

En la elaboración de este capítulo han participado:
Raquel Vaquer-Sunyer, Natalia Barrientos, Sergio Martino y Juan Calvo.

Plantas desalinizadoras: volumen de agua potable producida y vertidos de salmuera

La deficiencia de agua dulce es un problema en aumento en muchas zonas mediterráneas que afecta particularmente al sureste de la Península Ibérica y las Islas Baleares. Se debe al desequilibrio entre los recursos hídricos limitados y una demanda creciente, relacionada con los cambios en los usos del suelo y la industria turística. La desalinización de agua a través de plantas de ósmosis inversa ha sido durante los últimos treinta años una solución prometedora para superar esta deficiencia.

En las Islas Baleares, el proceso de desalinización es necesario para poder suministrar agua potable. En Formentera, el 100 % del agua potable urbana suministrada proviene de la planta desalinizadora, mientras que en Ibiza supone aproximadamente el 70 %.

La desalación del agua lleva asociada como producto de desecho agua concentrada en sales (salmuera). La salmuera obtenida en el proceso de desalinización es básicamente agua de mar concentrada en un factor que depende de la eficiencia de las membranas de ósmosis inversa (55-60 %, con concentraciones máximas que llegan al 90 %).¹

La mayoría de vertidos de salmuera se realizan al medio marino, ya sea a través de emisarios, de torrentes o directamente a la costa. Esta agua de desecho hipersalina origina plumas de descarga densas que potencialmente pueden afectar a los organismos y comunidades marinas. Sus efectos dependerán de los ecosistemas que reciban estos vertidos, las condiciones hidrodinámicas de la zona, la profundidad de descarga y el flujo de salmuera.^{2,3}

Los estudios de monitoreo ecológico han registrado efectos variables que van desde la ausencia de impactos sobre las comunidades bentónicas—cuando las descargas se producen en ambientes con poca mezcla— a alteraciones generalizadas de la estructura de la comunidad en plantas marinas, arrecifes de coral y ecosistemas de sedimentos blandos. En las zonas donde la disolución del agua es más rá-

vida, los efectos ambientales parecen limitarse a decenas de metros de los emisarios.⁴

Las comunidades de plantas marinas son particularmente sensibles a estos vertidos.^{5,6} La fanerógama *Posidonia oceanica* es especialmente vulnerable a los cambios de salinidad provocados por los vertidos de salmuera, y a salinidades de 39,1 y 38,4 muestra cambios significativos en su estructura y vitalidad, respectivamente.⁶ Los haces de *P. oceanica* disminuyen significativamente su crecimiento y supervivencia con el aumento de salinidad.^{7,8} Cuando se alcanzan salinidades por encima de los 42 psu (Unidades Prácticas de Salinidad, por sus siglas en inglés) la mortalidad de esta planta marina aumenta, llegando al 100 % en salinidades de 50 psu.⁷

Solo hay un estudio en el que se evalúan los efectos de la salmuera en praderas de posidonia en las Islas Baleares, concretamente en la isla de Formentera, donde los vertidos medios de salmuera entre 1994 y 2019 fueron de 0,59 hm³/año.⁵ Este estudio mostró una gran sensibilidad de esta planta marina a los efectos de la salinidad y la eutrofización derivados de los vertidos de la desalinizadora. Las plantas mostraron cambios estructurales y fisiológicos, aunque no se registró una reducción extensiva de la pradera.⁵ Los autores atribuyen estos resultados a la alta radiación incidente y la rápida dilución y dispersión de la salmuera debido a la situación de la pradera en aguas poco profundas.⁵

¿QUÉ ES?

Volumen de agua potable desalada producida por las plantas desalinizadoras de las Islas Baleares en hectómetros cúbicos por año ($\text{hm}^3/\text{año}$), es decir, en miles de millones de litros por año.

