidad vigente.

La EDAR de Peguera incumplió el requisito de concentración de nitrógeno en el año 2016, pero cumplió el de porcentaje de reducción; por tanto, no incumplió la legalidad. En 2017, al contrario del año anterior, cumplió el requerimiento de la concentración e incumplió el porcentaje de reducción. En 2018 cumplió ambos requerimientos. Por tanto, la EDAR de Peguera ha cumplido con los requerimientos legales de reducción de nitrógeno todos los años de los que se dispone de datos (figuras 21 y 22).

La depuradora de Cala en Porter cumplió los requerimientos tanto de concentración como de porcentaje de reducción de nitrógeno entre 2016 y 2019.

La depuradora de Santa Ponça cumple los requerimientos para las depuradoras de entre 10.000 y 100.000 h.e. No cumpliría los requerimientos para depuradoras de más de 100.000 h.e., ya que ha vertido aguas con una concentración superior a los

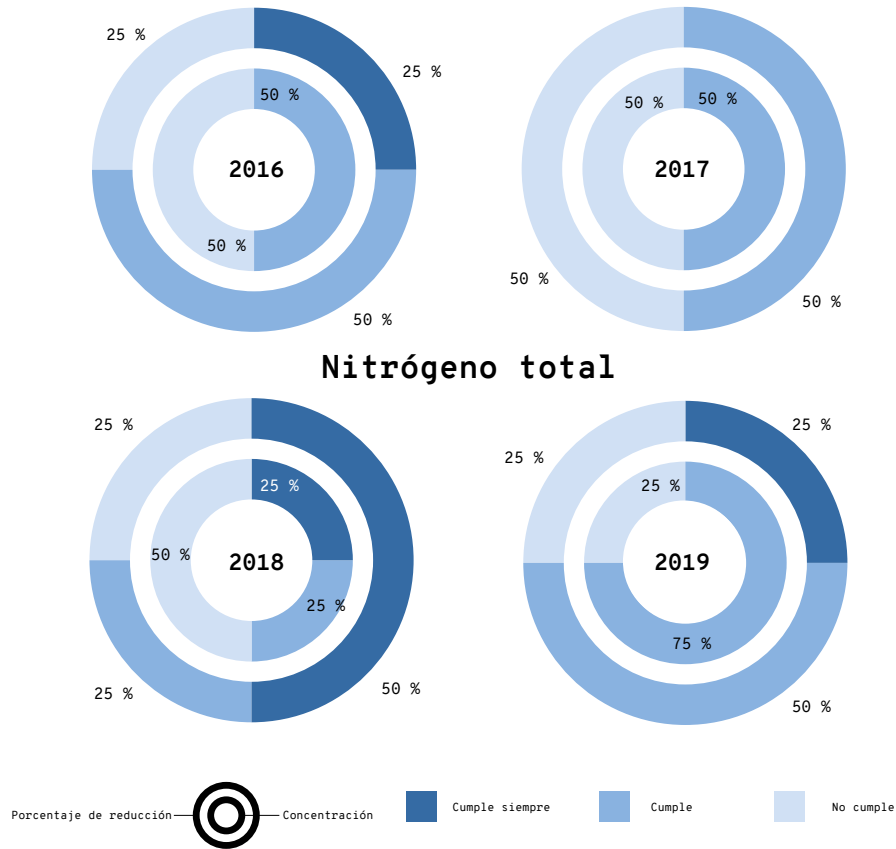


Figura 21. Porcentaje de cumplimiento anual del parámetro nitrógeno total (TN) para el umbral de concentración (círculo interno) y para el porcentaje de reducción (círculo externo) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar en zonas sensibles por eutrofización entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

