



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

**ESTUDIO SOBRE LA AFECCIÓN DEL VERTIDO DE LA EDAR
DE RINCÓN DE LEÓN EN LA ZONA MARÍTIMA LOCALIZADA
AL SUR DEL PUERTO DE ALICANTE Y POSIBLES
ALTERNATIVAS.**

Alicante Mayo 2019

JOSÉ LUIS SÁNCHEZ LIZASO, Doctor en Ciencias Biológicas y Catedrático de la Universidad de Alicante CERTIFICA que el presente informe ha sido realizado bajo mi dirección.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente escrito, en Alicante a 20 de mayo de 2019.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping strokes that form a stylized, somewhat abstract shape, likely representing the initials 'JL'.

Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

Han participado en el presente estudio:

José Luis Sánchez Lizaso (Coordinador)

Yoana del Pilar Ruso

Yolanda Fernández Torquemada

Adoración Carratalá Giménez

Fabio Blanco Murillo

Alfonso A. Ramos Esplá

ESTUDIO SOBRE LA AFECCIÓN DEL VERTIDO DE LA EDAR DE RINCÓN DE LEÓN EN LA ZONA MARÍTIMA LOCALIZADA AL SUR DEL PUERTO DE ALICANTE Y POSIBLES ALTERNATIVAS.

1. Introducción:

La Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural a través de la Dirección General del Agua ha encargado al Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante el contrato menor para la ejecución de un estudio sobre la afección del vertido de la EDAR de Rincón de León en la zona marítima localizada al sur del puerto de Alicante y posibles alternativas para ser realizado entre los años 2018 y 2019.

Los objetivos de dicho contrato son:

- Recopilación de la información disponible de esta zona de la Bahía de Alicante.
- Valoración de la influencia de cada una de las diferentes actividades antrópicas que confluyen en la zona. Se prestará particular atención a la influencia del vertido de la EDAR de Rincón de León y su influencia en la eutrofización de la zona.
- Descripción de las posibles alternativas para la mejora de la calidad de la masa de agua.
- Realización de aquellas otras acciones que, de común acuerdo, se estimen oportunas y que contribuyan a una mejor valoración del estado de la masa de agua en cuestión.

2. Información disponible en la zona de la Bahía de Alicante

En el apartado 6 “Referencias e información consultada” se incluye un listado de la información que ha sido consultada para la realización de este contrato. Dicha información incluye publicaciones científicas pero, principalmente, informes técnicos que se han realizado en la zona con diferentes objetivos, pero que aportan información sobre el estado de las comunidades marinas y su evolución en el tiempo.

También se analiza la información aportada por la Entitat de Sanejament sobre los caudales y carga contaminante vertidos por la EDAR de Rincón de León entre los años 2000 y 2018. Los nutrientes aportados por la línea B de la EDAR de Rincón de León se han estimado a partir de los nutrientes medidos en la línea A asumiendo una proporción entre ambas líneas similar a la de otros contaminantes que se han medido en ambas.

3. Valoración de la influencia de cada una de las diferentes actividades antrópicas que confluyen en la zona.

La zona de estudio es una zona fuertemente modificada por las actividades humanas ligadas a la ciudad y el puerto de Alicante desde hace siglos. En este apartado se analizan los diferentes impactos que se han producido en las últimas décadas y la influencia que pueden haber tenido en el estado actual de las comunidades marinas.

3.1 Puerto de Alicante y sus sucesivas ampliaciones.

La construcción y ampliación del puerto de Alicante ha producido la transformación más importante de las comunidades marinas en la zona de estudio ya que, por una parte, ha producido la pérdida definitiva de hábitats que han quedado ocupados por los terrenos ganados al mar. Por otra parte, dentro del puerto, la escasa renovación de agua provoca una transformación notable de las condiciones previas a su construcción y la sustitución de las comunidades marinas de aguas abiertas por otras propias de aguas confinadas. Además, algunas de las actividades portuarias pueden suponer la introducción de contaminantes en estas zonas con poca renovación de agua, lo que afecta a su calidad. Del mismo modo el tráfico de embarcaciones es una de las causas de introducción y expansión de especies exóticas que suelen aparecer dentro de los puertos y expandirse a partir de ellos (Zibrowius y Ramos, 1983).

Por último, en las zonas cercanas se producen impactos tanto en la fase de construcción como en la de funcionamiento. En la fase de construcción o ampliación del puerto se genera turbidez por los materiales aportados para su construcción que puede alcanzar zonas amplias. Una vez construido el puerto se genera una modificación de la dinámica litoral que puede cambiar la dinámica sedimentaria pero también generar zonas con menor renovación de aguas. También se ha observado una influencia en las zonas próximas a las bocanas de los puertos que puede estar relacionado con la dispersión de los contaminantes portuarios (Fernández Torquemada et al 2005).

La última ampliación del puerto de Alicante se realizó entre 2003 y 2008 y supuso una importante expansión hacia el sur del mismo (Figura 1) que, probablemente, sea la

principal causa de la importante regresión de la pradera de *Posidonia* en la zona observada en esos años.



Figura 1: Plano del Puerto de Alicante en el que se señala la última ampliación (Fuente puerto de Alicante).

3.2 Dragados del puerto de Alicante

La deposición de sedimentos dentro del puerto provoca su lenta colmatación y hace que sean necesarios dragados periódicos para que mantenga su funcionalidad. Los sedimentos dragados en el puerto se vierten al mar y, en alguna ocasión, se han vertido en la zona costera al sur del puerto (Ramos Esplá com. pers). La tendencia más reciente ha sido que estos sedimentos se viertan a profundidades superiores a 50 metros reduciendo los impactos sobre las comunidades litorales. No se dispone de información sobre los años de los dragados y los volúmenes vertidos y sería interesante poder recabar esta información. Tampoco se conocen dragados recientes en la zona.

3.3 Fondeo de embarcaciones

En las cercanías del puerto de Alicante existen zonas autorizadas para el fondeo de grandes embarcaciones mientras esperan para entrar en el puerto (Figura 2). Existen evidencias de que algunas embarcaciones fondean fuera de las zonas autorizadas

provocando una erosión de la pradera de *Posidonia* profunda.

Las embarcaciones deportivas también pueden fondear sobre pradera de *Posidonia* contribuyendo a su erosión. Sin embargo, la zona al sur del puerto de Alicante no es propicia para esta actividad. Este impacto es mayor en la zona del Postiguet, el cabo de las Huertas y la isla de Tabarca.

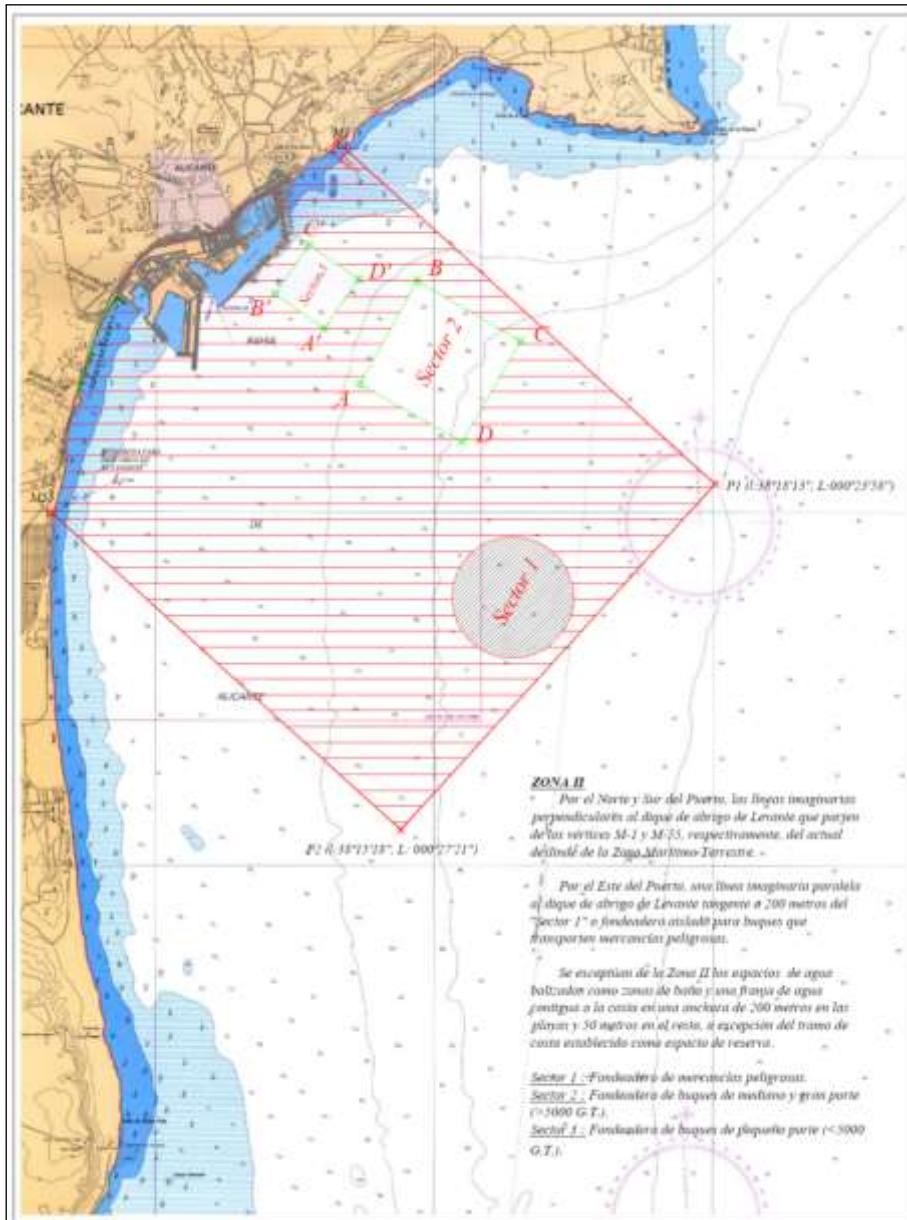


Figura 2: Zonas de fondeo autorizado en las cercanías del puerto de Alicante

3.5 Vertidos industriales:

Desde finales del siglo XIX y principios del XX se instalaron en la fachada marítima del municipio de Alicante diversas industrias químicas como las refinerías de la compañía Deustch y de la Sociedad Fourcade y Provot o la Compañía Madrileña del gas (Ramos Hidalgo et al 1996). En 1906 se instala la Sociedad Anónima Cross, para elaborar superfosfato para abonos que estuvo funcionando hasta finales de los años 70 y en 1910 se instala, junto a ella, otra empresa dedicada al mismo fin, la Unión Española de Fábricas de Abonos, de Productos Químicos y de Superfosfatos (Ramos Hidalgo et al 1996). Otra empresa importante ha sido la fábrica de aluminio que llegó a emplear a 1850 trabajadores en el año 1979. Se trata de una empresa que empezó produciendo cobre en 1849 y que a partir de 1915 incorpora el aluminio (<https://aludium.com/es/aludium/nuestra-historia/>). No existe constancia del tipo de vertidos de estas industrias, pero podrían estar relacionados con los elevados niveles de algunos contaminantes que se han registrado en los sedimentos de la zona de Babel y San Gabriel (Zarzo, 1990).

También estuvo funcionando durante algunos años un punto de descarga de hidrocarburos al sur del puerto de Alicante. En las operaciones de descarga de hidrocarburos se producen pequeños derrames y vertidos que pueden haber contribuido a la degradación de la zona.