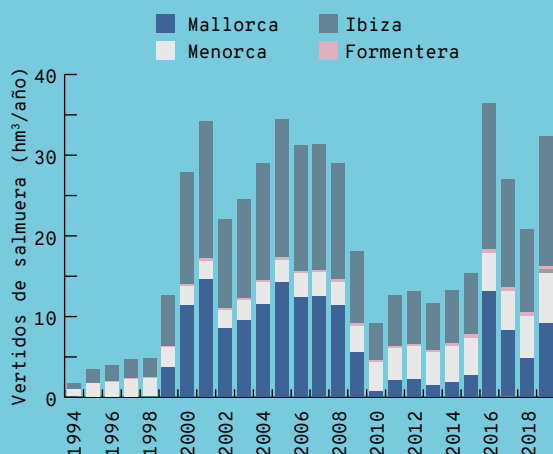
Volumen de salmuera vertido al mar por las plantas desalinizadoras en $\text{hm}^3/\text{año}$.

METODOLOGÍA

Los datos proceden de la Agència Balear de l'Aigua i la Qualitat Ambiental (ABAQUA). Se han obtenido del [Portal de l'Aigua](#) de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears.

RESULTADOS

- Hay un total de ocho plantas desalinizadoras activas en las Islas Baleares.
- En Mallorca, la producción de agua desalada se ha quintuplicado en los últimos seis años, lo que conlleva un aumento de los vertidos de salmuera al medio marino. Para el total de las islas el aumento entre 1994 y 2019 ha sido del 243 %.
- En Menorca, la planta desalinizadora entró en funcionamiento en mayo de 2019, y ese año produjo $0,7 \text{ hm}^3$.
- En el año 2019 se vertieron un total de $32,28 \text{ hm}^3$ —es decir, 32.280 millones de litros— de salmuera al mar Balear. Esta cifra es algo menor que la del año 2016, cuando se vertió un total de $36,40 \text{ hm}^3$, coincidiendo con un período de sequía.
- Para evitar el impacto medioambiental de la salmuera es importante verterla de forma que se diluya rápidamente y en zonas donde no haya pradera de *Posidonia oceanica*, particularmente sensible a los cambios de salinidad.



Vertidos de salmuera en el mar en hectómetros cúbicos por año ($\text{hm}^3/\text{año}$) para cada isla y total de las Baleares entre 1994 y 2019.

¿POR QUÉ?

La producción de agua potable desalada está aumentando en muchas zonas del Mediterráneo debido a la escasez de agua. Dicha escasez se produce a causa de un desequilibrio entre los recursos hídricos limitados y una demanda creciente relacionada con el aumento de población y la industria turística.

El producto de desecho del proceso de desalinización es agua concentrada en sales (salmuera) que se vierte al mar, donde puede afectar gravemente a sus ecosistemas.

Las praderas de *Posidonia oceanica* son particularmente sensibles a los cambios de salinidad y se ven gravemente afectadas por los vertidos de salmuera, sobre todo en áreas con poca mezcla de agua.¹⁻⁴ Los vertidos de salmuera deben realizarse correctamente para evitar un impacto negativo en los ecosistemas marinos.

LOCALIZACIÓN



REFERENCIAS

- ¹ FERNÁNDEZ-TORQUEMADA, Y.; CARRATALÁ, A.; LIZASO, J. L. S. (2019). «Impact of brine on the marine environment and how it can be reduced». *Desalination and Water Treatment*, 167, 27-37. DOI: 10.5004/dwt.2019.24615.
- ² GACIA, E. *et al.* (2007). «Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow». *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 72, 579-590. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.11.021.
- ³ ROBERTS, D. A.; JOHNSTON, E. L.; KNOTT, N. A. (2010). «Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies». *Water Research*, 44, 5117-5128. DOI: 10.1016/j.watres.2010.04.036.
- ⁴ SÁNCHEZ-LIZASO, J. L. *et al.* (2008). «Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants». *Desalination*, 221, 602-607. DOI: 10.1016/j.desal.2007.01.119.