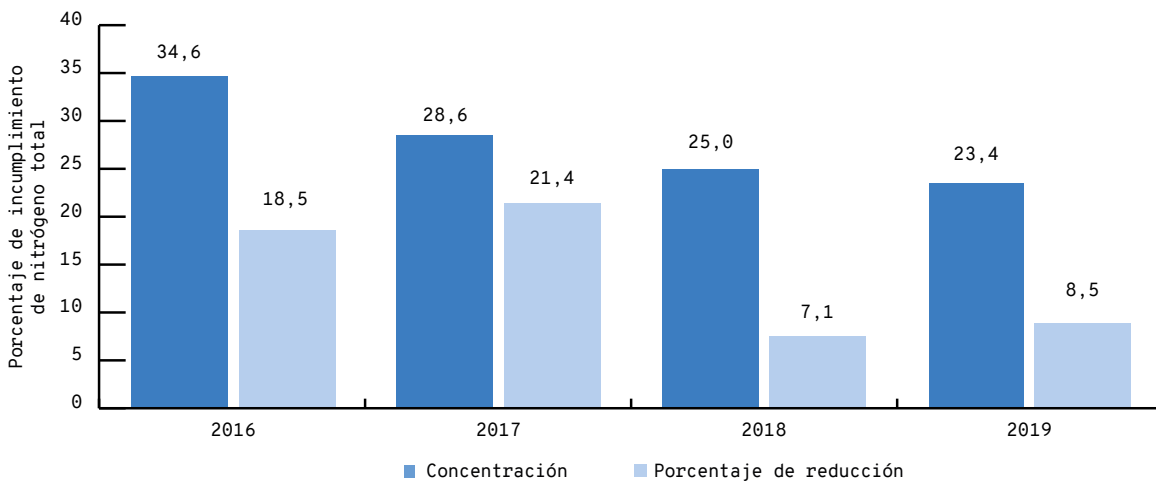


Figura 22. Porcentaje del número de incumplimientos de los valores legales del parámetro nitrógeno total para el umbral de concentración (azul oscuro) y para el porcentaje de reducción (azul claro) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar en zonas sensibles por eutrofización entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

10 mg N/l en los años 2016 y 2017; en cambio, sí que habría cumplido los años 2018 y 2019, porque la media anual de la concentración de nitrógeno que vertió era inferior a los 10 mg N/l.

La EDAR de Cala Ferrera, a pesar de no estar obligada a cumplir la normativa legal por tener una capacidad inferior a los 10.000 h.e., no cumple los umbrales recomendados de concentración de nitrógeno disuelto ni de porcentaje de reducción.

El cumplimiento de la reducción en nutrientes y materia orgánica es importante porque los incrementos en aportes de nutrientes al medio marino

causan una aceleración de la producción primaria o eutrofización. Los síntomas incluyen un aumento en la actividad de *blooms* algales (también de taxones tóxicos), acumulación de materia orgánica y un exceso en el consumo de oxígeno, que causan una situación de hipoxia —bajas concentraciones de oxígeno— o anoxia —su completa ausencia.¹⁶

La eutrofización causada por vertidos de aguas ricas en nutrientes es un motor de los episodios de falta de oxígeno en el medio marino; puede producir impactos muy graves en las comunidades marinas, provocando que los organismos móviles abandonen la zona y causando impactos letales y subletales en