Entre los vertidos industriales a la bahía cabe mencionar también el vertido del matadero de Alicante en la zona de Aguamarga, caracterizado por los elevados niveles de materia orgánica. Este vertido desapareció con el cierre del matadero en el año 2008.

3.6 Vertidos de aguas residuales urbanas

Zoffmann (1984, 1987) señala los principales vertidos existentes en el municipio de Alicante a principios de los años 80. Además de los vertidos que aparecen en la figura 3 cita otros vertidos directos. Los más importantes de estos vertidos directos de aguas sin tratar se producían al sur del puerto de Alicante con 800 m³/h. Esta autora estima que en esos años se vertían unos 1800 m³/h de agua residual no tratada y unos 450 m³/h de

agua tratada y aproximadamente una cantidad similar de agua tratada se reutilizaba para riego.

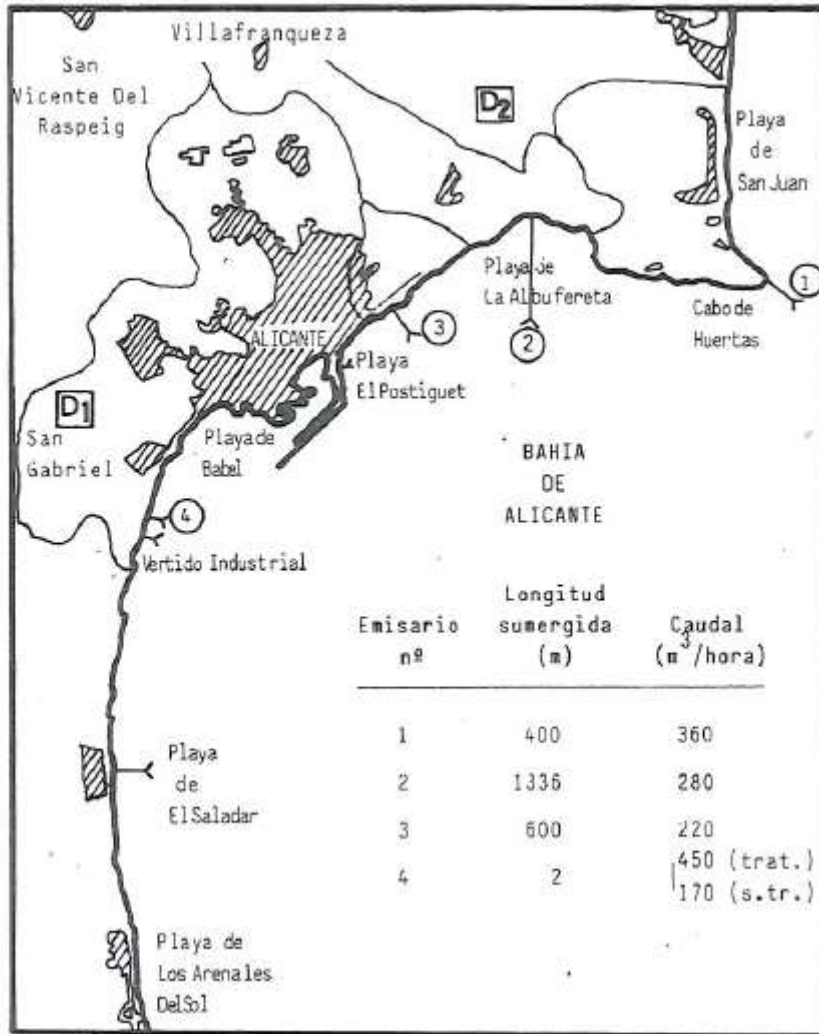


Figura 3: Principales vertidos de aguas residuales urbanas en la Bahía de Alicante a principios de los años 80 (tomado de Zoffmann 1987).

A partir de la información facilitada por Zoffmann (1987) se ha podido estimar las cantidades de contaminantes que se descargaban en el municipio de Alicante entre 1981 y 1983 (Tabla 1). La descarga total de aguas residuales era inferior a la actual (Figura 4) pero la carga orgánica vertida así como los sólidos en suspensión eran mucho mayores (Figuras 5, 6 y 7) debido a la escasa proporción que de estos vertidos que estaban sometidos a tratamiento. Sin embargo, los aportes de nutrientes al sur del puerto de Alicante no han disminuido y son mayores en la actualidad (Figuras 8 y 9).

Tabla 1: Estimación de contaminantes vertidos con aguas residuales en el municipio de Alicante en 1981-1983. Calculado a partir de Zoffmann (1987)

	Caudal (m ³ /d)	DQO (t/año)	DBO5 (t/año)	SS (t/año)	N (t/año)	P (t/año)
Vertidos totales	54720	11946.9	6931.4	7371.5	878.4	119.8
Vertidos al sur del puerto	34080	6485.1	3729.6	3981.4	558.2	74.6
% al sur del puerto	62.3	54.3	53.8	54.0	63.6	62.3

En la actualidad los vertidos se han reducido quedando, al sur del puerto de Alicante, los aliviaderos del Palmeral, San Gabriel y la Cross que, en principio, solo vierten aguas residuales diluidas cuando se producen episodios de lluvias de importancia y la conducción de vertido de la EDAR de Rincón de León (Ayuntamiento de Alicante 2012). Esta EDAR tiene una capacidad nominal de 75000 m³/día y trata dos líneas, la línea A de 50000 m³/día y la línea B de 25000 m³/día. La línea B tiene una peor calidad (en términos de conductividad, contenido en nutrientes, DBO y DQO) que la línea A. En 2008 entró en funcionamiento la IRAD con ósmosis inversa que funciona a demanda de los usuarios finales con una capacidad de 34200 m³/día y que trata principalmente el agua de la línea A, a pesar de que el agua de la línea B tiene una mayor conductividad (4500 µS/cm frente a 2500 µS/cm). No existen datos del vertido que se puede producir a través de los aliviaderos existentes.

La figura 4 muestra la evolución de los caudales vertidos por la EDAR de Rincón de León desde el año 2000. Se observa una tendencia a la reducción del caudal vertido con el tiempo a partir de 2006 lo que puede indicar una mayor reutilización del agua tratada. Esta reducción del caudal es la principal causa de la disminución de los aportes contaminantes del vertido (Figuras 5-7). A pesar de ello la EDAR de Rincón de León vierte una cantidad muy importante de nutrientes a la bahía de Alicante siendo la principal fuente de eutrofización de la misma en la actualidad (Figuras 8 y 9).

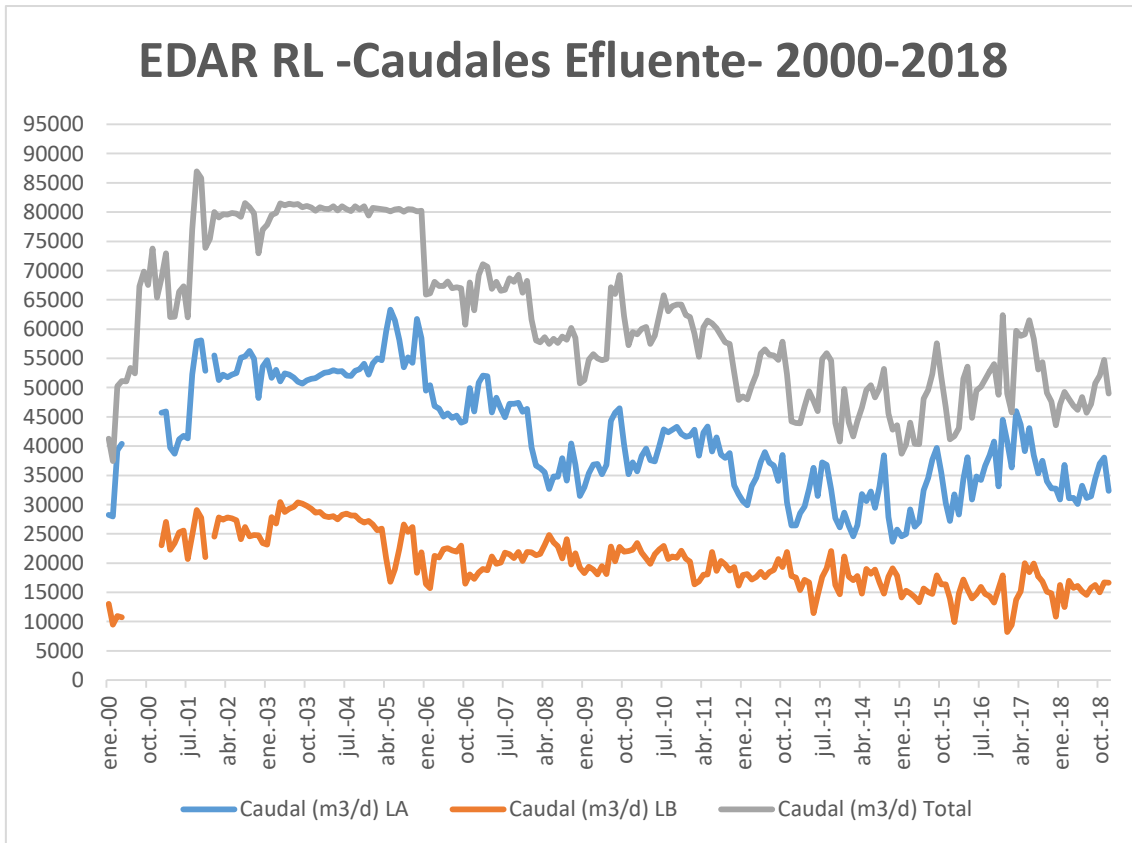


Figura 4: Evolución de los caudales vertidos por la EDAR de Rincón de León entre el año 2000 y el 2018

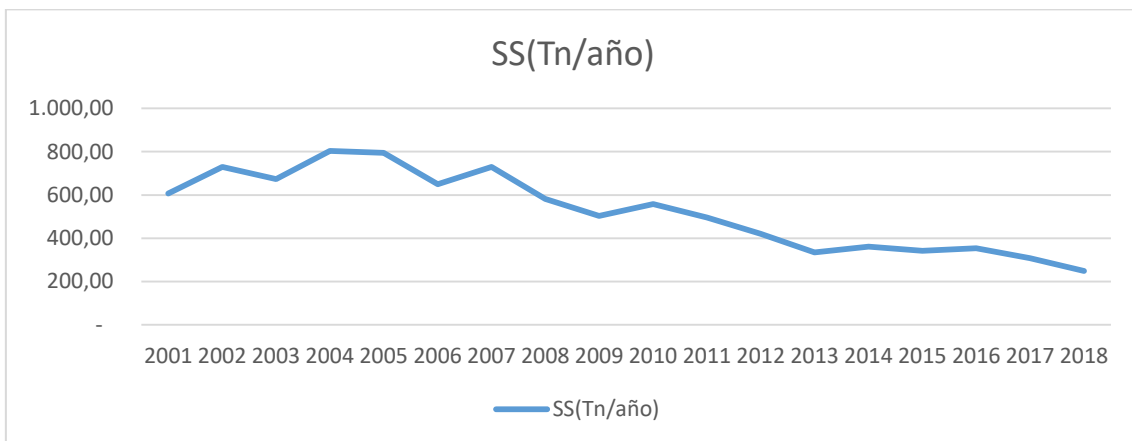


Figura 5: Estimación de los sólidos en suspensión vertidos por la EDAR de Rincón de León.