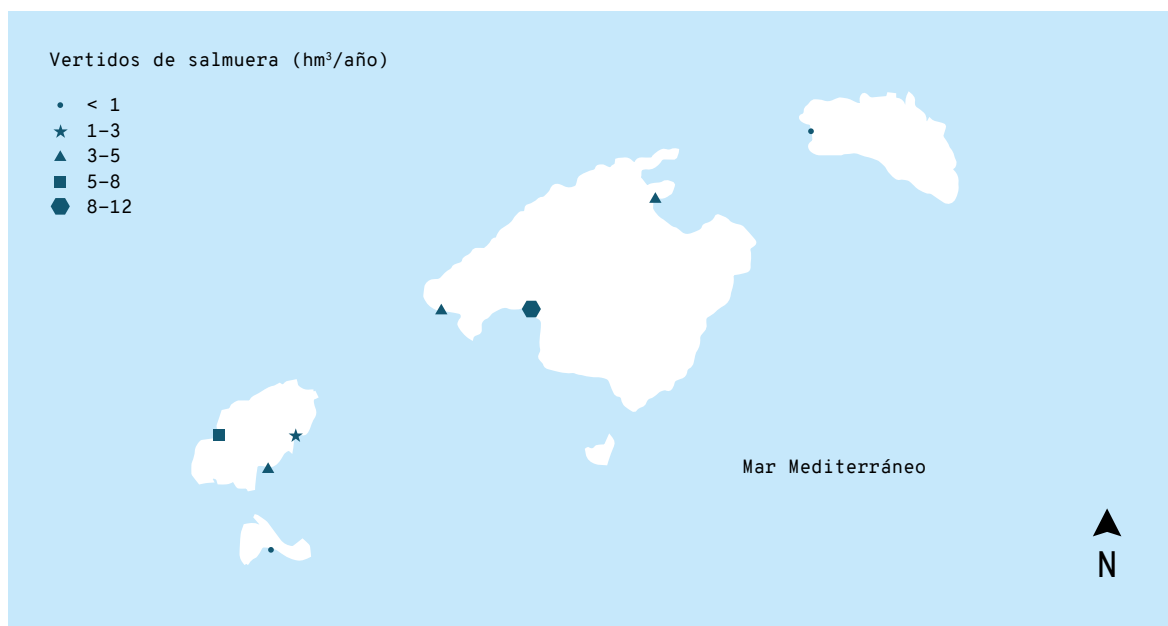


Figura 1. Distribución de vertidos de salmuera según su volumen. FUENTE: Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears.¹⁰

Adicionalmente, una variedad de diferentes sustancias —como aditivos antical, biocidas, agentes tensioactivos o residuos sólidos procedentes de la limpieza de los filtros— podrían acompañar continua o esporádicamente a los vertidos,⁹ con sus consecuentes impactos ambientales.⁵

Las plantas desalinizadoras suponen una amenaza potencialmente grave sobre los ecosistemas marinos.⁴ Los impactos derivados de los vertidos de salmuera, su mayor temperatura y contaminantes asociados afectan a la calidad de las aguas donde se vierten. Aun así, si los vertidos se realizan en áreas con una buena mezcla e hidrodinamismo, el impacto ambiental tiende a reducirse a una pequeña escala (decenas de metros de la zona de vertido).⁴

NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Decisión de la Comisión Europea, de 1 de septiembre de 2010, sobre los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas (2010/477/UE).
- 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).
- Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las directivas 82/176/CEE, 85/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CEE.

METODOLOGÍA

Los datos de los volúmenes de agua producida por procesos de desalinización, los vertidos de salmuera, el agua captada y el tipo de vertido se han obtenido de los documentos iniciales para elaborar el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares. Estos datos se encuentran disponibles en el [Portal de l'Aigua](#)¹⁰ de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears, y proceden de la Agència Balear de l'Aigua i la Qualitat Ambiental (ABAQUA).

La eficiencia de las membranas de ósmosis inversa de las plantas de las Baleares se ha estimado en el 45 %; es decir, que por cada litro de agua extraído del mar se obtiene algo menos de la mitad de agua dulce (0,45 litros) y se producen 0,55 litros de salmuera.¹¹

RESULTADOS

Actualmente existe un total de ocho instalaciones desalinizadoras de agua de mar (IDAM) en las Baleares: 3 en la isla de Mallorca (bahía de Palma, Andratx y Alcúdia), 3 en Ibiza (Vila, Santa Eulària, Sant Antoni), 1 en Formentera y otra en Menorca (Ciutadella) (Figura 1). La planta desalinizadora de Ciutadella entró en funcionamiento el mes de mayo de 2019. Todas pertenecen al Govern de les Illes Balears. Su producción se destina al abastecimiento urbano.