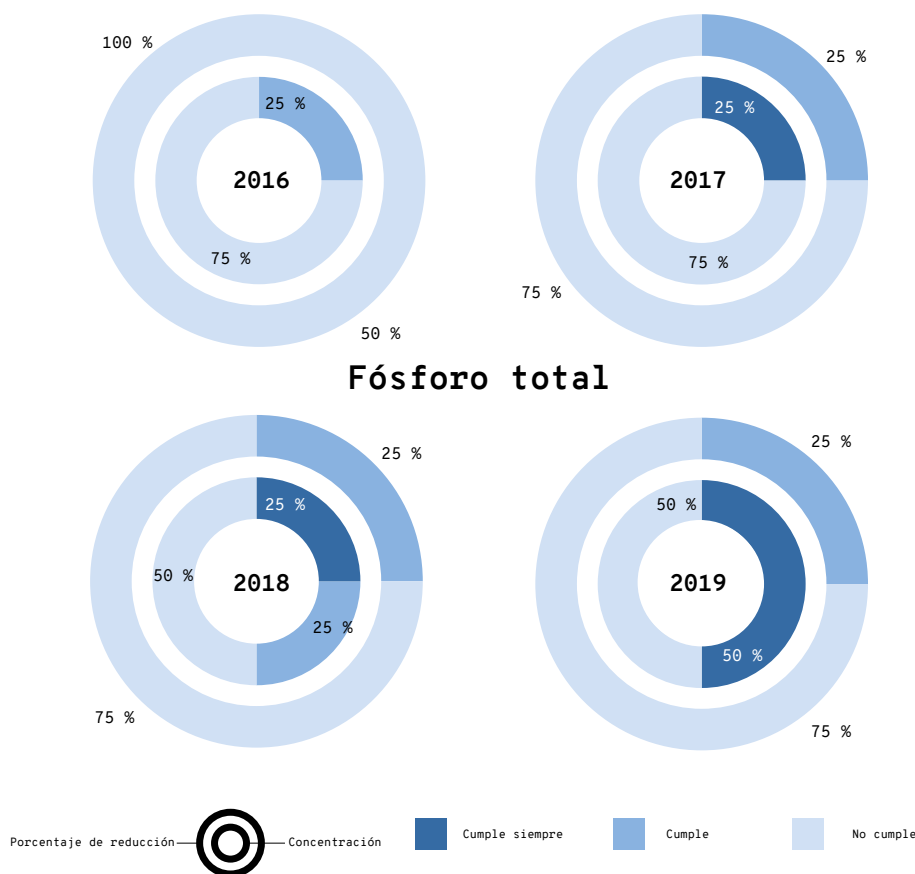


Figura 23. Porcentaje de cumplimiento anual del parámetro fósforo total para el umbral de concentración (círculo interno) y para el porcentaje de reducción (círculo externo) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar en zonas sensibles por eutrofización entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

las comunidades bentónicas que viven fijas en el fondo marino, pudiendo llegar a producir eventos de mortalidades masivas debidos a la falta de oxígeno en el medio.^{17, 18}

Entre los años 2016-2019, en las depuradoras gestionadas por ABAQUA y Calvià 2000 que vierten al mar a través de emisarios en zonas sensibles por eutrofización, el parámetro nitrógeno total se ha incumplido un 11,7 % de las medidas si se considera el umbral de concentración, y un 14,1 % si se considera el porcentaje de reducción (Figs. 21 y 22).

Los vertidos de aguas residuales depuradas contribuyen a la eutrofización, porque son una fuente considerable de nitrógeno en las aguas naturales de todo el mundo, especialmente en el medio marino.¹ Resultados experimentales han mostrado un incremento de la producción bacteriana y una disminución de la producción primaria y la respiración de la comunidad con vertidos de aguas residuales depuradas; todo ello provoca que la comunidad bacteriana consuma más carbono, lo que podría cambiar los ecosistemas de la autotrofia a la heterotrofia e inducir un cambio de comunidades en las que la producción supera a la respiración en comunidades que serían un sumidero de oxígeno y podrían alimentar la falta de oxígeno o hipoxia.¹⁹

Los aportes de nitrógeno orgánico por aguas residuales tratadas han acelerado las respuestas de las comunidades plánticas al calentamiento, causando un mayor incremento en las tasas de respiración

que en las de producción, lo que podría ocasionar una disminución de la concentración de oxígeno disuelto, agravando los episodios de falta de oxígeno.²⁰

9. Fósforo total del agua depurada vertida al mar

Los requisitos de la legislación estatal en materia de reducción de fósforo de depuradoras con emisarios que vierten en zonas sensibles son de concentraciones menores a los 2 mg P/l en el caso de EDAR con una capacidad de entre 10.000 y 100.000 h.e., es decir, para las depuradoras de Peguera, Cala en Porter y Maó-Es Castell; y de 1 mg P/l en el caso de EDAR con capacidad superior a los 100.000 h.e., como sería el caso de Santa Ponça —pero, dado que opera a un 45,6 % de su capacidad, se considera inferior a los 100.000 h.e. También sería aceptable una reducción del 70 % de la carga de fósforo del agua que reciben (Tabla 2).