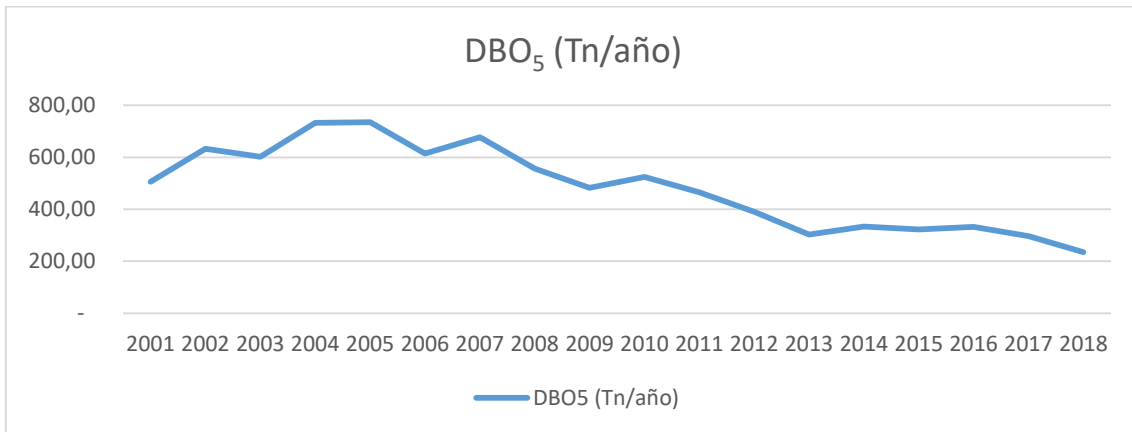


Figura 6: Estimación de la evolución de DBO₅ vertida por la EDAR de Rincón de León.

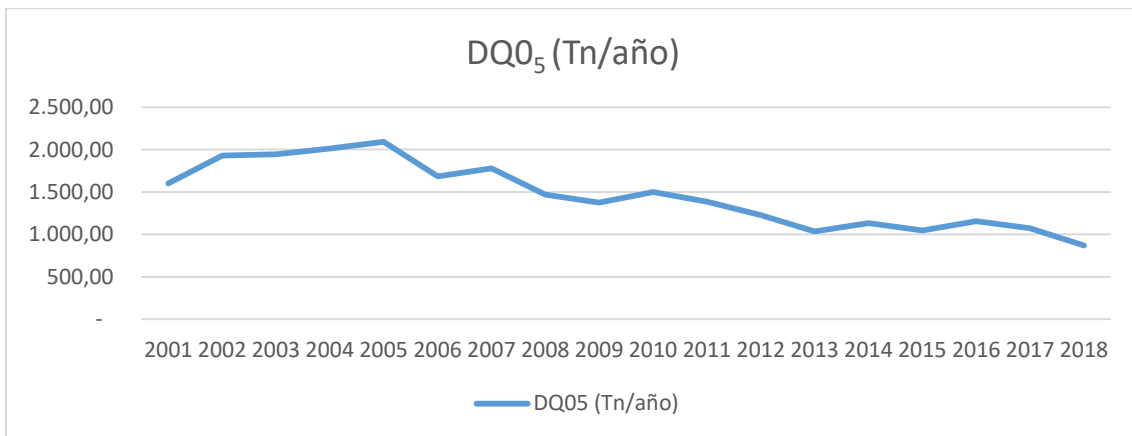


Figura 7: Estimación de la evolución de DQO₅ vertida por la EDAR de Rincón de León.

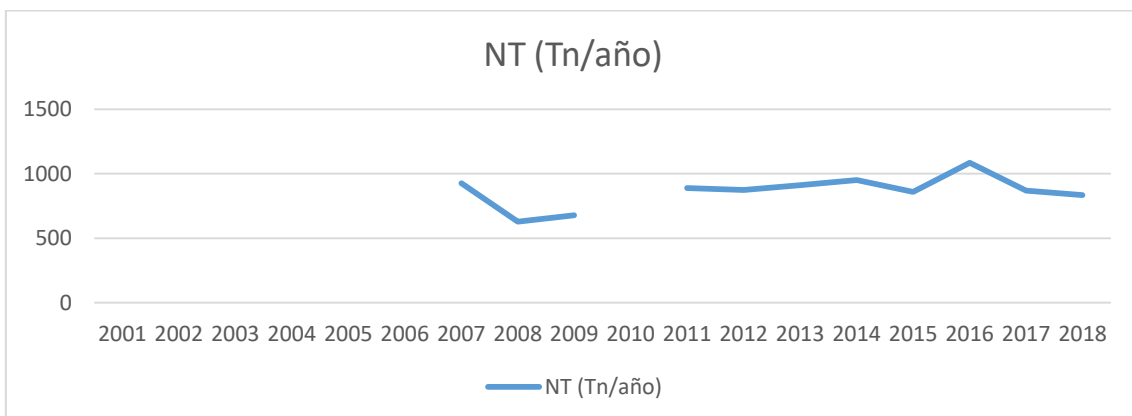


Figura 8: Estimación de la evolución del nitrógeno total vertido por la EDAR de Rincón de León.

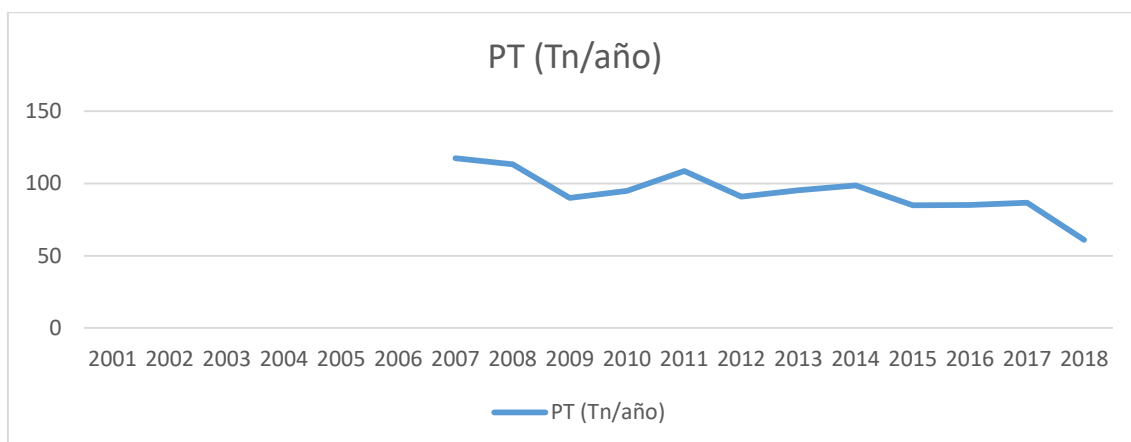


Figura 9: Estimación de la evolución del fósforo total vertido por la EDAR de Rincón de León.

3.7 Vertido desalinizadoras

La desalinizadora de Alicante I empezó a funcionar en septiembre del año 2003. Inicialmente, tenía una capacidad máxima de $50000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, con una tasa de recuperación del 42-44 %, lo que representaba un vertido de aproximadamente $66000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ con una salinidad de 68 ups. Sin embargo, en enero del año 2006, la instalación se amplió para producir hasta $68000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Además, en julio de 2008 entró en funcionamiento la planta de Alicante II que ha duplicado la capacidad de producción de agua en otros $68000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Las desalinizadoras han estado funcionando a un régimen de producción variable en función de las necesidades de abastecimiento (Hernández Sánchez et al 2017). Desde la ampliación de Alicante I se introdujo la posibilidad de diluir la salmuera con agua de mar previamente a su descarga. La dilución de la salmuera no es constante, y ha oscilado entre 1.5 y 5 partes de agua de mar por cada parte de salmuera, según los resultados del programa de seguimiento ambiental, con el objetivo de mantener la salinidad en la pradera dentro de los límites que se consideran seguros (Autores varios 2003, Sánchez Lizaso et al 2008).

El vertido de las desalinizadoras se caracteriza por tener una mayor concentración de sales que el agua de mar. Para reducir la influencia del vertido, desde 2006 se puso en marcha un sistema de dilución previa con agua de mar que ha reducido la influencia de dicho vertido sobre las comunidades marinas.



Figura 10: Vertido de la IDAM de Alicante antes de la introducción de la dilución previa

Previamente a la introducción de la dilución del vertido se observó la desaparición de los equinodermos en el límite superior de la pradera de *Posidonia* en las zonas con mayor influencia del vertido (Fernández Torquemada et al 2005a). También se observaron cambios en la comunidad bentónica en las zonas más próximas al vertido (del Pilar et al 2007, 2008, 2009). Desde la introducción de la dilución del vertido, las poblaciones de equinodermos se han recuperado en dichas estaciones presentando en la actualidad valores similares a los que habían antes de empezar el vertido (Fernández Torquemada et al 2013) y se ha reducido la influencia del vertido en las comunidades de infauna cercanas a la descarga (de la Ossa et al 2016).

3.8 Pesca

La zona al sur del puerto de Alicante es una zona habitual de pesca artesanal. Sin embargo el principal impacto es debido a la práctica de pesca de arrastre a profundidades inferiores a las permitidas. A pesar de que en la actualidad los sistemas

de control han mejorado significativamente con la introducción del VMS y el uso de helicópteros, todavía se observan marcas de arrastre que afectan a la pradera profunda. La figura 11 muestra una posible actividad de pesca de arrastre ilegal en la zona durante 2015.



Figura 11: Posible actividad de pesca de arrastre ilegal (puntos rojos) al sur del puerto de Alicante (tomado de Sánchez Torregrosa 2018).

3.9 Otros impactos

Además de los impactos locales la zona de estudio se encuentra sometida a otros impactos de carácter global que están transformando los ecosistemas mediterráneos. Aunque no existen estudios específicos en la zona, la elevación de las temperaturas está provocando un impacto significativo en las comunidades marinas del Mediterráneo al tiempo que favorece la expansión de determinadas especies introducidas (Bonanno et al 2019; Marbà et al 2015).

La zona fue una de las primeras en la Comunidad Valenciana en la que se observó la presencia de *Caulerpa cylindracea* en 1999 frente al puerto de Alicante (Ramos, obs.

pers.). Algunos trabajos han demostrado que ambas especies de *Caulerpa* compiten con *Posidonia oceanica*, particularmente cuando las praderas no son muy densas (Dumay et al 2002; Ceccherelli et al 2000), por lo que su presencia podría estar acelerando su regresión en las zonas más próximas al puerto de Alicante en las que la densidad de la pradera es muy baja con amplias zonas de mata muerta colonizada por *Caulerpa prolifera* y *Caulerpa cylindracea* (Sánchez Lizaso et al 2003, IEL 2010). Su presencia también puede perjudicar a otras comunidades protegidas como los fondos de maërl. En este sentido se ha observado su presencia en muestreos con draga a -25m de profundidad sobre fondos de rodolitos degradados (Ramos-Esplá, obs. pers.)

Por otra parte, como el resto del Mediterráneo español, la zona también se ha visto afectada por la mortalidad masiva de nacras (*Pinna nobilis*) que ha provocado su desaparición en aguas abiertas (Vazquez et al 2017; Panarese et al 2019).