La producción de agua desalinizada presenta una gran variabilidad estacional, con picos durante los meses de verano y menor actividad durante la temporada baja. Ello se debe a una mayor demanda durante el verano, coincidiendo con una mayor afluencia de turistas y con el período del año de mayor sequía (Figura 2).

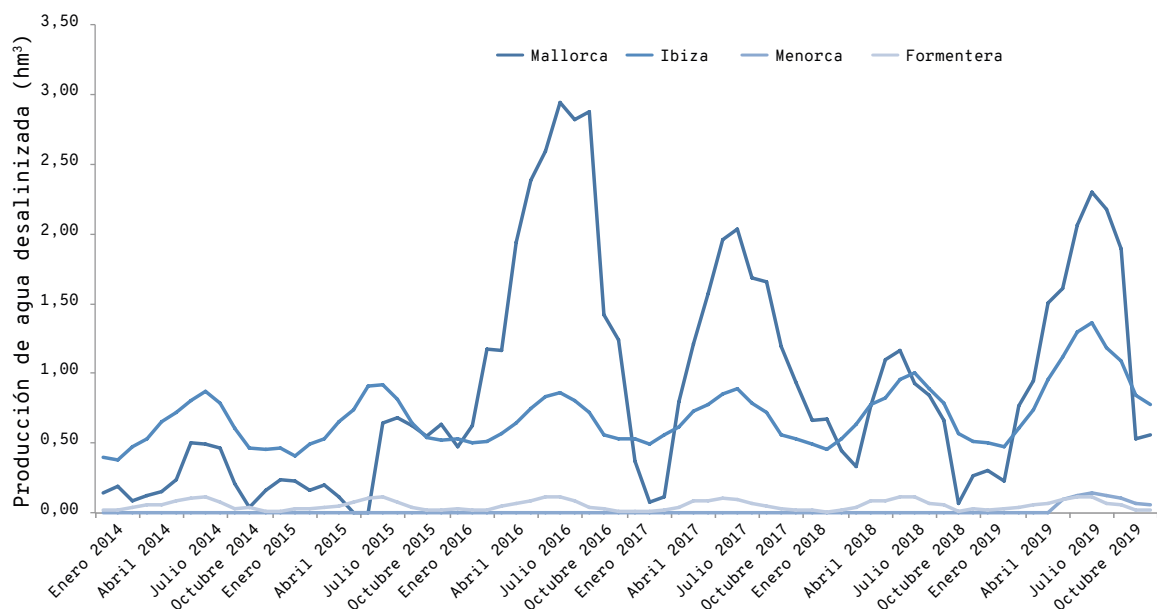


Figura 2. Producción de agua desalinizada entre los años 2014 y 2019 en hectómetros cúbicos. FUENTE: Agència Balear de l'Aigua i la Qualitat Ambiental (ABAQUA).¹²

En el año 2019 se produjo un total de 26,41 hm³ de agua desalada entre las ocho plantas desalinizadoras de las Baleares. Esta producción de agua dulce llevó asociado un vertido de salmuera de 32,28 hm³, es decir, 32.280 millones de litros (Tabla 1).

Los vertidos de salmuera han variado a lo largo del tiempo (Figs. 2-4). En el año 1994 solo estaba en funcionamiento la planta desalinizadora de la ciudad de Ibiza (Ibiza), y el volumen de salmuera vertido al mar fue de 1,72 hm³. En cambio, en 2016 había seis plantas desalinizadoras en funcionamiento (bahía de Palma, Andratx, Alcúdia, Ibiza, Sant Antoni y Formentera), y fue el año en que se produjo mayor cantidad de agua potable (29,79 hm³) y, por tanto, los mayores vertidos de salmuera al mar

(36,40 hm³) (Figs. 3 y 4). Entre 1994 y 2019 la producción de agua desalinizada en las Islas Baleares —y sus vertidos de salmuera— ha aumentado un 243 % (Figs. 3 y 4).