Las EDAR de Peguera y Santa Ponça cumplieron estos requerimientos todos los años de estudio. Del resto de depuradoras, Maó-Es Castell los ha incumplido todos los años. Si la EDAR de Santa Ponça tuviera que cumplir el requisito de concentraciones menores a 1 mg P/l, lo incumpliría todos los años. La EDAR de Cala en Porter solo cumplió el requerimiento de reducción de fósforo en 2018, mientras que lo incumplió el resto de años (Figs. 23 y 24).

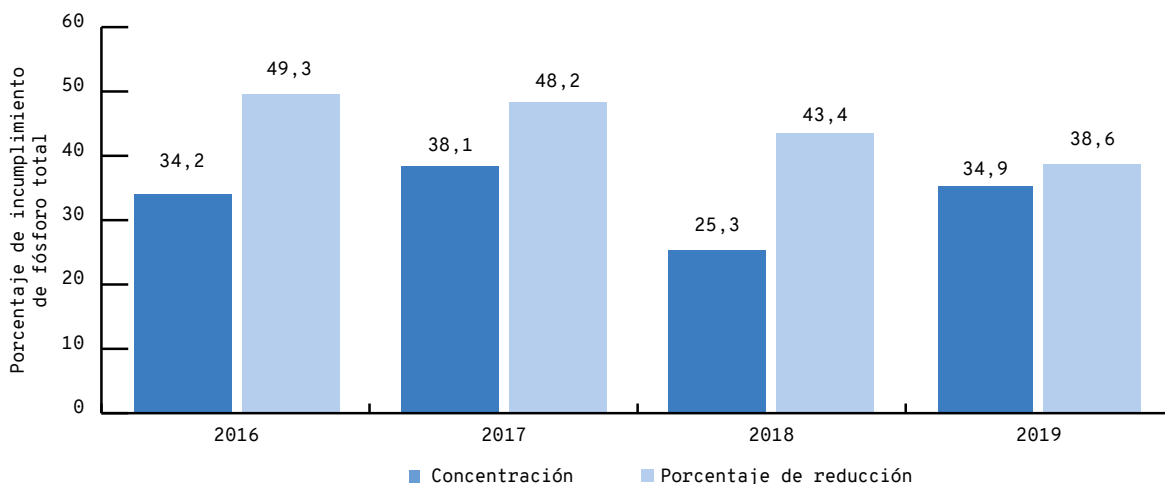


Figura 24. Porcentaje del número de incumplimientos de los valores legales para el parámetro fósforo total para el umbral de concentración (azul oscuro) y para el porcentaje de reducción (azul claro) de las depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten al mar en zonas sensibles por eutrofización entre los años 2016 y 2019. FUENTE: ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000.

La EDAR de Cala Ferrera también vierte en una zona sensible por eutrofización y, a pesar de no tener que cumplir los requerimientos legales, sería deseable que no vertiera aguas con elevadas concentraciones de nutrientes. Esta EDAR vertió agua con concentraciones superiores a los 2 mg P/l todos los años de estudio.

Entre los años 2016-2019, en las depuradoras gestionadas por ABAQUA y Calvià 2000 que vierten al mar a través de emisarios en zonas sensibles por eutrofización, el fósforo total se ha incumplido un 33,1 % de las medidas si se considera el umbral de concentración, y un 44,8 % si se considera el porcentaje de reducción (Figs. 23 y 24).

Los aportes de nitrógeno y fósforo —nutrientes— al medio marino pueden producir eutrofización —un crecimiento incontrolado de algas microscópicas que llevan a una acumulación de materia orgánica en el medio. La eutrofización es un problema grave en zonas costeras que puede causar una reducción de la concentración de oxígeno, con los consiguientes impactos negativos para la vida marina, que necesita oxígeno para vivir. De hecho, esta falta de oxígeno en zonas costeras, agravada por aportes de nutrientes y materia orgánica al medio marino, está surgiendo como una de las principales amenazas para la biodiversidad marina.¹⁸

Los incrementos de la concentración de fósforo pueden causar una proliferación de microalgas fijadoras de nitrógeno, causantes de *blooms* fitoplanctónicos vinculados a episodios de falta de oxígeno.