4. Estado de las comunidades marinas en la zona de estudio

Los diferentes estudios realizados han puesto de manifiesto la profunda degradación de las comunidades litorales en la zona de estudio. Por una parte, todos los estudios realizados desde principios de los años 80 han puesto de manifiesto que los valores más elevados de contaminantes en el litoral de Alicante siempre se han encontrado al sur del puerto de Alicante al tiempo que era la zona con comunidades indicadoras de una menor calidad ambiental (Ramos Espla, 1981, 1984; Ramos y Ferrándiz 1983; Zoffmann, 1984, 1987; Zarzo, 1990, ...). Es una zona caracterizada por su elevada eutrofización, con valores de nutrientes, clorofilas y turbidez muy elevados que puntualmente provocan valores bajos de oxígeno disuelto. Estos niveles altos de contaminantes y elevada eutrofización se reflejan en el estado de las comunidades marinas. Las áreas menos profundas están dominadas por especies nitrófilas y oportunistas (*Ulva rigida*, *Enteromorpha spp*, *Corallina officinalis*, *Colpomenia sinuosa*, *Caulerpa spp.*, ...) mientras que las especies poco tolerantes a la contaminación (*Cystoseira spp*, *Dendropoma lebeche*) que debían estar presentes en la zona han desaparecido. La pradera de *Posidonia oceanica* se encuentra en profunda regresión. Existen amplias zonas de mata muerta que indican una distribución anterior mucho más amplia que la actual. Los primeros haces de *Posidonia oceanica* aislados entre mata muerta colonizada por *Caulerpa cylindracea* y *Caulerpa prolifera* aparecen en la actualidad a unos 17 m de profundidad. Con la profundidad el estado de la pradera mejora, se vuelve más continua, alcanzando mayores densidades y coberturas, a la vez que disminuye la proporción de mata muerta presente. A partir de los 20-22 m de profundidad la densidad y cobertura de la pradera vuelven a disminuir, probablemente por un efecto combinado de la pesca de arrastre y la alta turbidez de la zona.

Pero esta no es la única tendencia que se destaca en el área de estudio. Se aprecia una mejor conservación de la pradera conforme nos desplazamos hacia el sur alejándonos del puerto de Alicante, hasta alcanzar valores propios de una pradera en buen estado a la altura de Arenales debido a un menor efecto del Puerto de Alicante y del emisario de aguas residuales. Otra característica de la pradera profunda de esta zona es que no muestra recubrimiento del alga introducida *Caulerpa cylindracea* posiblemente debido a la falta de substrato (mata muerta y fango) y a la elevada densidad de *P. oceanica* que disminuye la disponibilidad lumínica de los estratos inferiores, perjudicando de un

modo importante a esta alga (Ceccherelli et al 2000).

Del mismo modo los resultados de los estudios sedimentológicos y de la infauna de fondos blandos también indican la alteración de la zona. Se observa una reducción de pH y valores de redox muy bajos que aumentan con la profundidad en el sedimento, lo que indica aportes de materia orgánica. El contenido en materia orgánica de los sedimentos es superior al que se observa en la misma zona a mayor profundidad (Ramos Esplá et al 2000). Las familias de poliquetos mejor representadas son los *Paraonidae*, seguido de *Maldanidae* (ambos típicos de zonas alteradas y con altos niveles de materia orgánica). También, un estudio realizado por Montava y Ramos-Esplá (2016) sobre la caracterización de los fondos blandos de la Bahía de Alicante, entre 5 y 25m de profundidad frente a la OAMI, concluyó que las comunidades mostraban una degradación con la presencia de especies indicadoras de estrés (*Caulerpa cylindracea*, *Capitellidae* spp., *Corophium* spp., *Corbula gibba*, *Phascolion strombi*).

En la zona más próxima al vertido de aguas residuales del emisario de Rincón de León el seguimiento realizado entre 2004 y 2008 detectó cambios en los parámetros físico-químicos en la proximidad del vertido respecto a las estaciones control, así como en la comunidad de infauna. Se observó un incremento del porcentaje de materia orgánica, así como la acidificación del medio, hecho que se traduce en un empobrecimiento de las comunidades, disminuyendo tanto la riqueza como la abundancia de los distintos taxones, principalmente durante el verano del 2005 y sobre todo en 2006, año en el que desapareció toda la infauna en las proximidades del vertido de la EDAR de Rincón de León. Esta zona azoica caracteriza los lugares con más alta contaminación. Es posible que dicho descenso fuera debido a diversas fuentes de alteración, tanto el propio vertido de aguas residuales que en esos años aportó la máxima carga orgánica a la bahía (Figuras 5 y 6) como a la ampliación del puerto de Alicante. Sin embargo, durante el verano del 2007 se detectó una mejora de las comunidades bentónicas, apareciendo principalmente familias de poliquetos indicadoras de contaminación (*Spionidae*, *Cirratulidae* y *Dorvilleidae*) junto con algunos organismos más sensibles como *Syllidae* y anfipodos. Hubiese sido conveniente continuar con el seguimiento realizado durante esos años hasta la actualidad para valorar si la reducción de la carga contaminante vertida ha producido una mejora significativa del estado de las comunidades marinas en la zona de mayor influencia del vertido.

Del mismo modo, los estudios realizados para la Directiva Marco del Agua (Ramos Esplá et al., 2005, 2008, 2009, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017) también indican el estado de degradación de la zona. La masa de agua 16, que corresponde a la localidad de Aguamarga (Alicante) es la que se encuentra en peor estado de todas las estudiadas, ya que se caracterizaría por recoger gran número de presiones. La evolución interanual de los porcentajes de ocupación en cobertura de los principales géneros de macroalgas indica que al sur del Puerto de la ciudad de Alicante se presenta un estado de alteración importante, con una comunidad constituida principalmente por *Corallina elongata*, junto con el bivalvo *Mytilaster minimus*. De mismo modo la pradera de *Posidonia* en la zona se clasifica con una baja calidad debido a la una elevada proporción de mata muerta, bajas densidades y fuertes síntomas de degradación en sus haces (reducido número de hojas y superficie foliar junto con considerables necrosis y marcas de herbivoría). Además, en ella se detecta un elevado porcentaje de recubrimiento por parte de la macroalga *Caulerpa cylindracea*. A pesar de ello algunos indicadores como la cobertura de macroalgas parecen mejorar con el tiempo pasando de una baja calidad ambiental en 2005 a una calidad moderada en 2009 y buena en 2017.

Los estudios realizados en la columna de agua también son consistentes con los resultados obtenidos sobre las comunidades bentónicas. Se observan valores de nutrientes más elevados que en otros puntos de la provincia que alcanzan incluso muestreos realizados hasta 2000 metros de la costa. La presencia en las cercanías del vertido de Rincón de León de especies como la cloroficea *Scenedesmus spp* en altas densidades que es un indicador de la presencia de aguas residuales urbanas. Se observa además un gradiente de alteración que disminuye de la costa a mar abierto y del Norte al Sur.

4.1. Evolución de la superficie de la pradera de *Posidonia oceanica*

Los registros de que se disponen indican que, inicialmente, *Posidonia oceanica* debía formar una pradera continua en la Bahía de Alicante entre 1 y 30 m de profundidad, aproximadamente, incluyendo la zona actualmente ocupada por el puerto de Alicante.

Los primeros datos sobre la regresión de la pradera en la bahía son de 1981 (Ramos-Esplá, 1984) y muestran que el límite superior de la misma se encontraba a aproximadamente 13 m de profundidad pero había una amplia extensión de mata muerta en zonas más superficiales. En el año 2000 dicho límite estaba a 15 m de profundidad y en la actualidad se encuentra en torno a los 17 m de profundidad (Fig. 11).

La Figura 11 representa el límite superior de la pradera de *P. oceanica* en la bahía de Alicante según las cartografías realizadas en los años 1981, 1994, 2003, 2007 y 2014. Comparando las zonas comunes de todas estas cartografías hemos estimado los cambios en la pradera de *Posidonia oceanica*. En 1981 había unas 275 Ha de mata muerta aunque probablemente la extensión ocupada por la pradera originariamente fuera mayor incluyendo los fondos ocupados en ese momento por el puerto de Alicante. A partir de esa fecha se ha estimado que la regresión ha sido continuada pero con diferentes tasas. La mayor velocidad de regresión se observa en el periodo 1994-2003 con casi 28 Ha/año y la menor en el periodo 2003-2007 con aproximadamente 13.4 Ha por año (Tabla 2) aunque probablemente la mayor parte de la regresión en ese periodo se concentrara en los años 2006 y 2007.

Tabla 2. Evolución de las superficies (ha) de *Posidonia oceanica* estimadas en el área de estudio de la Bahía de Alicante entre 1984 y 2014.

	Mata muerta en 1981	1981	1994	2003	2007	2014
Superficie pradera (ha)	275.05	1525.58	1340.57	1092.25	1038.81	952.97
Balance anual (ha año ⁻¹)			-14.23	-27.59	-13.36	-17.17

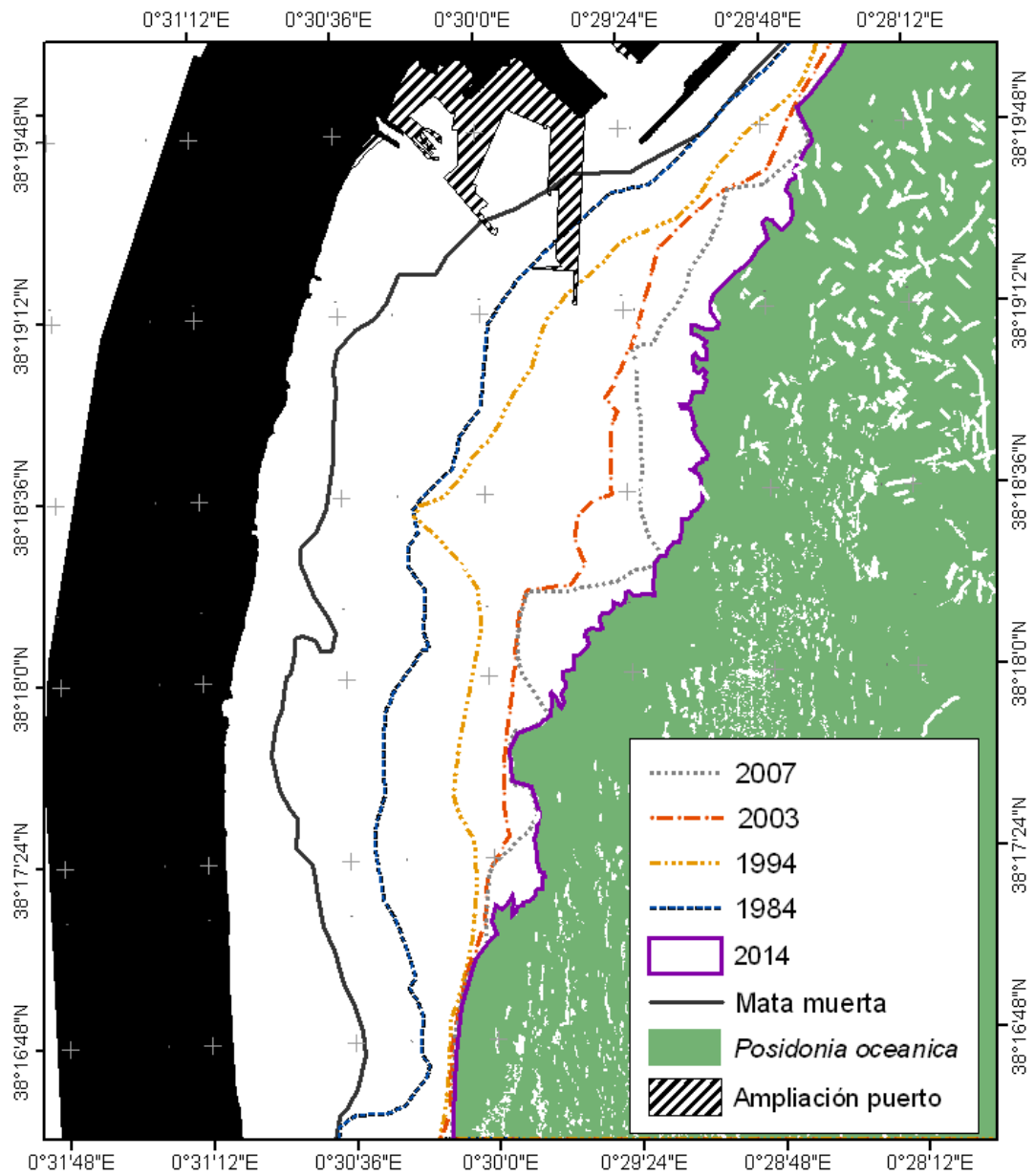


Figura 12. Evolución del límite superior de *Posidonia oceanica* en la Bahía de Alicante entre los años 1984-2014. Se observan también, en las zonas más profundas, las marcas de erosión de los fondos y el arrastre.

