



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Instituto Universitario del Agua
y de las Ciencias Ambientales

Informe sobre el trabajo de investigación:

POSIBLES TRATAMIENTOS DE AGUAS Y SUS EFECTOS MEDIOAMBIENTALES

Autores:

Daniel Prats Rico, coordinador

María José Moya Llamas

Noviembre 2017

POSIBLES TRATAMIENTOS DE AGUAS Y SUS EFECTOS MEDIOAMBIENTALES

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. POSIBLES IMPACTOS EN LAS ZONAS COSTERAS DERIVADOS DEL VERTIDO DE EFLUENTES TRATADOS Y NO TRATADOS.....	4
2.1 Microorganismos patógenos microbianos.....	5
2.2 Modificación de parámetros físico-químicos.....	6
2.3 Introducción de materia orgánica y nutrientes.	6
2.4 Microcontaminantes.....	7
3. CALIDAD EXIGIDA PARA VERTIDO DE EFLUENTES URBANOS DEPURADOS.....	8
4. TRATAMIENTO DE AGUAS.....	10
5. SITUACIÓN DE LA DEPURACIÓN EN LA PROVINCIA DE ALICANTE.....	11
5.1 Instalaciones en servicio y caudales tratados.....	11
5.2 Sistemas de tratamiento.....	16
5.3 Calidad de los efluentes tratados.....	18
6. Destino de los efluentes depurados en las instalaciones de tratamiento de la provincia de Alicante.....	20
7. Vertidos al mar en las EDARS de la provincia de alicante.....	21
- EDAR DENIA-ONDARA-PEDREGUER.....	23
- EDAR XÀBIA.....	24
- EDAR CALP.....	25
- EDAR TEULADA (MORAIRA).....	26
- EDAR BENIDORM.....	27
- EDAR MONTE ORGEGIA.....	28
- EDAR RINCÓN DE LEÓN.....	29
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	33

1. INTRODUCCIÓN.

Las zonas costeras próximas a núcleos urbanos son áreas especialmente vulnerables a la contaminación debido a su posición intermedia entre el mar y la actividad antropogénica (Sánchez-Ávila et al, 2012). Las causas de la contaminación de las aguas costeras son múltiples y muy variadas, siendo las más relevantes las derivadas de la actividad humana, como es la descarga de contaminantes de origen urbano, agrícola e industrial. Las aguas costeras son puntos de confluencia de efluentes procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs) próximas con los ecosistemas marinos, circunstancia que, en determinados casos, puede llegar a deteriorar el frágil equilibrio de estos ecosistemas, generando una importante presión sobre los mismos. Además de los efluentes de las EDARs, otras fuentes contaminantes como la deposición atmosférica, la escorrentía tanto urbana como agrícola, las descargas directas o los desbordamientos del saneamiento en eventos de inundación suponen también una contribución significativa a la contaminación estas aguas. (Gimeno et al., 2004; Martí et al., 2011).

La Unión Europea se hace eco de esta preocupación, lo cual queda plasmado fundamentalmente a través de las siguientes Directivas:

- Directiva 91/271/CEE que incide en la preservación de la calidad de las masas de agua receptoras de aguas residuales tratadas, estableciendo una serie de objetivos de calidad al agua tratada atendiendo a la clasificación de zonas de vertidos sensibles, normales o menos sensibles.
- Directiva 2000/60/CE, que establece un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas
- Directiva 2006/11/CE relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad, que regula el vertido de determinadas sustancias peligrosas en el medio acuático
- la Directiva 2006/7/CE en la que se impone el establecimiento de un perfil para cada agua de baño, en el cual se identifique y jerarquicen las fuentes de contaminación fecal.
- Directiva 2008/56/CE o Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, por la cual se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino, de modo que los Estados miembros deben adoptar las medidas necesarias para lograr o mantener un buen estado medioambiental del medio marino a más tardar en el año 2020.

.Los principales impactos inducidos a causa vertido de los efluentes tratados en las EDARs de núcleos urbanos próximos a las zonas costeras sobre los ecosistemas

marinos receptores son: los derivados del aporte de cargas orgánicas (materia orgánica y nutrientes), con el consiguiente agotamiento del oxígeno disuelto y riesgo de eutrofización respectivamente, la introducción en el ecosistema marino de microorganismos patógenos (Lipp et al., 2001; Okoh et al., 2007), la modificación de parámetros físico-químicos, como pH, temperatura, turbidez, salinidad, conductividad o concentración de oxígeno disuelto en el punto de vertido (Debels et al, 2005) y la introducción continua o frecuente en las masas de agua de microcontaminantes orgánicos, cuya alta estabilidad y permanencia en el medio ambiente conlleva consecuencias ecológicas y medioambientales, como toxicidad o bioacumulación, en ocasiones poco conocidas.

En el caso de la contaminación derivada del vertido de efluentes tratados en las EDARs así como aquellos derivados del desborde de las instalaciones de saneamiento en eventos lluviosos o de inundación, se requiere la identificación clara e inequívoca de la fuente contaminante. En este sentido, estudios como los de Pourcher et al. (2012) y Buerge et al. (2009) y Buerge et al. (2003) o Nödler et al. (2016) proponen una serie de marcadores químicos, entre los que se pueden citar la cafeína, el edulcorante sintético acesulfamo o el hipertensivo valsartán (y su metabolito el ácido valsartánico), cuya presencia puede determinar el origen antropogénico de la contaminación, discriminando entre contaminantes derivados del vertido de efluentes tratados y no tratados.

Además del control periódico de estos contaminantes, sería aconsejable el estudio de microcontaminantes en el sistema agua-sedimento-biota, ya que la resuspensión de sedimentos puede aumentar la concentración de ciertos contaminantes como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (Gimeno et al., 2004)

2. POSIBLES IMPACTOS EN LAS ZONAS COSTERAS DERIVADOS DEL VERTIDO DE EFLUENTES TRATADOS Y NO TRATADOS.

La conservación de la calidad del agua en las regiones costeras de la Unión Europea se ha convertido en una importante preocupación para todos los estados miembros. En este sentido, la Directiva 2008/56/CE o Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de la Unión Europea establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino en el cual los estados miembros deben tomar las medidas necesarias para lograr y mantener un buen estado medioambiental de las aguas marinas, desarrollando estrategias marinas (planes de acción) para el monitoreo, protección y restauración del medio ambiente marino, así como para reducir los insumos, presiones o impactos derivados de las actividades humanas en cada región o subregión marina (Nödler et al., 2016; Directive, M. S. F., 2008)

La contaminación de las masas de agua costeras puede ser originada por numerosos factores. De entre ellos cabe destacar aquellos derivados de las actividades humanas, como el vertido de efluentes tratados y no tratados directa o indirectamente al medio

marino, lixiviados procedentes de áreas agrícolas próximas a la costa, escorrentía urbana y agrícola, desbordamiento de instalaciones de saneamiento y depuración durante eventos de inundación, actividades náuticas en el entorno de áreas portuarias, deposición atmosférica o movilización de residuos o sedimentos contaminados en aguas costeras.

Los efluentes tratados y no tratados procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas son una de las principales fuentes de contaminación antropogénica tanto directa como indirecta de las aguas costeras, las cuales se han convertido en zonas especialmente vulnerables a su posición intermedia entre el mar abierto y las actividades humanas (Sánchez-Ávila, 2012).