En la isla de Mallorca la producción de agua desalada casi se ha quintuplicado en los últimos 6 años, pasando de 3,02 hm³ en 2014 a 14,8 hm³ en 2019. Asociado a este aumento de la producción de agua potable desalinizada se ha registrado un incremento de los vertidos de salmuera al medio costero (Figs. 2-4). El mayor aumento de producción de agua desalada se registró durante los años 2015 y 2016, cuando debido a un período de sequía los pozos de captación y los embalses se encontraban a niveles muy bajos.

Tabla 1. Producción de agua potable desalinizada, volumen de salmuera vertido y agua de mar captada en las diferentes plantas desalinizadoras, totales por islas y total de las Islas Baleares en 2019. FUENTE: Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears.¹⁰

Isla	Planta desalinizadora	Agua producida (hm ³ /año)	Vertido de salmuera (hm ³ /año)	Agua captada (hm ³ /año)	Tipo de vertido
Mallorca	Bahía de Palma	10,19	12,46	22,65	Torrente
	Andratx	2,81	3,43	6,25	Emisario
	Alcúdia	1,84	2,25	4,09	Costa
	Total Mallorca	14,84	18,14	32,99	
Menorca	Ciutadella	0,67	0,82	1,50	Emisario
	Total Menorca	0,67	0,82	1,50	
Ibiza	Ibiza (ciudad)	3,44	4,20	7,64	Costa
	Santa Eulària	2,59	3,16	5,75	Emisario
	Sant Antoni	4,17	5,10	9,27	Costa
	Total Ibiza	10,20	12,46	22,66	
Formentera	Formentera	0,70	0,85	1,55	Emisario
	Total Formentera	0,70	0,85	1,55	
Total Islas Baleares		26,41	32,28	58,70	

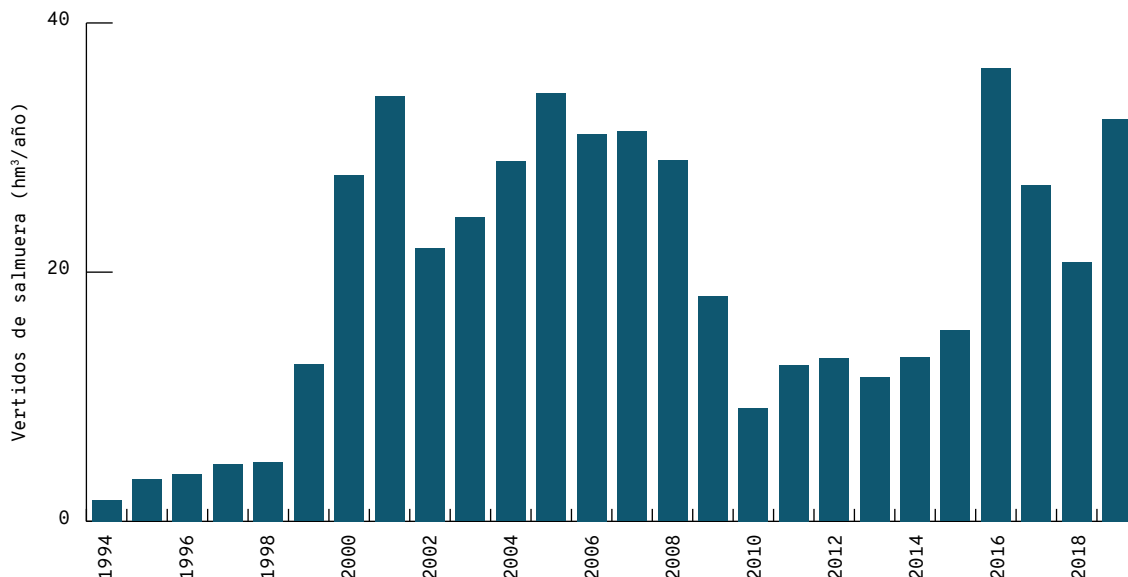


Figura 3. Vertidos totales de salmuera al mar en hectómetros cúbicos por año entre 1994 y 2019. FUENTE: Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears.¹⁰

En Ibiza, el aumento de la producción de agua desalinizada ha sido del 43 % en los últimos seis años, pasando de 7,1 hm³ en 2014 a 10,2 hm³ en 2019. Este aumento ha sido mayor durante la temporada alta que durante la temporada baja (Figura 2). Paralelamente a este aumento de la producción se registra un incremento de los vertidos de salmuera al medio marino.