CONCLUSIONES

→ En las Islas Baleares actualmente hay 143 depuradoras: 50 de gestión privada y 93 de gestión

pública; de estas últimas, 79 están gestionadas por la Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental (ABAQUA), 13 por ayuntamientos y 1 —la de Cabrera— por el Consell de Mallorca.

- El volumen de agua residual que llega a las EDAR es muy variable a lo largo del año en todas las islas, con un pico estacional fuerte en los meses de verano, coincidiendo con la temporada alta turística. Esta estacionalidad es más marcada en la isla de Formentera, donde los meses de verano se triplica el caudal depurado en la temporada baja.
- El caudal de las depuradoras gestionadas por ABAQUA que vierten al mar a través de emisarios ha aumentado entre los años 1998 y 2020 a un ritmo de 0,37 hm³/año ($R^2= 0,71$, $p < 0,001$).
- El agua reutilizada en las EDAR de Palma (gestionadas por EMAYA) ha variado entre 13,4 hm³ en el año 2014 (46 %) y 16,6 hm³ en 2015 (55 %). En 2019 se reutilizaron 16,5 hm³, un 53 % del agua que llegó a las depuradoras de Palma.
- El porcentaje de reutilización de agua de las EDAR de Calvià (gestionadas por Calvià 2000) varió entre un 76,2 % en el año 2020 (3,5 hm³) y un 59,5 % en 2017 (4,1 hm³). En 2019 se reutilizó un 60,6 % del agua que llegó a estas depuradoras (4,3 hm³).
- De las estimas que se obtienen de la documentación del Plan Hidrológico de las Islas Baleares (PHIB), para el conjunto de las Baleares un total de 68,23 hm³/año se consideran aptos para su reutilización (un 70,2 % del total del agua depurada). Si a esta cantidad restamos el agua con una elevada concentración salina no apta para el riego de cultivos (con con-

ductividad > 3 mS/cm), la cantidad de agua realmente susceptible de ser empleada para usos agrícolas se reduce a 36,58 hm³/año (el 37,7 %). Por tanto, un 32,6 % del agua depurada presenta salinidades demasiado elevadas para ser aptas para el riego.