La provincia de Alicante está situada en la zona meridional de la Comunidad Valenciana. Ocupa una superficie de 5817 km² y cuenta con 212 km de costa y 7 km de perímetro insular. Con una población de en torno a 2 millones de habitantes, las aguas costeras de la provincia de Alicante están sometidas a múltiples presiones antrópicas derivadas principalmente de las actividades urbano-turísticas y agrícolas.

Con 171 instalaciones de tratamiento en servicio y 122,71 hm³ de aguas residuales urbanas tratadas anualmente (EPSAR, 2016), los posibles impactos derivados de las aguas procedentes de estas instalaciones que, directa o indirectamente vierten los efluentes al mar, son múltiples y de muy variada naturaleza. A continuación se detallan los más relevantes.

2.1 Microorganismos patógenos microbianos.

El aporte de organismos patógenos microbianos a las aguas costeras puede ser originado por diferentes vías, entre las que destacan las aguas de lastre, la acuicultura y los efluentes procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. En este último caso cabe puntualizar que, a pesar del avance de las tecnologías de tratamiento en las últimas décadas e independientemente de la minuciosidad y sofisticación del proceso, los efluentes depurados aún pueden contener ciertas sustancias dañinas, como determinados patógenos microbianos (Okoh, et al., 2007).

El riesgo de contaminación biológica de las aguas costeras dependerá de la concentración de microorganismos patógenos en las aguas, del grado de exposición a las mismas y de su pervivencia en ese entorno manteniendo su poder infeccioso. En cuanto a este último punto, los virus entéricos han demostrado ser más resistentes a las condiciones salinas que las bacterias entéricas (incluso las del grupo coliforme), las cuales se reducen un 90% en 0,025-0,33 días mientras que los virus entéricos requieren de 0,67-1,0 días para reducirse en la misma proporción (Feachem et al., 1983)

Para determinar la contaminación de aguas costeras por aguas de origen fecal se recomienda la utilización de indicadores. Los coliformes fecales y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal. También pueden usarse organismos microbianos superiores, como el *Clostridium perfringens* (Lipp et

al., 2001), por ser una bacteria que tolera elevadas temperaturas y sequedad, pH extremos y falta de nutrientes, entre otras condiciones adversas. Esta resistencia elevada la convierte en un indicador apropiado de contaminación fecal antigua o intermitente. Además, cuando las aguas residuales domésticas van mezcladas con industriales y las condiciones de pH y temperatura pueden eliminar las formas vegetativas de las bacterias, y los coliformes están ausentes, indicará contaminación fecal antigua.

2.2 Modificación de parámetros físico-químicos.

Otra de las posibles afecciones del vertido de efluentes procedentes de estaciones de tratamiento de aguas residuales es la modificación de parámetros físico-químicos de las aguas costeras. Entre ellos cabe mencionar la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, la concentración de oxígeno disuelto (en base a la DQO) o la turbidez, entre otros.

Estas modificaciones no sólo afectan al ecosistema marino litoral sino que pueden inducir efectos negativos sobre las instalaciones presentes en la zona.

En este sentido, la provincia de Alicante cuenta con 67 plantas desaladoras (2010) con una capacidad de producción instalada de agua desalada de 150 hm³/año. Este tipo de instalaciones son especialmente sensibles a cambios en la temperatura y salinidad del agua de mar, a la presencia de materia orgánica disuelta y metales pesados, pudiendo dar lugar a una contaminación grave de las membranas (Jeong et al., 2014; Liyanaarachchi et al, 2014)

Por todo ello es necesaria la evaluación periódica de estos parámetros, los cuales incluso han sido propuestos por investigadores como Moresco et al (2012) o Debels et al. (2005) para su uso como herramientas para el monitoreo de las tendencias mundiales de la calidad del agua.

2.3 Introducción de materia orgánica y nutrientes.

La descarga de materia orgánica y nutrientes en el medio marino lleva asociados importantes problemas de reducción o agotamiento del oxígeno disuelto (en el caso de la materia orgánica) e incremento del riesgo de eutrofización derivado del aporte de nutrientes, fundamentalmente nitrógeno y fósforo. Es por ello que la normativa establece unos límites máximos en cuanto a DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales y nutrientes especialmente estrictos para vertidos en zonas con tendencias eutróficas (zonas sensibles).

La existencia de materia orgánica en el medio marino costero puede suponer un importante riesgo para las instalaciones existentes en esa área, como es el caso de emisarios submarinos, instalaciones de toma para desalación, etc., pudiendo dar lugar a incrustaciones, deposiciones o crecimiento de biopelículas, entre otros. Por este

motivo, en las inmediaciones de este tipo de instalaciones debe evitarse la introducción en el medio de materia orgánica suspendida y disuelta.

2.4 Microcontaminantes.

La introducción en el medio marino de otros contaminantes como son los metales pesados o los micro-contaminantes orgánicos, tanto por el vertido directo de efluentes tratados y no tratados como por vertido indirecto a masas de agua superficiales o subterráneas o por contaminación difusa, como es el caso de los plaguicidas polares introducidos por lixiviación de las zonas agrícolas próximas a la costa, es otro de los potenciales peligros inducidos por la actividad antrópica en las aguas costeras.

Son múltiples las investigaciones que demuestran la amplia presencia de microcontaminantes (Organic Micropollutants- OMPs) y sustancias prioritarias en las aguas costeras del Mediterráneo español (Sánchez-Ávila et al, 2012; Martí et al., 2011; Céspedes et al., 2005; Petrovic et al., 2002). Martí et al. (2011), en su estudio sobre la presencia de contaminantes prioritarios en aguas costera de la Comunidad Valenciana, identifica 24 cuerpos de agua a lo largo de la costa de la Comunidad, de los cuales 9 se sitúan en la provincia de Alicante. En esta investigación se detectaron 36 OMPs en las aguas costeras de la Comunidad, 26 de ellos sustancias prioritarias. En cuanto a los microcontaminantes detectados con más frecuencia, Martí documenta 13 microcontaminantes encontrados con una frecuencia de ocurrencia superior al 20% (COV, plaguicidas, organoclorados, ftalatos y compuestos de tributilestaño (TBT), todos ellos a excepción del TBT también presentes en los efluentes procedentes de las EDARs adyacentes.

Los agentes surfactantes y tensioactivos son compuestos con alta presencia en aguas costeras próximas a las EDARs ya que degradación microbiana de estos microcontaminantes en las instalaciones de tratamientos de aguas residuales convencionales es incompleta, dando lugar en algunos casos a subproductos más tóxicos que el compuesto original (Ying et al., 2002). Petrovic et al. (2002) analizó la presencia y distribución de los mismos en la costa mediterránea española, detectando altas concentraciones de NPEO y NP cerca de los puntos de descarga de aguas residuales industriales y urbanas. Puesto que ciertos surfactantes, como son los alquilfenoles etoxilados (APEOs) y sus subproductos no se biodegradan y son considerados posibles disruptores endocrinos, deben ser monitoreados a fin de documentar su presencia, concentración y posibles efectos sobre el medioambiente costero y la salud humana (Sánchez-Ávila et al., 2011; Pétróvic et al., 2002). David et al. (2009), en un importante estudio de revisión incide también en la distribución y detección de alquilfenoles (APs) y APEOs en lagunas, estuarios y bahías próximas a fuentes de emisión como las EDARs.