En Formentera, toda el agua urbana suministrada procede de su planta desalinizadora. La producción —y, por tanto, sus vertidos de salmuera— han aumentado un 6 % durante los últimos seis años. En 2015 se realizó una ampliación de esta IDAM para aumentar su capacidad máxima de 4.000 a 5.000 m³/día, debido a la gran demanda de agua durante los meses de julio y agosto.

Desde el año 1994, ha habido seis años en que los vertidos de salmuera han superado los 30.000 millones de litros (30 hm³): 2001, 2005, 2006, 2007, 2016 y 2019 (Figura 2).

CONCLUSIONES

Las instalaciones desalinizadoras de agua de mar suplen la demanda creciente de agua en las Islas Baleares, llegando a generar el 100 % del agua suministrada en la isla de Formentera.

Las plantas desalinizadoras suponen una amenaza potencialmente grave sobre los ecosistemas marinos. Los impactos derivados de los vertidos de salmuera, su mayor temperatura y contaminantes asociados afectan la calidad de las aguas en las que se vierten.

Las praderas de *Posidonia oceanica* son particularmente sensibles a los vertidos de salmuera.

En las Islas Baleares hay activas un total de ocho instalaciones desalinizadoras de agua de mar.

La producción de agua potable ha variado entre 1,41 y 29,78 hm³ en los años 1994 y 2016, respectivamente. Esta producción de agua desalada ha provocado vertidos de salmuera que han variado entre 1,72 y 36,40 hm³.

Entre los años 1994 y 2019 la producción de agua desalinizada en las Illes Balears —y sus vertidos de salmuera— ha aumentado un 243 %.

Desde que hay plantas de desalinización activas en las Baleares ha habido seis años en los que se han producido vertidos de salmuera al medio marino que superan los 30.000 millones de litros (30 hm³): 2001, 2005, 2006, 2007, 2016 y 2019.

En Mallorca, la producción de agua desalada se ha quintuplicado en los últimos seis años, lo que ha llevado a un aumento en los vertidos de salmuera al medio costero. El mayor aumento de producción de agua desalada se registró durante los años 2015 y 2016 debido a un período de sequía.

Los estudios científicos recomiendan diseñar y planificar las plantas desalinizadoras en áreas donde no haya praderas de posidonia. Para evitar impactos medioambientales es importante verter la salmuera de forma que se diluya rápidamente.

En las zonas donde la dilución de la salmuera es relativamente rápida el impacto ambiental tiende a reducirse a una pequeña escala (decenas de metros de la zona de vertido).