Tabla 3. Balance de reclutamiento y mortalidad en estaciones de la bahía de Alicante entre 2004 y 2014.

Año	Ép.	Post.	Pu. 16	Desal. 16	Urb.16	Arena.	Pu. 20	Desal. 20	Urb. 20
2004	I		11,07	6,40	10,00		12,98	5,11	4,07
	V		5,75	2,32	4,11		-0,38	0,76	1,55
2005	I		9,90	5,73	3,79		0,46	-1,21	1,99
	V		11,91	9,05	7,56		0,50	4,20	-2,18
2006	I		3,73	-1,39	0,43		-0,43	1,49	-0,76
	V		4,86	-12,37	0,82		-0,23	-1,21	-5,71
2007	I		0,01	-82,28	-30,05		-13,69	-13,54	-19,78
	V		-22,58	-97,53	-31,70		-29,08	-18,22	-30,06
2008	I	-3,81	-6,27	-27,01	-55,50	-1,25	-33,27	-32,84	-31,09
	V	-14,71	-10,82	-43,27	-81,50	-4,53	-40,32	-55,24	-29,12
2009	I	-19,84	-6,41	-20,12	-79,17	3,27	-12,89	-39,95	-7,08
	V	-24,98	-7,74	-17,14	-75,00	4,11	-19,36	-45,13	-5,83
2010	I	-7,60	-11,77	-17,35	6,87	3,97	0,00	0,75	-5,83
	V	-10,52	-11,65	-14,18	8,82	5,92	0,25	6,51	4,97
2011	I	-2,86	2,02	2,98	1,57	2,49	0,11	1,94	0,20
	V	-5,01	-0,57	2,60	10,52	5,95	-0,74	0,73	1,93
2012	I	-6,18	-9,66	-15,56	1,33	3,51	-0,06	2,91	0,30
	V	-3,60	-11,02	-18,06	-0,25	6,39	-0,82	2,01	0,76
2013	I	-1,67	1,78	-6,25	-10,49	4,81	-6,51	3,57	4,60
	V	-3,04	2,20	-11,11	-4,87	2,56	-12,60	-0,40	-1,99
2014	I	-3,33	-0,08	-12,78	2,98	1,12	0,75	-3,75	2,28
	V	-1,25	2,48	-23,33	9,92	1,68	-3,55	-4,05	4,13
2015	I	-1,50	0,44	0,69	-3,36	-2,09	1,39	-1,71	2,22
	V	1,69	5,16	14,17	2,45	-2,97	2,89	-1,70	0,65
2016	I	-1,98	-1,55	14,81	9,13	0,69	-0,43	-4,99	-3,02
	V	-2,27	-0,29	21,46	11,53	0,44	1,53	-3,20	-1,35
2017	I	-3,96	0,90	6,12	14,12	-2,85	-2,58	-1,48	-1,17
	V	-3,59	4,90	12,34	22,67	-4,97	-5,53	-4,06	-8,55
2018	I	-3,13	5,91	-0,62	-0,53	0,36	1,53	0,27	-3,82
	V	-6,61	5,55	-1,90	4,68	-0,93	-3,40	-0,14	-9,90
2019	I	-11,74	-8,61	-8,43	-1,81	-4,35	2,26	-14,57	8,61

Aunque estos resultados puedan indicar una regresión continua de la pradera de *Posidonia oceanica* en la Bahía de Alicante, los resultados del seguimiento de dinámica de las praderas de *Posidonia* en zona (Tabla 3) muestran que se han alternado periodos en los que se ha producido una cierta estabilidad o progresión en la pradera con periodos en los que la regresión se ha acelerado. En particular se observa una fuerte regresión en los años 2006 a 2008 ligada a la última ampliación del puerto de Alicante y al máximo de vertido de Rincón de León. La figura 13 indica la distribución espacial de

la regresión de la pradera en este periodo.

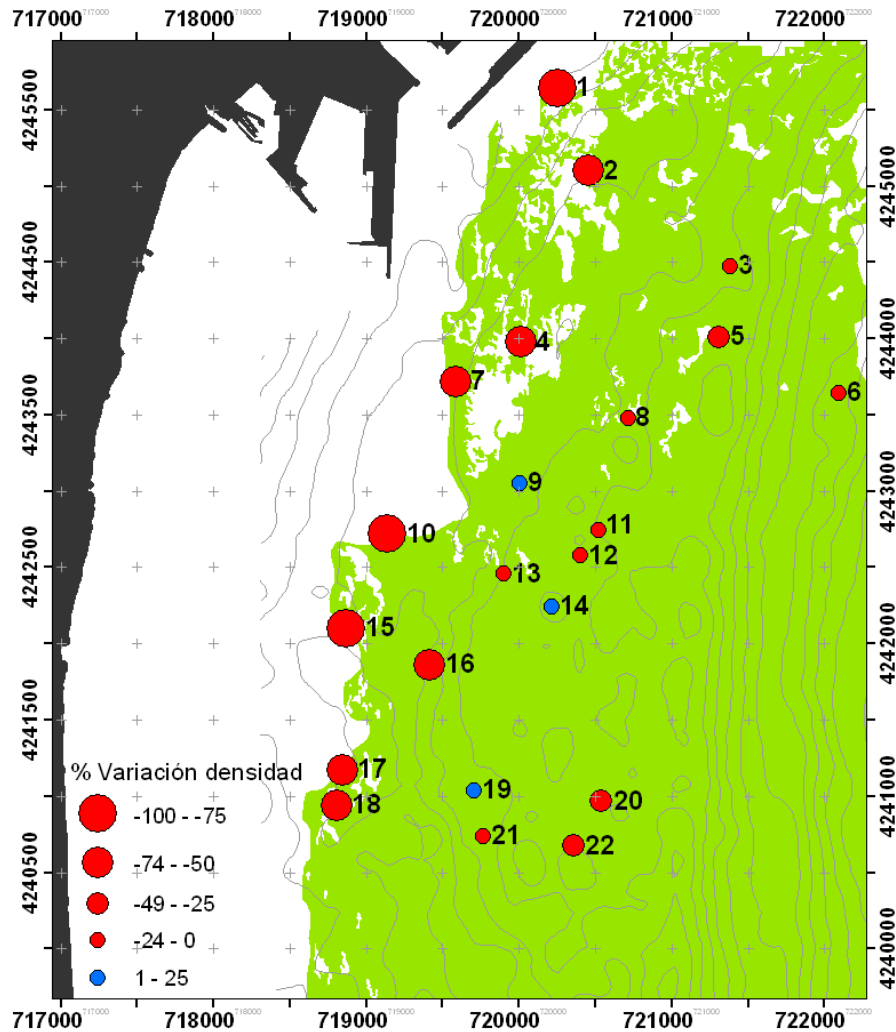


Figura 13: Cambios relativos en la densidad de *Posidonia oceanica* en diferentes estaciones de la Bahía de Alicante entre 2003 y 2007 (UA-ESGEMAR 2007).

4.2 Comunidades de la roca infralitoral

Las comunidades estudiadas de la roca infralitoral (plataforma de abrasión) de la Bahía de Alicante durante el seguimiento de la Directiva Marco del Agua para la Comunidad Valenciana (Ramos et al. 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016 y 2017), entre el Palmeral de San Gabriel y Urbanova, atestiguan la degradación de la comunidad de algas fotófilas. Las especies dominantes *Corallina elongata*, *Ulva* spp., *Litophyllum incrustans* y *Ceramium rubrum* corroboran dicho estado de degradación (Fig. 14); así como, la abundancia de Mytilidae (*Mytilaster minimus*) y la ausencia de

Dendropoma lebeche (anteriormente, abundante). Como especies acompañantes y estacionales, las macroalgas: *Colpomenia sinuosa*, *Dictyota dichotoma* *Petalonia fascia*-*Scytosiphon lomentaria*, *Porphyra* spp. y *Bangia* spp. También merece destacarse, la abundancia en los primeros metros de profundidad de especies invasoras, como el coral *Oculina patagonica*, el poliqueto *Branchiomma luctuosum* y la ascidia *Microcosmus squamiger*.

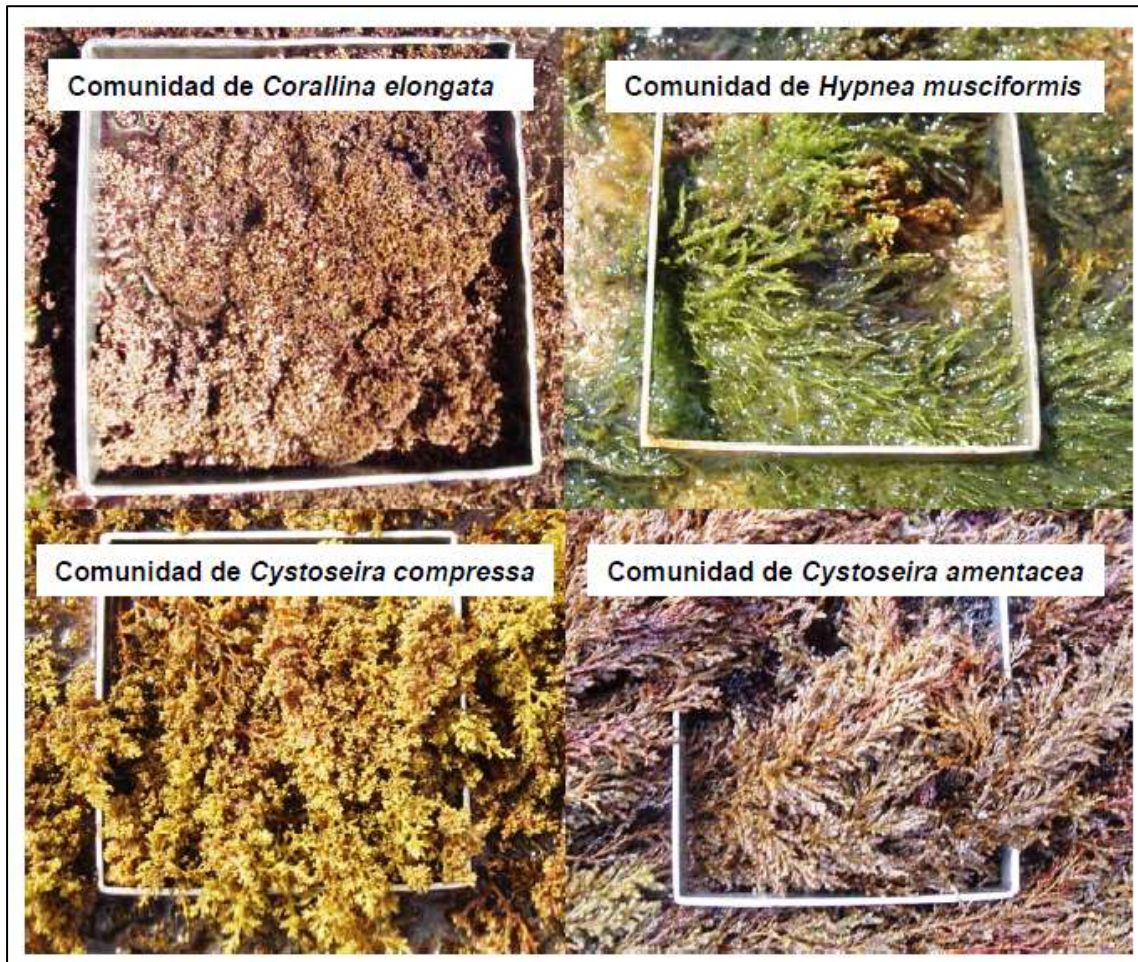


Figura 14. Representación del estado de conservación de la comunidad algal en la plataforma de abrasión: degradada (*Corallina elongata*); intermedia (*Hypnea musciformis*); alto (*Cystoseira compressa*); muy alto (*C. amentacea*). En la zona sólo está presente la comunidad de *Corallina elongata*.