La presencia de plaguicidas organoclorados (hexaclorobenceno, lindano, triazinas, diazinón o molinato, entre otros) en la costa mediterránea ha sido también ampliamente documentada (Gómez-Gutiérrez, et al., 2006). Éstos normalmente proceden de la lixiviación y escorrentía de los campos agrícolas cercanos a las masas de agua costeras, y su concentración aumenta tras eventos de inundación, donde la

lixiviación, escorrentía y removilización de sedimentos se acentúa (Montañes et al., 1990; Gómez-Gutiérrez, et al., 2006). Otra fuente de contaminación por plaguicidas son los efluentes procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Así, la presencia de triazinas y diurón en la costa sudeste mediterránea ha sido documentada por autores como Pitarch et al. (2010) o Muñoz et al. (2009) en EDARs de Castellón y El Ejido (Almería) respectivamente. En este tipo de compuestos es importante también atender a su uso estacional.

La investigación realizada por Piedra et al. (2000) incide también en la presencia en las aguas del sudeste mediterráneo español de ciertos biocidas y pinturas antifouling, todo ello generalmente derivado de las actividades náuticas en esta zona.

Un riesgo adicional derivado de la presencia de microcontaminantes en el medioambiente marino costero es su posible acumulación en los sedimentos. Pétrovic et al. (2002) determina que los sedimentos parecen actuar como sumideros de los surfactantes no-iónico y alquisulfonatos lineales (LAS), lo cual corrobora David et al. (2009) determinando que los sedimentos pueden ser un sumidero de alquilfenoles (APs). Se recomienda por tanto el estudio conjunto del trinomio agua-sedimento-biota mediante ensayos de toxicidad y el uso de biomarcadores.

3. CALIDAD EXIGIDA PARA VERTIDO DE EFLUENTES URBANOS DEPURADOS.

Las aguas residuales de origen urbano son fundamentalmente de origen antropogénico derivadas del metabolismo humano y las actividades domésticas, por lo que presentan generalmente un alto grado de biodegradabilidad.

Los parámetros básicos para su caracterización son: la temperatura (habitualmente 15°-20°C), el pH (6,5-8,5), la concentración de sólidos suspendidos sedimentables y no sedimentables que presentan, el contenido de materia orgánica (la cual determina la demanda de biológica y/o química de oxígeno, DBO₅ y DQO), los nutrientes presentes en el agua residual (fundamentalmente el nitrógeno en su forma orgánica y amoniacal, y el fósforo en forma de ortofosfatos y polifosfatos), así como la presencia de microorganismos patógenos (con indicadores como coliformes fecales), la concentración de metales pesados, la presencia de ácido sulfhídrico y las concentraciones de compuestos tóxicos.

La Directiva del 91/271 CEE, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto-Ley 11/1995, establece los requisitos básicos para los vertidos procedentes de EDARs urbanas:

Requisitos para los vertidos procedentes de estaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas. (Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción). Fuente: *Real Decreto-Ley 11/1995*.

Parámetros		Concentración	Porcentaje mínimo de reducción (1)	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación (2).	mg O ₂ /L	25	70-90 40 de conformidad con el apartado 3 del artículo 5 R.D.L. (3).	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación antes y después de cinco días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación.
Demanda química de oxígeno (DQO).	mg O ₂ /L	125	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Sólidos suspendidos totales.	mg SST/L	35 (4) de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) (3).	90 (4) de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) (3).	Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje. Centrifugación de una muestra representativa (durante cinco minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g), secado a 105 °C y pesaje.
		60 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) (3).	70 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) (3).	
Fósforo Total (vertido en zonas sensibles (7))	mg /L de P	2 (de 10.000 a 100.000 h-e). 1 (más de 100.000 h-e).	80	Espectrofotometría de absorción molecular.
Nitrógeno Total (5) (vertido en zonas sensibles)	mg/L de N	15 (de 10.000 a 100.000 h-e). 10 (más de 100.000 h-e) (6).	70-80	Espectrofotometría de absorción molecular.

(1) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

(2) Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre DBO 5 y el parámetro sustituto.

(3) Se refiere a los supuestos en regiones consideradas de alta montaña contemplada en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre.

(4) Este requisito es optativo.

(5) Nitrógeno total equivale a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico + NH), nitrógeno en forma de nitrato (NO) y nitrógeno en forma de nitrito (NO).

(6) Alternativamente el promedio diario no deberá superar los 20 mg/l N. Este requisito se refiere a una temperatura del agua de 12 °C o más durante el funcionamiento del reactor biológico de la instalación de tratamiento de aguas residuales. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales.

Se aplicará esta alternativa en caso de que pueda demostrarse que se cumple el apartado A).1 del anexo III.

(7) Zona sensible determinada en base a los criterios establecidos en el Anexo II del 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.

Como se puede deducir, esta normativa no contempla la presencia o no de contaminación microbiológica ni de contaminantes prioritarios y emergentes.

4. TRATAMIENTO DE AGUAS

El objetivo de cualquier tratamiento de aguas residuales debe ser eliminar los componentes definidos en la legislación como contaminantes y ajustarse a las especificaciones previstas para su vertido al medio ambiente, o bien, manteniendo el objetivo anterior, obtener un agua tratada útil para reutilización.

Para conseguir los objetivos de calidad el agua residual debe someterse a tratamiento de depuración mediante una serie de procesos de carácter físico, químico o biológico. Los objetivos de los distintos grupos de tratamientos se muestran en la figura 1.

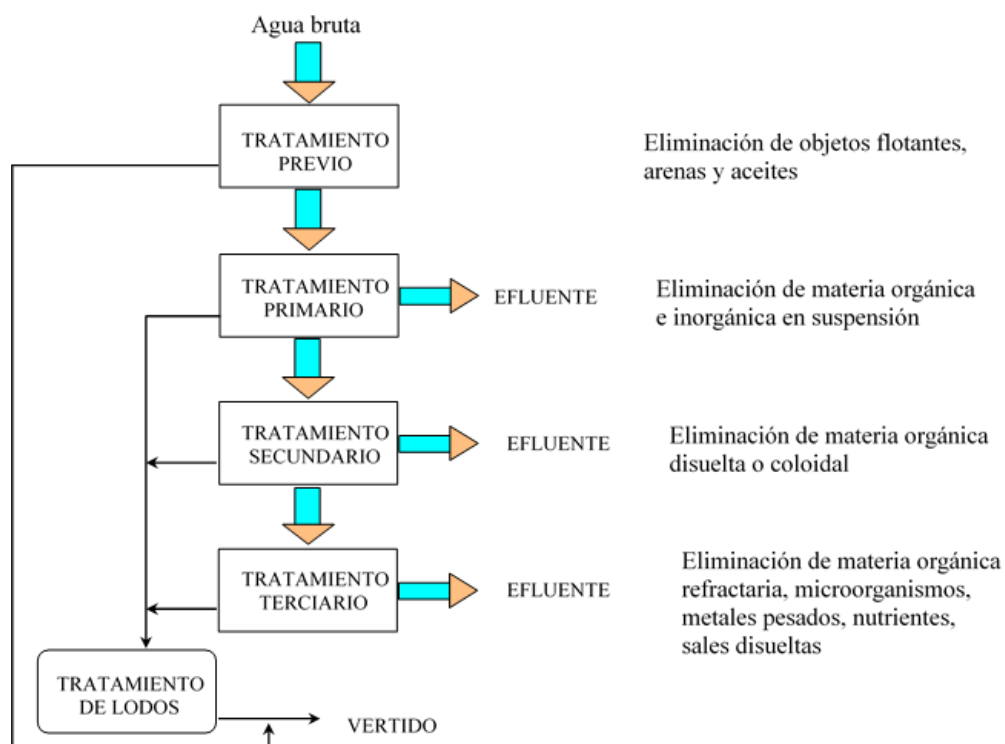


Figura 1. Objetivos del tratamiento de las aguas residuales

Como se puede observar la depuración no se consigue en una sola etapa o proceso, sino en una serie de tratamientos en los que se va reduciendo la concentración de los distintos contaminantes presentes, llevando el agua al nivel de calidad deseado.