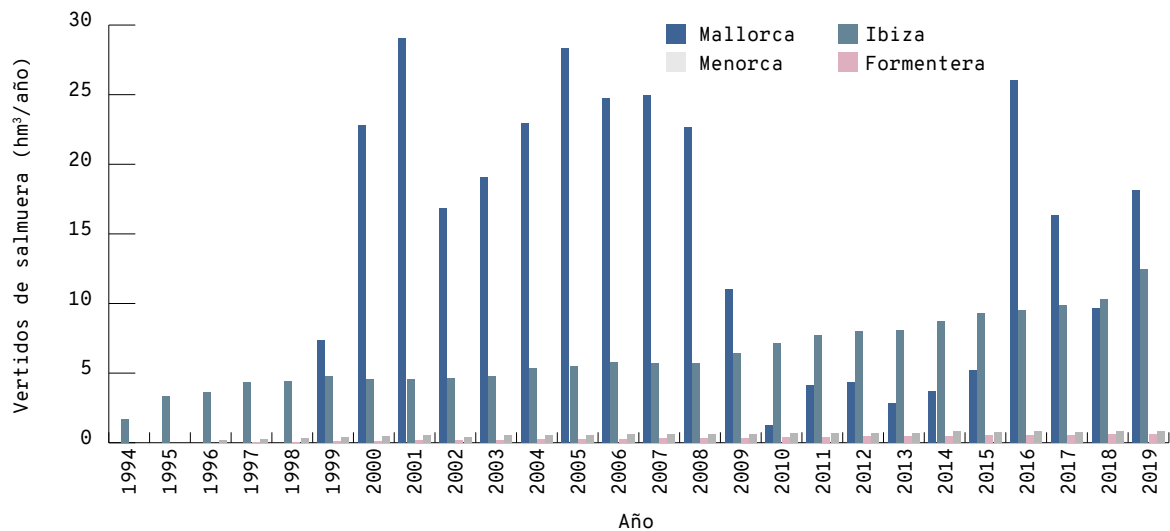


Figura 4. Vertidos de salmuera al mar en hectómetros cúbicos por año en las diferentes islas entre 1994 y 2019. FUENTE: Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears.¹⁰

REFERENCIAS

- ¹ FARIÑAS, M. (2001). «Novedades introducidas en la desalación de agua de mar por Ósmosis Inversa». *Publicaciones Asociación Española de Desalación y Reutilización*, 3, 13-16.
- ² HOPNER, T.; WINDELBERG, J. (1997). «Elements of environmental impact studies on coastal desalination plants». *Desalination*, 108, 11-18. DOI: 10.1016/s0011-9164(97)00003-9.
- ³ LATTEMANN, S.; HOPNER, T. (2008). «Environmental impact and impact assessment of seawater desalination». *Desalination*, 220, 1-15. DOI: 10.1016/j.desal.2007.03.009.
- ⁴ ROBERTS, D. A.; JOHNSTON, E. L.; KNOTT, N. A. (2010). «Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies». *Water Research*, 44, 5117-5128. DOI: 10.1016/j.watres.2010.04.036.
- ⁵ GACIA, E. *et al.* (2007). «Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow». *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 72, 579-590. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.11.021.
- ⁶ SÁNCHEZ-LIZASO, J. L. *et al.* (2008). «Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants». *Desalination*, 221, 602-607. DOI: 10.1016/j.desal.2007.01.119.
- ⁷ FERNANDEZ-TORQUEMADA, Y.; SANCHEZ-LIZASO, J. L. (2005). «Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile». *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 320, 57-63. DOI: 10.1016/j.jembe.2004.12.019.
- ⁸ FERNANDEZ-TORQUEMADA, Y.; CARRATALA, A.; LIZASO, J. L. S. (2019). «Impact of brine on the marine environment and how it can be reduced». *Desalination and Water Treatment*, 167, 27-37. DOI: 10.5004/dwt.2019.24615.
- ⁹ EINAV, R.; HARUSSI, K.; PERRY, D. (2003). «The footprint of the desalination processes on the environment». *Desalination*, 152, 141-154. DOI: 10.1016/s0011-9164(02)01057-3.
- ¹⁰ PORTAL DE L'AIGUA [<http://www.caib.es/sites/aigua/ca/>].
- ¹¹ ANDERSEN, J. H.; CONLEY, D. J. (2009). «Eutrophication in coastal marine ecosystems: towards better understanding and management strategies». *Hydrobiologia*, 629, 1-4.
- ¹² ABAQUA (2019). «Memòria anual 2019». Conselleria de Medi Ambient i Territori. Agència Balear de l'Aigua i la Qualitat Ambiental (ABAQUA).

CITAR COMO

VAQUER-SUNYER, R.; BARRIENTOS, N.; MARTINO, S.; CALVO, J. (2021). «Plantas desalinizadoras: volumen de agua potable producida y vertidos de salmuera». En: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2021* <<https://informemarbalea.org/es/pressions/imb-pressions-dessaladores-esp.pdf>>