- La mayoría de depuradoras gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000 que vierten sus aguas depuradas al mar no superan el caudal de diseño y no se puede considerar que estén infradimensionadas. Durante el período 2016-2019 hubo 6 depuradoras que en algún momento superaron el caudal de diseño: 3 en Mallorca (Cala Ferrera, Sóller-Port de Sóller y Palma I), 1 en Menorca (Ciutadella Sud) y 2 en Ibiza (Platja d'en Bossa y Sant Antoni). A nivel anual solo la EDAR de Cala Ferrera incumplió los límites de caudal en los años 2016 y 2017. Entre 2016 y 2019 se puede apreciar una mejora en el cumplimiento de los caudales máximos: mientras que en el año 2016 se incumplió el caudal máximo un total de 10 veces (es decir, un 3,1 % de las medidas), en 2019 se incumplió solo 2 veces, lo que representa un 0,7 % de las medidas. Globalmente se registró un incumplimiento del caudal de depuración del 1,6 % entre 2016 y 2019.
- A los incumplimientos de caudal habría que sumar los posibles vertidos de aguas sin depurar debido a puntas de caudal causadas por episodios de lluvias intensas, en los casos en que las aguas pluviales no están separadas de las residuales.
- En el período 2016-2019, el parámetro demanda biológica de oxígeno (DBO) se incumplió 5 veces: 4 veces en la depuradora de Ibiza (todos los años) y 1 en la EDAR de Andratx en 2018.
- En ese mismo período se ha incumplido el parámetro demanda química de oxígeno (DQO) un total de 9 veces: 4 en la EDAR de Ibiza (2016-2019), 3 en la de Camp de Mar (2016-2018) y 2 en la de Santa Eulària des Riu (2017-2018).
- La legislación estatal establece que el parámetro de sólidos en suspensión es de cumplimiento voluntario, por tanto, no se incurre en ilegalidad si se superan los límites recomendados. En el período 2016-2019 este parámetro se ha incumplido 19 veces: 4 en la EDAR de Ibiza (2016-2019); 3 en la de Camp de Mar (2016-2018) y en la de Andratx (2016-2018); 2 en la de Santa Eulària des Riu (2017-2018) y en la de Cala Ferrera (2017-2018); 2 en Palma II (2016-2017); y 1 en la de Portocolom (2016), en la de Platja d'en Bossa (2016) y en la de Sa Calobra (2018). Para este parámetro se observa un número mayor de incumplimientos cuando se considera el porcentaje de reducción (y no el umbral de concentración).
- Hoy en día en las Baleares, de las EDAR gestionadas por ABAQUA, EMAYA y Calvià 2000, las depuradoras de Peguera, Cala en Porter, Maó-Es Castell, Santa Ponça y Cala Ferrera vierten en zonas sensibles por eutrofización. Estas depuradoras tienen unos requerimientos para el vertido de nutrientes (15 mg N/l y 2 mg P/l). La EDAR de Cala Ferrera queda exenta de cumplirlos por tener una capacidad inferior a los 10.000 h.e.
- La depuradora de Maó-Es Castell no ha cumplido los requerimientos de concentración de nitrógeno, pero sí los de porcentaje de reducción de este nutriente entre los años 2017 y 2019. Las EDAR de Peguera y Cala en Porter han cumplido los requerimientos legales de reducción de nitrógeno todos los años de los que se dispone de datos. La depuradora de Santa Ponça cumple el umbral de 15 mg/l de nitrógeno todos los años, pero no cumpliría el de 10 mg N/l en 2016 y 2017 y sí que lo cumpliría en los años 2018 y 2019.
- Las EDAR de Peguera y Santa Ponça cumplieron todos los años los límites permitidos de concentración de fósforo total para depuradoras que vierten en zonas sensibles. La depuradora de Cala en Porter los cumplió en 2018. El resto de años, las depuradoras vertieron aguas enriquecidas en fósforo por encima de los valores legales.
- La EDAR de Cala Ferrera, a pesar de no estar obligada a cumplir la normativa legal por tener una capacidad inferior a los 10.000 h.e., no cumple los umbrales recomendados de concentración de nitrógeno ni de fósforo disuelto, ni los de porcentaje de reducción de estos nutrientes.
- La EDAR de Ibiza incumple todos los parámetros legales (DBO, DQO) y recomendados (SS y nitrógeno y fósforo total). Requiere mejoras urgentes para verter aguas con una calidad aceptable.
- Los aportes de nutrientes y materia orgánica de las aguas depuradas pueden causar problemas de eutrofización en las zonas donde vierten —un crecimiento incontrolado de algas microscópicas que provocan una acumulación de materia orgánica en el medio. Ello puede tener efectos graves, especialmente si estas aguas se vierten en bahías con poca renovación o zonas sensibles por eutrofización, y podría ocasionar una reducción de la concentración de oxígeno disuelto, con los consecuentes impactos negativos para la vida marina, que necesita oxígeno para vivir.