Es de destacar que todo proceso de depuración genera necesariamente una corriente de lodos que llevan la mayor parte de las sustancias contaminantes eliminadas. Estos

lodos deben ser tratados y acondicionados para su reutilización y vertido, realizándose una serie de operaciones como las que se esquematizan en la figura 2.

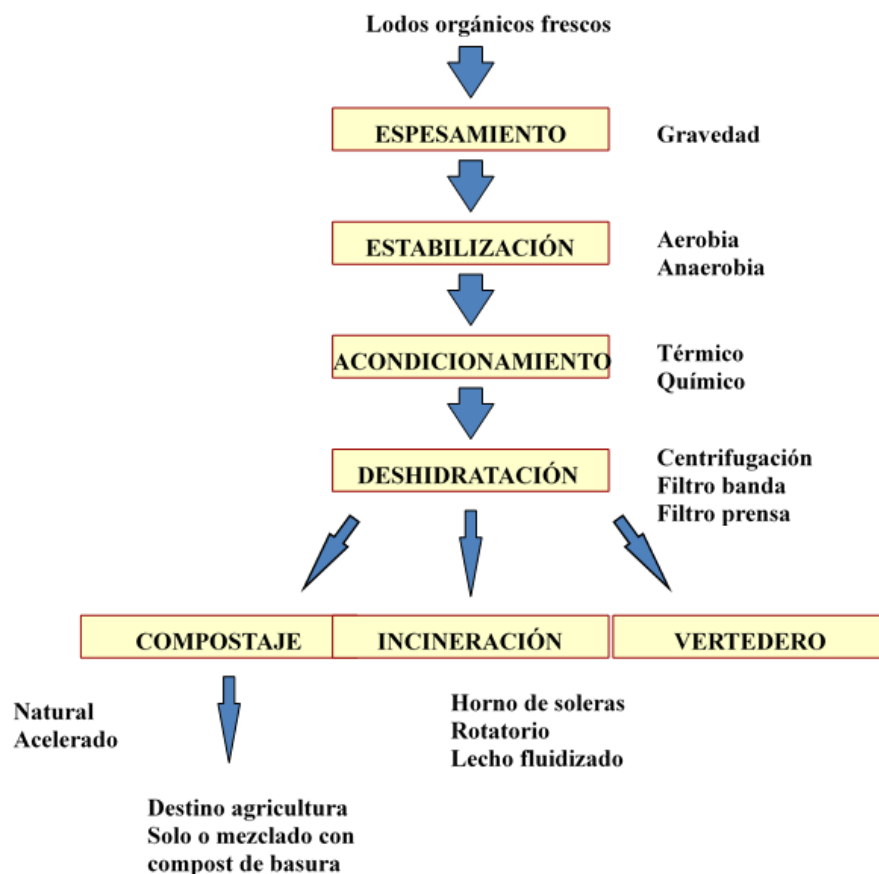


Figura 2. Esquema de tratamiento de lodos

Existen muchos procesos para conseguir los distintos objetivos de tratamiento de agua y lodos. La selección de los mismos y sus posibles combinaciones determina la calidad de los efluentes finales.

5. SITUACIÓN DE LA DEPURACIÓN EN LA PROVINCIA DE ALICANTE.

5.1 Instalaciones en servicio y caudales tratados.

La Comunidad Valenciana cuenta en la actualidad con 482 instalaciones de saneamiento y depuración en servicio, de las cuales 171 se sitúan en la provincia de Alicante. La relación de las mismas, así como su ubicación y caudal de funcionamiento diario quedan reflejados en la tabla 1.

Tabla 1. Listado de estaciones depuradoras de aguas residuales en funcionamiento durante el año 2016 en la provincia de Alicante. Fuente: *elaboración propia a partir de datos EPSAR*

Nombre EDAR	Coordenadas UTM. ETRS-89 Huso 30		Identificador mapa (figura 3)	Caudal de funcionamiento (m ³ /día)
	X	Y		
Adsubia	747649	4303546	1	51
Adsubia (Forna)	745769	4306445	2	12
Agost	706375	4255691	3	419
Agres	715584	4296148	4	168
Aigües	729988	4264187	5	75
Alacant (Isla de Tabarca)	720416	4227273	6	75
Alacant (Monte Orgegia)	721453	4251379	7	23084
Alacant (Rincón de León)	716443	4245901	8	45928
Alacanti Norte	725337	4256236	9	5567
Albatera - San Isidro	688494	4227933	10	1998
Alcalalí (Llosa de Camacho)	760453	4295941	11	40
Alcocer de Planes	725834	4297240	12	43
Alcoi	722132	4288372	13	14302
Alcoleja	731962	4284562	14	44
Alfafara	712010	4294823	15	134
Algorfa	692321	4218131	16	1192
Algueña	674915	4244263	17	172
Algueña (La Solana)	671745	4245568	18	9
Almoradí	694855	4220692	19	3042
Almoradí (El Saladar)	693160	4222287	20	103
Almudaina	730112	4293795	21	14
Altea	756643	4278574	22	8737
Altea (Galera de las Palmeras)	759151	4280603	23	26
Altea (Golf - Vivero)	758521	4279611	24	37
Altea (Golf)	757985	4279854	25	24
Altea (Leña)	758776	4279987	26	10
Altea (Mascarat)	760095	4280174	27	346
Altea (Monterrico)	756373	4281143	28	10
Altea (Paradiso)	756535	4280512	29	16
Altea (Santa Clara)	755338	4280398	30	40
Altea (Toix-Mascarat)	761482	4280265	31	79
Aspe	695693	4247442	32	1901
Balones	731213	4291008	33	33
Banyeres de Mariola	700522	4288278	34	1142
Benasau	730806	4285904	35	32
Benferri - Orihuela (La Murada)	679091	4224184	36	489
Beniarbeig	760793	4301647	37	506
Beniarrés	727315	4299440	38	214
Benidoleig - Sagra - Tormos	756422	4299539	39	148
Benidorm	754564	4270829	40	36490
Benifallim	725790	4282833	41	19
Benigembla	751436	4293810	42	26
Benigembla (Vernissa Park)	752552	4294010	43	9
Benijófar	697999	4217493	44	402
Benilloba	726638	4286914	45	346