Las especies típicas de aguas limpias como: *Cystoseira* spp. (Fig. 14), *Sargassum vulgare*, *Padina pavonica* y *Dictyota fasciola*, no han sido observadas en la zona.

5. Descripción de las posibles alternativas para la mejora de la calidad de la masa de agua.

La zona al sur del puerto de Alicante ha estado sometida históricamente a múltiples impactos muchos de los cuales ya han desaparecido pero que han contribuido al estado actual de degradación de la zona. En la actualidad, el principal impacto se debe a la interacción entre el puerto de Alicante y el vertido de la EDAR de Rincón de León. Se produce un gran vertido de nutrientes en una zona con baja dispersión de los mismos generando una eutrofización muy importante que se mantiene desde hace años. Aunque la tendencia en los últimos años ha sido hacia una reducción del caudal vertido y, como consecuencia, de los aportes de contaminantes a la bahía, esta reducción es insuficiente para alcanzar los objetivos de calidad establecidos en la DMA. La mejora de la calidad de la masa de agua pasa por reducir la entrada de nutrientes en esta zona con baja dispersión.

5.1.- Reutilización del agua

La reutilización del agua es la alternativa preferible desde el punto de vista ambiental al eliminar los impactos del vertido y, además, al producir recursos utilizables que permitan mitigar la escasez de agua en la zona. Durante el año 2011 el volumen de agua reutilizada fue de 5.5 Hm³ frente a un total de 21,1 Hm³ de agua tratada lo que corresponde a un 26.2% (Ayuntamiento de Alicante 2012). Sería necesario maximizar las posibilidades de reutilización del agua tratada. A continuación se plantean algunas ideas que podrían favorecer la reutilización de mayor cantidad de recursos y, por tanto, reducir el impacto del vertido:

i. Mejora del tratamiento en Rincón de León:

Se debería estudiar la posibilidad de que el tratamiento terciario con ósmosis que existe en la actualidad en Rincón de León se aplique a la línea B de mayor conductividad en vez de a la línea A de menor conductividad. Con el tratamiento terciario de la línea B y su mezcla con la línea A se podría producir un caudal de suficiente calidad para su reutilización casi completa para riego.

También se debería estudiar la posibilidad de aplicar tratamientos para la reducción de los nutrientes en el vertido de toda el agua que no sea reciclada.

ii. Construcción de la depuradora sur:

Existe un proyecto de construcción de una nueva depuradora en el entorno de la sierra de Foncalent (Sánchez Lizaso et al 2005). Sería conveniente realizar un estudio sobre la viabilidad de poner en marcha esta nueva depuradora. Las potenciales ventajas serían que esta depuradora trataría una parte importante de las aguas que actualmente se tratan en Rincón de León reduciendo la sobrecarga de esta planta, tendría menos problemas de salinización y estaría a mayor cota, lo que facilitaría su reutilización para riego.

iii. Revisión del sistema de tarifas del agua para favorecer su reutilización

Las medidas que favorezcan la reutilización del agua tratada (funcionamiento de la IRAD, elevaciones para que el agua tenga una cota suficiente para poder ser utilizada para riego y similares) deben tener la consideración de medidas para disminuir la contaminación producida por el vertido y, por tanto, ir a cargo de las tarifas de saneamiento del agua. Actualmente estas tarifas corren a cargo de los usuarios finales del agua lo que frena las posibilidades de reutilización excepto cuando no hay otras fuentes disponibles con el resultado final de su vertido al mar contribuyendo a la eutrofización de la bahía. Se puede producir el contrasentido de que en determinadas zonas dentro del término municipal de Alicante el costo del agua potable procedente del trasvase Tajo-Segura para riego sea más económico que el coste del agua reutilizada. Si el agua no es reutilizada deberían aplicarse nuevos sistemas de reducción de los nutrientes antes de su vertido que encarecerían más el tratamiento.

iv. Mejora de la infraestructura para la reutilización

Se debería analizar si puede ser mejorable la infraestructura para la reutilización de tal modo que se alcance a nuevos usuarios o se pueda conectar con instalaciones de almacenamiento (embalse del Hondo o similares) para acumular el agua en momentos

de baja demanda para riego.

5.2.- Regeneración de ecosistemas acuáticos:

El agua tratada se puede introducir en sistemas degradados para restaurar ecosistemas acuáticos. De este modo se puede conseguir una mejora de la calidad de estos ambientes y una reducción de la carga contaminante del vertido, mayoritariamente nutrientes.

Si se construye la nueva EDAR en Fontcalent se puede realizar un vertido del agua tratada que no pueda ser reutilizada en el barranco de las Ovejas. Teniendo en cuenta que la reducción de la carga contaminante depende del tiempo de retención lo que, entre otros factores, puede depender de la distancia a recorrer, sería conveniente que el punto de descarga se situara a la máxima distancia de la costa. Los resultados preliminares indican que los terrenos del barranco son mayoritariamente impermeables e, incluso en el caso de infiltración, el acuífero de la zona tiene peor calidad (6000 de conductividad) que el agua vertida.

En el caso de la depuradora de Rincón de León el vertido no reutilizable se podría realizar en el saladar de Aguamarga para restaurar esta importante zona húmeda sustituyendo los actuales riegos con agua de mar que se producen sobre una pequeña parte del saladar. Habría que evaluar la capacidad del Saladar para asimilar estas aportaciones de agua con nutrientes pero toda el agua que se enviara al Saladar no acabaría en la bahía y la vegetación del Saladar utilizaría los nutrientes aportados lo que podría producir una reducción significativa de la eutrofización de la Bahía de Alicante.

Además, como se ha comentado anteriormente, la conexión con el Hondo serviría para mantener el nivel de agua en esta importante zona húmeda al tiempo que se favorece el reciclado del agua para riego.

5.3.- Modificar el vertido actual:

El vertido actual se realiza en una zona profundamente degradada, tanto por la descarga de las aguas procedentes de la EDAR de Rincón de León, como por las sucesivas

ampliaciones y dragados del puerto.

Por estas razones se podría decidir mantener el punto de vertido actual para toda el agua que no pueda ser reutilizada o destinada a la restauración de ecosistemas acuáticos. Esto evitaría trasladar los impactos a zonas menos alteradas, aunque limitaría la capacidad de recuperación de la zona actualmente degradada (que tendría que producirse por una reducción de la descarga de contaminantes mediante un aumento de los usos comentados con anterioridad o con una mejora del tratamiento que eliminara nutrientes del vertido).

Por otra parte, se podría valorar la posibilidad de realizar un nuevo emisario para alejar la contaminación de la zona costera. Esta solución implicaría la realización de un emisario que, como mínimo, alcanzara los 30 m de profundidad (de 5 o 6 Km de longitud) ya que las praderas de posidonia alcanzan los 27 metros de profundidad. Además de las dificultades técnicas para proteger el emisario de la ampliación del puerto, fondeo de embarcaciones y pesca de arrastre; esta opción supone derivar el impacto a zonas menos alteradas. Por otra parte, esta opción aseguraría una mayor dispersión del vertido y permitiría una reducción de la carga contaminante el punto de descarga actual. Esta opción sólo parece apropiada si se estima que las posibilidades de reducir el volumen de descarga mediante reutilización o restauración de ecosistemas son bajas y no se introducen sistemas de reducción de los nutrientes en el tratamiento de la EDAR.

5.- Conclusiones

La zona de estudio se encuentra profundamente modificada por las actividades humanas ligadas a la ciudad y puerto de Alicante. Muchas de estos impactos históricos que han contribuido a degradar la zona ya han desaparecido y, en la actualidad, los principales impactos están ligados al vertido de nutrientes asociado a la conducción de la EDAR de Rincón de León en una zona con baja renovación de agua por las sucesivas ampliaciones del puerto de Alicante. Esto provoca una importante eutrofización que se manifiesta en la presencia de especies nitrófilas y oportunistas, tanto en las comunidades bentónicas como en la columna de agua, y una regresión continuada de la pradera de *Posidonia oceanica*.

Las posibilidades de recuperación ambiental de la zona pasan por reducir de modo significativo los aportes de nutrientes mediante mejora del tratamiento en Rincón de León y la reutilización de las aguas tratadas para riego o restauración ambiental.

Las diferentes posibilidades planteadas en este estudio deben ser evaluadas desde el punto de vista técnico y ambiental para valorar su viabilidad.

6.- Referencias y fuentes de información consultadas

Autores Varios, 2003. *Estudio de los efectos de incrementos de salinidad sobre la fanerógama marina Posidonia oceanica y su ecosistema, con el fin de prever y minimizar los impactos que pudieran causar los vertidos de aguas de rechazo de plantas desaladoras. Documento de síntesis* 10 pp.

Ayuntamiento de Alicante 2012. *Documentación técnica para la tramitación de las autorizaciones de vertido de las infraestructuras de saneamiento del Municipio de Alicante.*

Bonanno G, Orlando-Bonaca M. 2019. Non-indigenous marine species in the Mediterranean Sea—Myth and reality. *Environmental Science & Policy* 96:123-131.

Ceccherelli, G., Piazzini, L., Cinelli, F. 2000. Response of the nonindigenous *Caulerpa racemosa* (Forskål) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of shoots and orientation of edges of meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 243: 227-240.