REFERENCIAS

- ¹ SEITZINGER, S. P. *et al.* (2005). «Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application». *Global Biogeochemical Cycles*, 19. DOI: doi:10.1029/2005GB002606.
- ² NIXON, S. W. (1995). «Coastal Marine Eutrophication - a Definition, Social Causes, and Future Concerns». *Ophelia*, 41, 199-219.
- ³ GACIA, E. *et al.* (2012). «Thresholds of irradiance for seagrass *Posidonia oceanica* meadow metabolism». *Marine Ecology Progress Series*, 466, 69-79. <https://doi.org/10.3354/meps09928>.
- ⁴ DUARTE, C. M. (1995). «Submerged Aquatic Vegetation in Relation to Different Nutrient Regimes». *Ophelia*, 41, 87-112.
- ⁵ GRALL, J.; CHAUVAUD, L. (2002). «Marine eutrophication and benthos: the need for new approaches and concepts». *Global Change Biology*, 8, 813-830.
- ⁶ LLORET, J.; MARIN, A.; MARIN-GUIRAO, L. (2008). «Is coastal lagoon eutrophication likely to be aggravated by global climate change?». *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 78, 403-412. DOI: 10.1016/j.ecss.2008.01.003.
- ⁷ THEEDE, H. *et al.* (1969). «Studies on resistance of marine bottom invertebrates to oxygen-deficiency and hydrogen sulphide». *Marine Biology*, 2, 325-337.
- ⁸ CALLEJA, M. L.; MARBÀ, N.; DUARTE, C. M. (2007). «The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and sulfide porewater concentration in carbonate sediments». *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 73, 583-588. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.02.016.
- ⁹ TERRADOS, J. *et al.* (1999). «Are seagrass growth and survival constrained by the reducing conditions of the sediment?». *Aquatic Botany*, 65, 175-197. DOI: 10.1016/S0304-3770(99)00039-X.
- ¹⁰ VAQUER-SUNYER, R.; DUARTE, C. M. (2010). «Sulfide exposure accelerates hypoxia-driven mortality». *Limnology and Oceanography*, 55, 1075-1082.
- ¹¹ ABAQUA. (2019). «Memòria anual 2019». Palma: Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient i Territori. Agència Balear de l'Aigua i la Qualitat Ambiental (ABAQUA).

¹² DIRECCIÓ GENERAL DE RECURSOS HÍDRICS (2018). «Plan Hidrológico de las Illes Balears. Revisión anticipada del 2º ciclo 2015-2021». Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca. Direcció General de Recursos Hídrics.

¹³ DIRECCIÓ GENERAL DE RECURSOS HÍDRICS (2020). «Ficha nº 1: Reutilización e infiltración de aguas depuradas. Esquema de temas importantes. Tercer ciclo de planificación hidrológica IB (2021-2027)». Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca. Direcció General de Recursos Hídrics.

¹⁴ PORTAL DE L'AIGUA DE LES ILLES BALEARS: <http://www.caib.es/sites/aigua/ca/>.

¹⁵ EMAYA. (2017). «Memòria EMAYA 2017».

¹⁶ PAERL, H. W. (2006). «Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations». *Ecological Engineering*, 26, 40-54.

¹⁷ DIAZ, R. J. (2001). «Overview of hypoxia around the world». *Journal of Environmental Quality*, 30, 275-281. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.302275x>.

¹⁸ VAQUER-SUNYER, R.; DUARTE, C. M. (2008). «Thresholds of hypoxia for marine biodiversity». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 15452-15457.

¹⁹ VAQUER-SUNYER, R. *et al.* (2016). «Effects of wastewater treatment plant effluent inputs on planktonic metabolic rates and microbial community composition in the Baltic Sea». *Biogeosciences*, 13, 4751-4765. DOI:10.5194/bg-13-4751-2016.

²⁰ VAQUER-SUNYER, R. *et al.* (2015). «Dissolved Organic Nitrogen Inputs from Wastewater Treatment Plant Effluents Increase Responses of Planktonic Metabolic Rates to Warming». *Environmental Science & Technology*, 49, 11411-11420. DOI: 10.1021/acs.est.5b00674.

CITAR COMO

VAQUER-SUNYER, R.; BARRIENTOS, N.; CALVO, J.; ABAQUA; EMAYA; CALVIÀ 2000. (2021) «Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR)». En: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2021* <https://www.informemarbalear.org/es/presiones/imb-depuradoras-esp_2021.pdf>. <https://doi.org/10.62135/BLEQ7524>.