Benillup	727985	4292788	46	12
Benimarfull	726559	4295442	47	82
Benimassot	735269	4292261	48	28
Benissa - Senija	765581	4288461	49	1017
Benitatxell	773737	4291290	50	407
Benitatxell (Cumbres del Sol 1)	775358	4291065	51	40
Benitatxell (Cumbres del Sol 10)	775115	4289489	52	100
Benitatxell (Cumbres del Sol 12)	775111	4289169	53	60
Benitatxell (Cumbres del Sol 13)	775038	4288927	54	100
Benitatxell (Cumbres del Sol 14)	775948	4290581	55	60
Benitatxell (Cumbres del Sol 19)	774159	4289025	56	60
Benitatxell (Cumbres del Sol 21)	774012	4289316	57	40
Benitatxell (Cumbres del Sol 22)	773957	4289005	58	40
Benitatxell (Cumbres del Sol 23)	776033	4290086	59	70
Benitatxell (Cumbres del Sol 3)	775828	4289939	60	100
Benitatxell (Cumbres del Sol 4)	775771	4289842	61	100
Benitatxell (Cumbres del Sol 5)	775385	4289839	62	100
Benitatxell (Cumbres del Sol 7)	775176	4290036	63	40
Benitatxell (Cumbres del Sol 8)	774922	4289793	64	45
Benitatxell (Cumbres del Sol-15)	774605	4288566	65	63
Benitatxell (Cumbres del Sol-17)	774257	4288383	66	42
Benitatxell (Cumbres del Sol-18)	774322	4289440	67	49
Benitatxell (Cumbres del Sol-20)	774096	4289745	68	20
Benitatxell (Cumbres del Sol-24)	774934	4291484	69	100
Benitatxell (Cumbres del Sol-6)	775184	4290214	70	17
Benitatxell (Urb. Golden Valley)	773722	4289377	71	125
Benitatxell (Urb. La Joya)	773635	4290431	72	79
Benitatxell (Urb. Les Fonts)	772416	4292493	73	80
Benitatxell (Urb. Luz y Sol)	773257	4290100	74	52
Biar	693646	4279679	75	700
Bolulla	751510	4284713	76	47
Calp	765838	4283707	77	5967
Calp (Empedrola II)	765455	4285108	78	12
Castell de Castells	743548	4290316	79	106
Confrides	739020	4286661	80	108
Crevillente - Derramador (Industrial)	691301	4233152	81	776
Crevillente - Derramador (Urbana)	691371	4233149	82	2421
Crevillente (Realengo)	691649	4229997	83	98
Denia - El Verger	758127	4306298	84	1088
Dénia - Ondara - Pedreguer	763648	4301372	85	17521
Dolores - Catral	695364	4225653	86	2102
El Campello (Cala D'OR)	732977	4261412	87	137
El Campello (La Merced)	733869	4262009	88	137
El Campello (Venta Lanuza)	734305	4262571	89	137
Els Poblets - El Verger	762352	4305505	90	562
Elx (Algoros)	700881	4235323	91	21999
Elx (Arenales)	716057	4237350	92	3187
Elx (Carrizales)	704157	4226911	93	791
Facheca	737746	4290687	94	31
Famorca	739791	4290671	95	7
Finestrat	742373	4272122	96	217
Foia de Castalla	703647	4275034	97	2339
Font de la Pedra	724570	4295564	98	13212
Gaianes	725361	4298194	99	51
Gata de Gorgos	769475	4295820	100	454
Gorga	729787	4288629	101	47

Guadalest	744466	4284823	102	163
Guardamar del Segura	702789	4217083	103	3315
Hondón de las Nieves	688273	4241752	104	119
Hondon de las Nieves (La Canalosa)	680845	4241282	105	30
Hondón de los Frailes	681558	4238014	106	118
Ibi	709147	4274899	107	3174
Jacarilla - Bigastro	686720	4215449	108	1146
La Romana	684647	4248065	109	271
La Vila Joiosa	739201	4267539	110	10014
Llíber - Jalón	761218	4293090	111	1589
L'orxa	732698	4303185	112	55
Millena	728712	4290410	113	49
Monovar (Pedanías)	679075	4253976	114	46
Murla	753579	4293988	115	100
Novelda - Monforte del Cid	698792	4248161	116	4197
Orba	755345	4297591	117	442
Orihuela	681190	4217025	118	5370
Orihuela (Barbarroja)	677845	4237600	119	5
Orihuela (Hurchillo)	682275	4215039	120	153
Orihuela (La Aparecida)	674916	4215833	121	234
Orihuela (La Matanza)	676944	4222315	122	115
Orihuela (Rincón de Bonanza)	678518	4217056	123	1328
Orihuela (San Bartolomé)	688046	4218195	124	581
Orihuela (Torremendo)	687689	4207709	125	77
Orihuela (Virgen del Camino)	681757	4225737	126	38
Orihuela-Costa	697165	4198933	127	6974
Pego	751635	4304076	128	1230
Penàguila	729724	4285292	129	54
Pilar de la Horadada	694490	4197268	130	3512
Pinoso	670568	4250214	131	764
Pinoso (Encebras)	675209	4251498	132	40
Planes	730116	4296689	133	103
Planes (Benialfaqui)	731183	4294801	134	8
Planes (Catamarruch)	732865	4296004	135	10
Planes (Margarida)	734630	4296501	136	6
Quatretondeta	733064	4289389	137	27
Relleu	734156	4273859	138	104
Rojales	700194	4218533	139	1622
Rojales (Ciudad Quesada - 1)	699680	4216270	140	60
Rojales (Ciudad Quesada - 2)	700432	4216834	141	85
Rojales (Doña Pepa)	700937	4213515	142	223
Rojales (Lo Pepín)	701818	4214685	143	921
Salinas	682616	4265061	144	360
San Fulgencio - Daya Nueva - Daya Vieja	701386	4222827	145	2282
San Miguel de Salinas	694426	4206216	146	391
Sanet y Negrals	757927	4300573	147	158
Santa Pola	713391	4232969	148	7119
Sella	737474	4276181	149	79
Sistema Callosa del Segura	686828	4223225	150	7285
Tárbena	752336	4286599	151	84
Teulada	769229	4291278	152	752
Teulada (Moraira)	772110	4286961	153	1190
Teulada (Tros de Benavent)	772008	4288517	154	82
Tibi	710533	4267063	155	115

Tollos	736883	4293024	156	17
Torre de les Maçanes	724731	4275777	157	86
Torrevieja	701659	4205099	158	15943
Vall D'alcalà	738775	4297999	159	30
Vall de Ebo	747338	4299233	160	75
Vall de Gallinera (Alpatro)	737488	4300449	161	37
Vall de Gallinera (Beniali)	741375	4301141	162	79
Vall de Gallinera (Benirrama)	743138	4301617	163	12
Vall de Gallinera (Benissili)	736580	4300128	164	3
Vall de Gallinera (Carroja)	739558	4300660	165	3
Vall de Laguart (Benimaurell)	749810	4295494	166	46
Vall de Laguart (Fleix I Campell)	752038	4296510	167	75
Valle del Vinalopó	691802	4258235	168	12401
Villena	682630	4279814	169	7306
Xàbia	775131	4296521	170	4586
Xixona	718730	4265098	171	1498

El caudal de aguas residuales tratado en la provincia de Alicante fue de 122,71 hm³ durante el año 2016. La carga media contaminante tratada por las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de la Comunidad Valenciana fue de 5.936.183 habitantes-equivalentes, de los cuales las EDARs alicantinas trataron 2.439.795 he, aproximadamente el 41% de las cargas totales de la Comunidad.

La figura 3 muestra la ubicación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Alicante, con indicación del rango de caudal de funcionamiento.