CONSOMAR SA 2005. *Estudio de la dispersión en el área marina litoral situada frente a la desembocadura del barranco de las ovejas y el sur del puerto de Alicante.* 22 pp.

de-la-Ossa-Carretero J.A; Del-Pilar-Ruso; Y; Loya-Fernández; A; Ferrero-Vicente; L.M; Marco-Méndez; C; Martínez-García; E; Sánchez-Lizaso; J.L. 2016. Response of amphipod assemblages to desalination brine discharge: Impact and recovery. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 172: 13 - 23.

de-la-Ossa-Carretero; J.A.; Del-Pilar-Ruso; Y.; Giménez-Casalduero; F.; Sánchez-Lizaso; J. L. 2016. Amphipoda assemblages in a disturbed area (Alicante, Spain, Western Mediterranean). *Marine Ecology*. 37: 503 - 517.

de-la-Ossa-Carretero; J.A; Del-Pilar-Ruso; Y; Loya-Fernández; A; Ferrero-Vicente; L.M; Marco-Méndez; C; Martínez-García; E; Giménez-Casalduero; F; Sánchez-Lizaso;

J.L. 2016. Bioindicators as metrics for environmental monitoring of desalination plant discharges. *Marine Pollution Bulletin*. 103, pp. 313 - 318.

Del Pilar Ruso, Y. 2015. *Descripción de las comunidades de invertebrados bentónicos asociados a praderas de Posidonia oceanica con distinto nivel de conservación*. Memoria final, proyecto de investigación emergente. GRE15_04.

Del-Pilar-Ruso, Y., De la Ossa Carretero, J.A., Giménez Casalduero, F., Sánchez Lizaso, J.L. 2007. Spatial and temporal changes in infaunal communities inhabiting soft-bottoms affected by brine discharge. *Marine Environmental Research*, 64: 492-503.

Del-Pilar-Ruso, Y., De-la-Ossa-Carretero, J.A., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J.L. 2008. Effects of brine discharge over soft-bottom Polychaeta assemblage. *Environmental Pollution*, 156: 240-250.

Del-Pilar-Ruso, Y., San Martín, G. 2012. Description of a new species of *Shaerosyllis* Claparède, 1863 (Polychaeta: Syllidae: Exogoninae) from the Alicante coast (W Mediterranean) and first report of two other species of Syllidae for the Mediterranean and the Iberian Peninsula. *Mediterranean Marine Science*. 13: 187-197.

del-Pilar-Ruso, Y.; De-la-Ossa-Carretero J. A.; Loya-Fernández A.; Ferrero-Vicente L.M.; Giménez-Casalduero, F.; Sánchez-Lizaso, J.L 2009. Assessment of soft-bottom Polychaeta assemblage affected by a spatial confluence of impacts: Sewage and brine discharges. *A. Marine Pollution Bulletin*. 58: 765 - 786.

Dumay, O., Fernandez, C., Pergent, G., 2002. Primary production and vegetative cycle in *Posidonia oceanica* when in competition with the green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82: 379 - 387.

ESGEMAR, 2010. *Cartografía de los poblamientos bentónicos (Posidonia oceanica) situados en el área de influencia del vertido de las desalinizadoras del canal de Alicante*. Informe Técnico ESGEMAR Mancomunidad de los Canales del Taibilla, 34 pp.

ESGEMAR, 2012. *Cartografía de los poblamientos bentónicos (Posidonia oceanica) situados en el área de influencia del vertido de las desalinizadoras del canal de Alicante*. Informe Técnico ESGEMAR Mancomunidad de los Canales del Taibilla, 33 pp.

ESGEMAR, 2014. *Cartografía de los poblamientos bentónicos (Posidonia oceanica) situados en el área de influencia del vertido de las desalinizadoras del canal de Alicante*. Informe Técnico ESGEMAR -AYESA, 37 pp.

Fernández-Torquemada, Y. 2012. *Efectos de las variaciones sobre angiospermas marinas y su aplicación a los vertidos de las plantas desalinizadoras*. Tesis doctoral Universidad de Alicante.

Fernández-Torquemada, Y.; González-Correa, J.M.; Sánchez-Lizaso, J.L. 2013. Echinoderms as indicators of brine discharge impacts. *Desalination and Water Treatment*. 51: 567 - 573.

Fernández-Torquemada, Y.; J.L. Sánchez-Lizaso; J.M. González-Correa. 2005. Preliminary results of the monitoring of the brine discharge produced by the SWRO desalination plant of Alicante (SE Spain). *Desalination*. 182: 389 - 396.

Fernández-Torquemada; Y., J.M. González-Correa; J.E. Martínez; J.L. Sánchez-Lizaso. 2005. Evaluation of the effects produced by the construction and expansion of marinas on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. A. *Journal of Coastal Research*. SI49: 94 - 99.

Fernández-Torquemada, Y; J. M. González-Correa; A. Loya; L. M. Ferrero; M. Díaz-Valdés; J.L. Sánchez-Lizaso. 2009. Dispersion of brine discharge from seawater reverse osmosis desalination plants. *Desalination and Water Treatment*. 5: 137 - 145.

Garrote-Moreno, A.; Fernández-Torquemada, Y.; Sánchez-Lizaso, J.L. 2014. Salinity fluctuation of the brine discharge affects growth and survival of the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Marine Pollution Bulletin*. 81: 61 - 68.

Guillen, J.E., Sánchez-Lizaso, J.L., Fernández-Torquemada, Y., Triviño, A., Jiménez, S., Martínez, J., Gras, D., Soler G., 2015. Praderas de angiospermas marinas de la Comunidad Valenciana. En: Ruiz, J.M., E. Guillén, A. Ramos Segura & M. Otero (Eds.). *Atlas de las praderas marinas de España*. IEO/IEL/UICN, Murcia-Alicante-Málaga: 223-265.

Hernández-Sánchez, J.C., N. Boluda-Botella, J.L. Sánchez-Lizaso. 2017. The role of desalination in water management in Southeast Spain. *Desalination and Water Treatment*. 76: 71-76.

IEL, 2006. *Memoria Red de Vigilancia especies exóticas género Caulerpa Comunidad Valenciana*. IEL. Generalitat Valenciana. Inf. Técnico. 2006. Ficha técnica: Estación Alicante.

IEL, 2007. *Memoria Red de Vigilancia especies exóticas género Caulerpa Comunidad Valenciana*. Informe Técnico IEL. Generalitat Valenciana. Ficha técnica: Estación Alicante.

IEL, 2008. *Memoria Red de Vigilancia especies exóticas género Caulerpa Comunidad Valenciana*. Informe Técnico IEL. Generalitat Valenciana. Ficha técnica: Estación Alicante.

IEL, 2009. *Memoria Red de Vigilancia especies exóticas género Caulerpa Comunidad Valenciana*. Informe Técnico IEL. Generalitat Valenciana. Ficha técnica: Estación Alicante.

IEL, 2010. *Memoria Red de Vigilancia especies exóticas género Caulerpa Comunidad Valenciana*. Informe Técnico IEL. Generalitat Valenciana.. Ficha técnica: Estación Agua Amarga.

IEL, 2016. *Informe de seguimiento ambiental del emisario de aguas residuales de la EDAR de Rincón de León (Alicante)*. Instituto de Ecología Litoral, Ayuntamiento de Alicante 46 pp.

IEL, 2017. *Informe de seguimiento ambiental del emisario de aguas residuales de la EDAR de Rincón de León (Alicante)*. Instituto de Ecología Litoral, Ayuntamiento de Alicante. 87 pp.

IEL, 2018. *Informe de seguimiento ambiental de la conducción de desagüe de aguas residuales de la EDAR de Rincón de León (Alicante)*. Instituto de Ecología Litoral; Ayuntamiento de Alicante. 84 pp.

Marbà, N.; Jorda, G.; Agusti, S.; Girard, C.; Duarte, C. M. 2015. Footprints of climate change on Mediterranean Sea biota. *Frontiers in Marine Science*. 2: 56

Montava, S. & Ramos-Esplá, A.A. 2016. Caracterización de los fondos blandos en la Bahía de Alicante (Mediterráneo Occidental). *V Simp. Intern. Ciencias Mar*, Alicante 20-22 Julio.

Panarese R, Tedesco P, Chimienti G, Latrofa MS, Quaglio F, Passantino G, Buonavoglia, C., Gustinelli, A., Tursi, A. & Otranto, D. 2019. *Haplosporidium pinnae* associated with mass mortality in endangered *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) fan mussels. *Journal of Invertebrate Pathology*. 164:32-37

Puerto de Alicante. 2008. *Memoria anual de 2008 del puerto de Alicante* https://www.puertoalicante.com/wp-content/uploads/filebase/static_web_files/publicaciones/Memoria-2008.pdf

Ramos Esplá, A.A., 1981. Contribución al conocimiento de la franja litoral de la comarca de Alicante. En Plan especial del medio físico de la comarca del Alacantí. C. Auernheimer y A. Escarré (Eds.) Univ. Alicante y Ayuntamiento de Alicante: 196-225.

Ramos Esplá, A.A. y E. Ferrandis, 1982. Valoración de la calidad ambiental de la franja costero marina de la comarca de Alicante. En *Hombre y medio natural en la comarca de Alicante*. Publ. Universidad de Alicante-Ayuntamiento de Alicante. 93-104.

Ramos Esplá, A.A., 1984. Cartografía de la pradera superficial de *Posidonia oceanica* en la Bahía de Alicante. International Workshop *Posidonia oceanica* beds. 1: 57-71.

Ramos Esplá, A.A., Sánchez Lizaso, J.L.; Guillén, Je; Aranda, A. y Bayle, J.T., 1991. Estudio del litoral comprendido entre el Barranco de las Ovejas (Alicante) y la playa del Pinet (Elche). Inf. Tec. Inst. Ecol. Litoral 27 pp

Ramos Esplá, A.A., Aranda, A.; Gras, D.; Guillén, JE y Ortiz, M. 1995. Estudio bionómico de la bahía de Alicante. Inf. Tec. Inst. Ecol. Litoral 172 pp

Ramos Esplá, A.A., Sánchez Lizaso, J.L.; Bayle, J.T., C. Valle, C. Bordehore, M. Diaz-Valdés, Y. Fernández, M. Varela, J. Rey, J. Rey, E. Bañares 2000. Cartografía y caracterización bionómica de un sector de la bahía de Alicante, posible ubicación de un emisario submarino para una planta desaladora. Inf. Tec. Unidad de Biología Marina, Universidad de Alicante.

Ramos Esplá, A., Diaz-Valdés, M., Gimenez-Casalduero, F., Abellán Gallardo, E., Izquierdo Muñoz, A., Vázquez Luis, M.T., Fernández Torquemada, Y., Sánchez Lizaso, J.L., de la Ossa Carretero, J.A., del Pilar Ruso, Y., Luna Pérez, B., Múgica Rodrigo, Y., Sánchez Jeréz, P. 2005. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos e invertebrados bentónicos (substrato Rocoso)*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Territori i Habitatge pp. 96 pp.

Ramos-Esplá, A.A. Marta Díaz-Valdés, M., Giménez Casalduero, F. Abellán Gallardo, E. Izquierdo Muñoz, A. Vázquez Luis, M.T., Fernández Torquemada, Y. Sánchez Lizaso, J.L. Colilla Rebollo, F., González Correa, J.M., Sánchez Jerez, P. & Torrás Boldú, X. 2006 *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua. Macrófitos: Macroalgas y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Territori i Habitatge. 171 pp.

Ramos-Esplá, A.A. Marta Díaz-Valdés, M., Abellán Gallardo, E. Izquierdo Muñoz, A. Vázquez Luis, M.T., Torrás Boldú, X., Fernández Torquemada, Y. Sánchez Lizaso, J.L.

& Colilla Rebollo, F. 2007. *Estudio del estado de conservación de las comunidades bentónicas de sustrato duro en la franja litoral, así como determinación del estado de conservación de las praderas de Posidonia oceanica en el litoral valenciano en aplicación de la Directiva Marco del Agua*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. 192 pp.