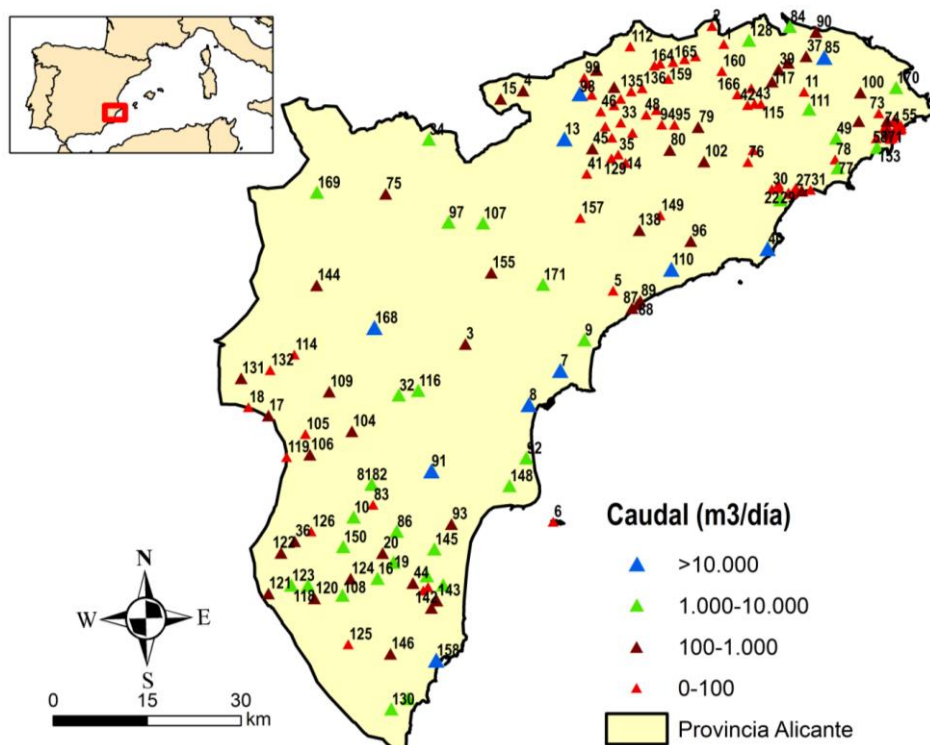


Figura 3. Clasificación en rangos de caudal de las 171 EDAR de la Provincia de Alicante. Rangos establecidos en función del caudal.

5.2 Sistemas de tratamiento.

Según datos suministrados por la La Entitat Pública de Sanetjament d'Aigües Residuals de la Comunidad Valenciana (EPSAR), los sistemas de tratamiento secundario de las aguas residuales urbanas implantados en la provincia de Alicante son los siguientes.

- Fangos activos.

Las instalaciones basadas en procesos de fangos activados en la provincia de Alicante son fundamente de Doble Etapa (FA_Doble Etapa) y de Media Carga (FA_Media Carga). Las primeras se basan en la utilización de dos procesos convencionales de fangos activos en serie, el primero de muy alta carga y el segundo de baja o media carga, mientras que las segundas son sometidas a un solo proceso de fangos activos en el rango de cargas medio.

- Aireación Prolongada.

Se trata de una variante de los procesos de fangos activados que funciona en la fase de respiración endógena de la curva de crecimiento microbiano, caracterizada por tiempos de retención hidráulica y edad del fango elevados.

Las EDARs alicantinas disponen de este tratamiento secundario tanto en su tipología Convencional (AP_Convencional) como en su variante de Carrusel (AP_Carrusel), variante basada en la circulación del efluente en un circuito cerrado en forma de canal circular u ovalado.

- Sistemas basados en tecnologías MBR.

En determinadas EDARs de la provincia se ha iniciado la implantación con éxito de sistemas basados en tecnologías avanzadas que ofrecen una excelente calidad del efluente tratado, como es el caso de los biorreactores de membranas, los cuales combinan los procesos de fangos activos con una filtración mediante membranas de micro o ultrafiltración.

- Sistemas de biomasa fija. AP_Biodiscos y Lechos Bacterianos.

En determinados casos puntuales se ha aplicado en la provincia los sistemas de tratamiento basados en biomasa fija o adherida, como es el caso de los biodiscos y los lechos bacterianos.

Los Biodiscos o Contactores Biológicos Rotativos se fundamentan en una alta concentración de biomasa activa por unidad de superficie. Los biodiscos se montan sobre un eje horizontal semi sumergido en el interior de un depósito con el efluente a tratar. La inmersión secuenciada de la biomasa permite la transferencia de oxígeno necesaria para la degradación de la materia orgánica. Son sistemas compactos con excelentes rendimientos en pequeñas comunidades.

En cuanto a los lechos bacterianos, su principio básico es la aplicación del efluente a tratar en forma de lluvia sobre una masa de material de gran superficie específica y alta permeabilidad sobre el que se soporta la biomasa activa.

- Sistemas de Lagunaje Aireado (AP_Lagunaje Aireado).

Son procesos extensivos de depuración basados en el desarrollo de cultivos bacterianos en grandes balsas o lagunas donde la degradación de la materia orgánica está asegurada gracias al largo tiempo de retención. En la variante de lagunaje aireado el aporte de oxígeno se realiza mecánicamente mediante un aireador de superficie. Posteriormente a la degradación de la materia orgánica se produce la etapa de decantación para la posterior retirada de los lodos generados.

Los principales sistemas de tratamiento aplicados en las EDARs de la provincia de Alicante (figura 4) son aquellos cuyo tratamiento secundario está basado en procesos de fangos activos en sus variantes de media carga y de doble etapa, así como aquellos basados en procesos de aireación prolongada, tanto de tipo convencional como de carrusel. Los sistemas de fangos activos trataron en 2016 aproximadamente 67.555.000 m³, lo que representó un 55% del volumen total de aguas residuales tratadas, mientras que los sistemas de aireación prolongada trataron 50.226.000 m³, aproximadamente un 41% del total de caudales tratados.

Otros sistemas de tratamiento de las aguas residuales implantados en las EDARs alicantinas son los biorreactores de membrana (MBR), tecnologías blandas como los biodiscos y los lechos bacterianos, y lagunaje aireado, aunque durante 2016 trataron únicamente 4.927.617 m³, lo cual supone un 4% del volumen de agua residual tratada.