Ramos Esplá, A., Diaz-Valdés, Abellán Gallardo, Fernández Torquemada, Y., Izquierdo Muñoz, A., Torrás Boldú, X., Sánchez Lizaso, J.L., Rubio Portillo, E. 2008. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge 184 pp.

Ramos Esplá, A.A., Diaz-Valdés, M., Abellán Gallardo, L., Fernández Torquemada, Y., Izquierdo Muñoz, A., Torrás Boldú, X., Sánchez Lizaso, J.L., Rubio Portillo, E. 2009. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge 168 pp.

Ramos Esplá, A., Izquierdo Muñoz, A., Vázquez Luis, M., Fernández Torquemada, Y., Sánchez Lizaso, J.L.; Torrás Boldú, X. 2010. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge 103 pp.

Ramos Esplá, A., Izquierdo Muñoz, A., Vázquez Luis, M., Rubio Portillo, E., Fernández Torquemada, Y., Sánchez Lizaso, J.L.; Torrás Boldú, X 2011. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge 91 pp

Ramos Esplá, A., Izquierdo Muñoz, A., Antón Linares, I.E., Torrás Boldú, X. 2012. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria del Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge 50 pp.

Ramos Esplá, A., Izquierdo Muñoz, A., Rubio Portillo, E., Antón Linares, I.E., 2014. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos: Macroalgas y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua. 92 pp.

Ramos Esplá, A., Izquierdo Muñoz, A., Rubio Portillo, Fernández Torquemada, Y. 2015. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos: Macroalgas y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. 96 pp.

Ramos Esplá, A., Izquierdo Muñoz, A., Rubio Portillo, Fernández Torquemada, Y. 2016. *Estudio de la franja litoral de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos: Macroalgas y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. 99 pp.

Ramos Esplá, A., Izquierdo Muñoz, A., Rubio Portillo, Fernández Torquemada, Y. 2017. *Estudio de la franja litoral y Posidonia oceanica de la Comunidad Valenciana dentro de la Directiva Marco del Agua: Macrófitos: Macroalgas y Posidonia oceanica*. Universidad de Alicante; Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR). Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. 93 pp.

Ramos Hidalgo, A. G. Ponce Herrero, J. M. Dávila Linares 1996. Nueva cualificación de la fachada marítima del área metropolitana de Alicante en Jornadas de Geografía Urbana J. M. Dávila Linares; A. Ramos Hidalgo, G. Ponce Herrero Eds. Publ Univ. Alicante. 467-480

Sánchez Lizaso, J. L. Y. Fernández Torquemada, A. Forcada Almarcha, F. Giménez Casalduero, J. M. González Correa, Y. del Pilar Ruso, C. Valle Perez, C. Gomis Catalá, R. Mengual Molina, J. Rey Salgado, J. Miranda Rios, J. Rey Díaz de Rada, J. Ambrosio Gómez, J. Rey Díaz de Rada. 2003. *Estudio preoperacional de la planta desaladora de agua marina del Canal de Alicante*. Inf. Tec. Universidad de Alicante ESGEMAR S.L. 217 pp.

Sánchez-Lizaso, J.L., Fernández-Torquemada, Y., Giménez-Casalduero, F., González-Correa, J.M., Del-Pilar-Ruso, Y., De-la -Ossa_Carretero, J.A. Díaz-Farray, M., Gomis-Catalá, C., Carratalá Gimenez, A 2005. *Estudio de alternativas y estudio de impacto ambiental para la redacción de un anteproyecto del emisario submarino de la zona Sur del Área Metropolitana de Alicante*. Universidad de Alicante. 65 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Bayle Sempere, J.T., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., Izquierdo Muñoz, A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., Valle Perez, C., Gomis Catalá, C., Carratalá Giménez, A., 2005. *Programa de vigilancia ambiental de la desaladora de Alicante .Informe Anual del 2004*. Informe técnico Unidad de Investigación de Biología Marina e Instituto del Agua y de las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante. 170 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Compañ Rosique, M.A., Giménez Casalduero, F., De la Ossa Carretero, J.A., Del Pilar Ruso, Y., Díaz Valdés, M., Múgica Rodrigo, Y. 2005. *Informe técnico anual resumen de los trabajos de vigilancia ambiental relativa al seguimiento de los sedimentos y organismos en el entorno de las conducciones de vertido al mar (Emisarios submarinos) en el litoral de la Comunidad Valenciana correspondiente al ejercicio 2004-2005*. Universidad de Alicante. 448 pp..

Sánchez Lizaso, J.L., Compañ Rosique, M.A., Giménez Casalduero, F., De la Ossa Carretero, J.A., Del Pilar Ruso, Celdrán Martínez, M.C. 2006. *Informe técnico anual resumen de los trabajos de vigilancia ambiental relativa al seguimiento de los sedimentos y organismos en el entorno de las conducciones de vertido al mar (Emisarios submarinos) en el litoral de la Comunidad Valenciana correspondiente al ejercicio 2005-2006*. Tomo III. Universidad de Alicante. 453-587

Sánchez Lizaso, J.L., Compañ Rosique, M.A., Giménez Casalduero, F., De la Ossa Carretero, J.A., Del Pilar Ruso, Celdrán Martínez, M.C. 2007. *Informe técnico anual resumen de los trabajos de vigilancia ambiental relativa al seguimiento de los sedimentos y organismos en el entorno de las conducciones de vertido al mar (Emisarios submarinos) en el litoral de la Comunidad Valenciana correspondiente al ejercicio 2006-2007*. Tomo III. Universidad de Alicante. 453-589.

Sánchez Lizaso, J.L., Compañ Rosique, M.A., Giménez Casalduero, F., De la Ossa Carretero, J.A., Del Pilar Ruso, Celdrán Martínez, M.C 2008. *Informe técnico anual resumen de los trabajos de vigilancia ambiental relativa al seguimiento de los sedimentos y organismos en el entorno de las conducciones de vertido al mar (Emisarios submarinos) en el litoral de la Comunidad Valenciana correspondiente al ejercicio 2007-2008*. Tomo III. Universidad de Alicante. 468-610.

Sánchez Lizaso, J.L., Compañ Rosique, M.A., Giménez Casalduero, F., De la Ossa Carretero, J.A., Del Pilar Ruso, Celdrán Martínez, M.C. 2009. *Informe técnico anual resumen de los trabajos de vigilancia ambiental relativa al seguimiento de los sedimentos y organismos en el entorno de las conducciones de vertido al mar (Emisarios submarinos) en el litoral de la Comunidad Valenciana correspondiente al ejercicio 2008-2009*. Tomo III. Universidad de Alicante. 476-620.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., Díaz-Valdés, M., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., Valle Perez, C., Gomis Catalá, C., Carratalá Giménez, A., 2006. *Programa de vigilancia ambiental de la desaladora de Alicante. Informe anual 2005*. Universidad de Alicante. 157 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., Valle Perez, C., 2007 *Programa de vigilancia ambiental de la desaladora de Alicante. Informe anual 2006*. Universidad de Alicante. 343 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar

Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., Valle Perez, C., 2008 *Programa de vigilancia ambiental de la desaladora de Alicante. Informe anual 2007*. 120 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Garrote Moreno, A. Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., Valle Perez, C., 2009 *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2008*. Universidad de Alicante. 143 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Garrote Moreno, A. Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., Valle Perez, C., 2010. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2009*. Universidad de Alicante. 131 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Garrote Moreno, A. Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., 2011. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2010*. Universidad de Alicante. 143 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Garrote Moreno, A. Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., R. Olmo Gilabert, S. García Rivera, V. Blasco Birlanga, E. Abellán, 2012. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2011*. Universidad de Alicante. 117 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Garrote Moreno, A. Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casalduero, F., Forcada Almarcha, A., E. Abellán 2013. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2012*. Universidad de Alicante. 126 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Garrote

Moreno, A. Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casaldüero, F., Forcada Almarcha, A., I. Castello Saus, L. Comes Aguilar 2014. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2013*. 124 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casaldüero, F., Forcada Almarcha, A., E. Martínez García, I. Castello Saus, E. Horcajo Berna, 2015. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2014*. 122 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casaldüero, F., Forcada Almarcha, A., E. Martínez García, C. Marco Méndez. 2016. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2015*. Universidad de Alicante. 124 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casaldüero, F., Forcada Almarcha, A., E. Martínez García, C. Marco Méndez. 2017. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2016*. Universidad de Alicante. 121 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casaldüero, F., Forcada Almarcha, A., L. M. Ferrero Vicente, M. Varela Díaz de Tuesta, C. Van Barneveld Pérez. 2018. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2017*. Universidad de Alicante 121 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., Fernández Torquemada, Y., González Correa, J.M., Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa Carretero J. A., Giménez Casaldüero, F., Forcada Almarcha, A., M. Varela Díaz de Tuesta, C. F. Blanco Murillo, 2019. *Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante. Informe anual 2018*. Universidad de Alicante. 122.

Sánchez-Lizaso, J.L.; J. Romero; J. Ruiz; E. Gacia; J.L. Buceta; O. Invers; Y. Fernández

Torquemada; J. Mas; A. Ruiz Mateo; M. Manzanera. 2008. Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *Desalination*. 221: 602 - 607.

Sánchez Torregrosa, J.B. 2018. *Comparación de los datos de posicionamiento de la flota de arrastre recogidos a través del sistema AIS (Automatic Identification System) y VMS (Vessel Monitoring System) en el golfo de Alicante (SE España)*. Tesis del master en gestión pesquera sostenible. Universidad de Alicante-CIHEAM 73 pp.

UA-ESGEMAR 2007. *Estado de las praderas de Posidonia oceanica en la bahía de Alicante*. Informe técnico Departamento Ciencias del Mar y Biología Aplicada Universidad de Alicante y Estudios Geológicos Marinos S.A.). 30 pp.

URS 2008. *Estudio del estado de las praderas de Posidonia oceanica frente a la desaladora de Alicante: Revisión de Resultados y aplicación de nuevos descriptores*. 110 pp.

Vazquez, M.; E. Álvarez, A. Barrajon, J. R. García-March, A. Grau, I. E. Hendriks, S. Jiménez, D. Kersting, D. Moreno, M. Pérez, J. M. Ruiz, J. Sánchez, A. Villalba, S. Deudero. 2017. S.O.S. *Pinna nobilis*: A Mass Mortality Event in Western Mediterranean Sea. *Front. Mar. Sci.* 4: 220. doi: 10.3389/fmars.2017.00220

Zarzo, D. 1990. Contaminación por pesticidas organoclorados y PCBs en aguas marinas y sedimentos costeros de la provincia de Alicante. Tesis de licenciatura. Universidad de Alicante

Zoffmann, C. 2004. *Estudio de la contaminación de las playas del término municipal de Alicante. Dispersión de contaminantes desde el emisario de la Albufereta*. Tesis doctoral Universidad de Alicante.

Zoffmann, C. 2007. *Estudio de la contaminación de las playas del término municipal de Alicante. Dispersión de contaminantes desde el emisario de la Albufereta*. Publicaciones Universidad de Alicante

Zibrowius, H. y Ramos, A.A. 1983. *Oculina patagonica*, Scleractiniare exotique en Méditerranée. Nouvelles observations dans le Sud-Est de l'Espagne. Rapp. *Comm. Int. Expl. Sci. Mer Medit.* 28 (3) : 297-301.