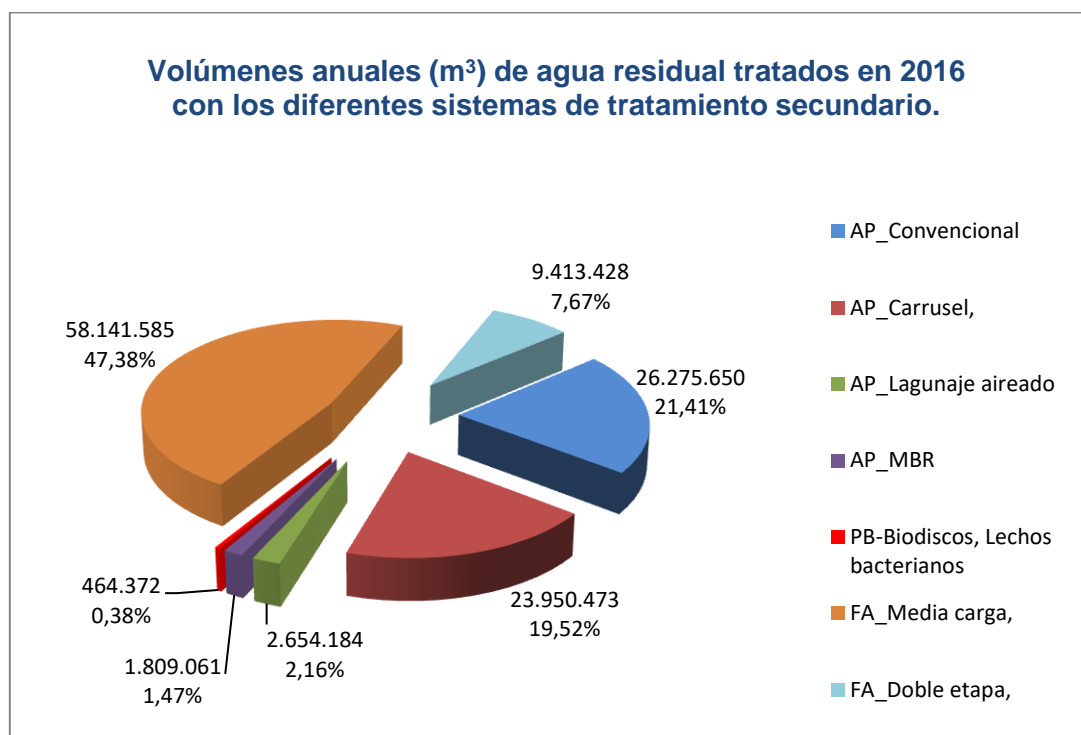


Figura 4. Volúmenes de agua residual tratados en las estaciones depuradoras de la provincia de Alicante durante el año 2016 agrupados en función del tratamiento secundario.

5.3 Calidad de los efluentes tratados

La EPSAR, en su Memoria de Gestión de 2016, incide expresamente en la buena calidad de las aguas depuradas en la Comunidad, siendo los valores de salida de sólidos suspendidos, demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO) inferiores a los límites de emisión fijados por la Directiva del Consejo 91/271 CEE sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas.

A efectos de evaluar la eficacia de los distintos tratamientos, se realiza un cálculo de los porcentajes globales de reducción correspondientes a cada tipo de tratamiento. En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para sólidos suspendidos totales (SS), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nutrientes nitrógeno total y fósforo total.

Tabla 2. Eficacia global de cada tipo de tratamiento en la provincia de Alicante. Elaborada a partir de datos suministrados por la EPSAR para 2016.

Tratamiento	Numero depuradoras	Volumen tratado hm3	Habitantes Equiv.	% global reducción SS	% global reducción DBO ₅	% global reducción DQO	% global reducción N total	% global reducción P total
Aireación prolongada carrusel	68	23,95	402.967	97,8	98,7	94,7	89,0 ⁽¹⁾	76,0 ⁽¹⁾
Aireación prolongada convencional	75	28,92	570923	98,0	98,8	95,5	84,5 ⁽²⁾	78,0 ⁽²⁾
MBR	4	1,81	40.710	98,6	99,1	97,2	92,0 ⁽³⁾	87,0 ⁽³⁾
Fangos activos Doble etapa	5	9,37	215.362	94,3	98,8	93,0	42,7 ⁽⁴⁾	77,3 ⁽⁴⁾
Fangos activos Media carga	11	58,10	1.198.842	96,3	97,7	94,3	72,4 ⁽⁵⁾	63,9 ⁽⁵⁾
Biofiltro Lecho bacteriano	5	0,46	7.000	96,4	95,1	89,7	41,0 ⁽⁶⁾	5,0 ⁽⁶⁾

(1) Sólo para 32 de las 68 depuradoras con procesos para reducir N y P

(2) Sólo para 17 de las 75 depuradoras con procesos para reducir N y P

(3) Sólo para 1 de las 4 depuradoras con procesos para reducir N y P

(4) Sólo para 2 de las 5 depuradoras con procesos para reducir N y P

(5) Sólo para 8 de las 11 depuradoras con procesos para reducir N y P

(6) Sólo para 1 de las 5 depuradoras con procesos para reducir N y P

Observando la tabla se puede deducir que en general todos los procedimientos aplicados consiguen muy altos porcentajes de reducción de SS y materia orgánica. La tecnología más eficiente es sin duda la que emplea los MBR, aunque hasta la fecha el volumen total tratado con este proceso es reducido, el 1,5 % del total. A continuación encontramos con mayor eficiencia los procesos de aireación prolongada seguidos de los de fangos activos y finalmente los biofiltros y lechos bacterianos, aunque su presencia es muy reducida (0,38%).

En cuanto a la eliminación de nutrientes (N y P), como se ha indicado en la tabla 2 no todas las depuradoras cuentan con sistemas para su eliminación, y los rendimientos encontrados son bastante heterogéneos, y siempre muy por debajo de los registrados para los SS y materia orgánica. En, la tabla 3 se resume el análisis realizado con los datos facilitados por la EPSAR relativos a los caudales tratados en el año 2016.

Tabla 3. Volúmenes totales anuales tratados por tipo de tratamiento y volúmenes tratados para eliminación de nutrientes en la provincia de Alicante. Año 2016

Tipo Tratamiento	Volumen total tratado hm ³	Volumen tratado para eliminar N hm ³	Volumen tratado para eliminar P hm ³
Aireación Prolongada_Carrusel	23,95	23,95	21,31
Aireación Prolongada_Convencional	28,92	24,47	18,82
Aireac. Prolongada_MBR	1,81	1,81	1,63
Fangos Activos_Media carga	58,1	10,92	33,00
Fangos Activos_Doble etapa	9,37	1,34	1,38
PB_Biodiscos, Lechos bacterianos	0,46	-	0,40
Totales	122,61	62,49	76,25

Así pues 62,49 hm³, 50,9% del caudal tratado de aguas residuales, fueron sometidos a tratamientos complementarios en la línea de aguas para la eliminación del nitrógeno total en el efluente mientras que 76,25 hm³, 62,4% del caudal tratado de aguas residuales fue sometido a procesos para la eliminación de fósforo. La eliminación de N se llevó a cabo principalmente en EDARs con tratamiento secundario basado en procesos de aireación prolongada convencional y carrusel y, en menor medida, en las de fangos activos de media carga. En lo referente al fósforo total, se llevó a cabo fundamentalmente en las EDARs con tratamiento secundario basado en procesos de fangos activos de media carga, así como en aquellas con tratamiento secundario de aireación prolongada convencional y carrusel.

Por otra parte, una gran proporción de efluentes recibieron tratamiento terciario, como se muestra en la figura 5, y fueron en mayor medida aquellos provenientes de EDARs cuyo tratamiento secundario se basa en procesos de fangos activos y, en menor medida, en procesos de aireación prolongada convencional y carrusel.

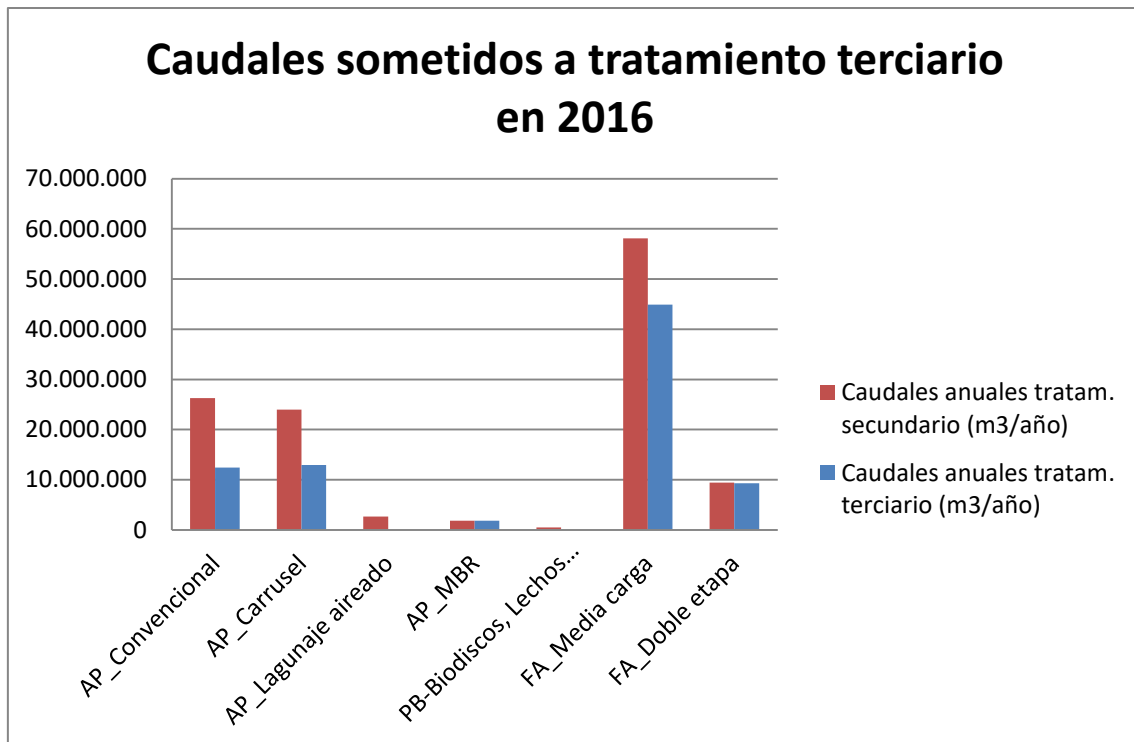


Figura 5. Caudales y porcentajes de los efluentes tratados que recibieron tratamiento terciario en las EDARs de la provincia de Alicante durante el año 2016

El volumen total depurado sometido a tratamiento terciario fue de 81,5 hm³, lo que supuso un 66,4% del caudal anual depurado en 2016.

6. Destino de los efluentes depurados en las instalaciones de tratamiento de la provincia de Alicante.

En la provincia de Alicante, el destino final de los efluentes tratados en 2016 se muestra en la figura 6.

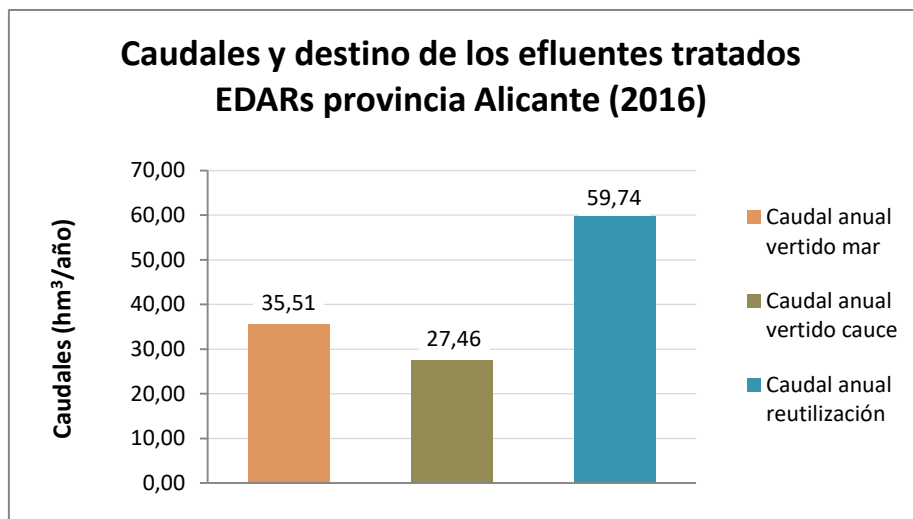


Figura 6. Destino de los efluentes tratados en las estaciones depuradoras de aguas residuales de la provincia de Alicante durante el año 2016.

Es especialmente significativo el alto volumen (59,74 hm³) con destino a reutilización directa en la provincia de Alicante durante 2016, lo cual es necesario dada la escasez de agua en esta zona del Sureste peninsular, y la consiguiente necesidad por tanto de utilizar recursos no convencionales, como son en este caso de las aguas regeneradas de origen urbano. Por otra parte, resulta de gran interés analizar los vertidos al mar, ya que podrían ser susceptibles de aprovechamiento para reutilización.

7. Vertidos al mar en las EDARS de la provincia de alicante.

Durante el año 2016 las 171 instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas de la provincia de Alicante depuraron 122,7 hm³, de los cuales 35,5 hm³, correspondientes únicamente a siete estaciones de tratamiento, tuvieron como destino final el vertido a las áreas costeras de la provincia. Las EDARs que vertieron parte o la totalidad de sus efluentes tratados al mar durante 2016 fueron las de Denia-Ondara-Pedreguer, Xàbia, Calp y Teulada (Moraira) en la comarca de la Marina Alta, la EDAR de Benidorm en la Marina Baja y las EDAR de Monte Orgegia y Rincón de León en la comarca de l'Alacantí. En la Figura 7 se muestra la ubicación de estas EDARS, los hm³ tratados y el porcentaje de agua tratada que se vertió al mar en 2016.

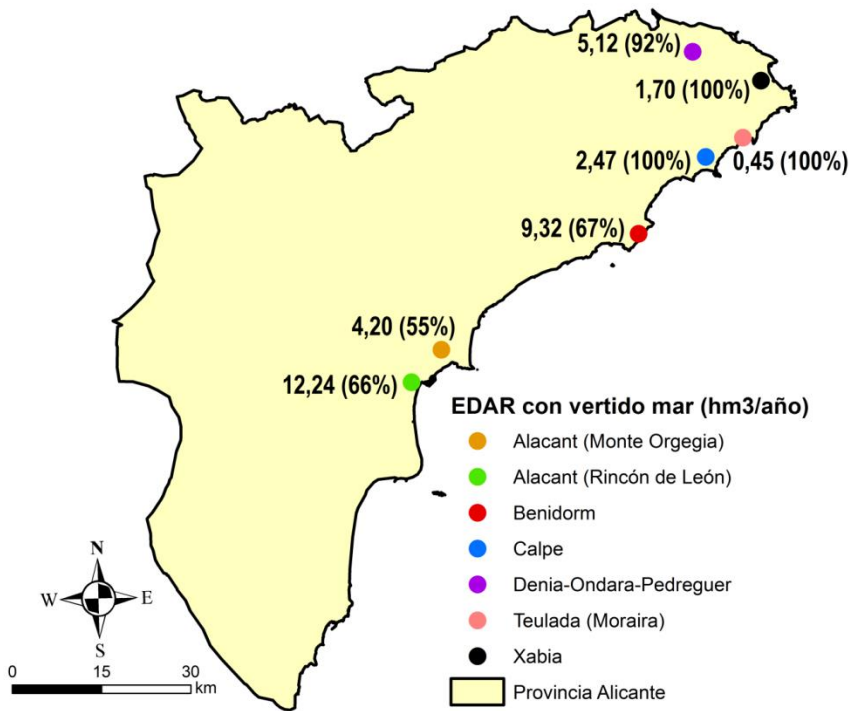


Figura 7. Ubicación de las EDARS que vierten al mar

En la Figura 9 se representan los volúmenes anuales tratados y los que vierten al mar en cada depuradora.

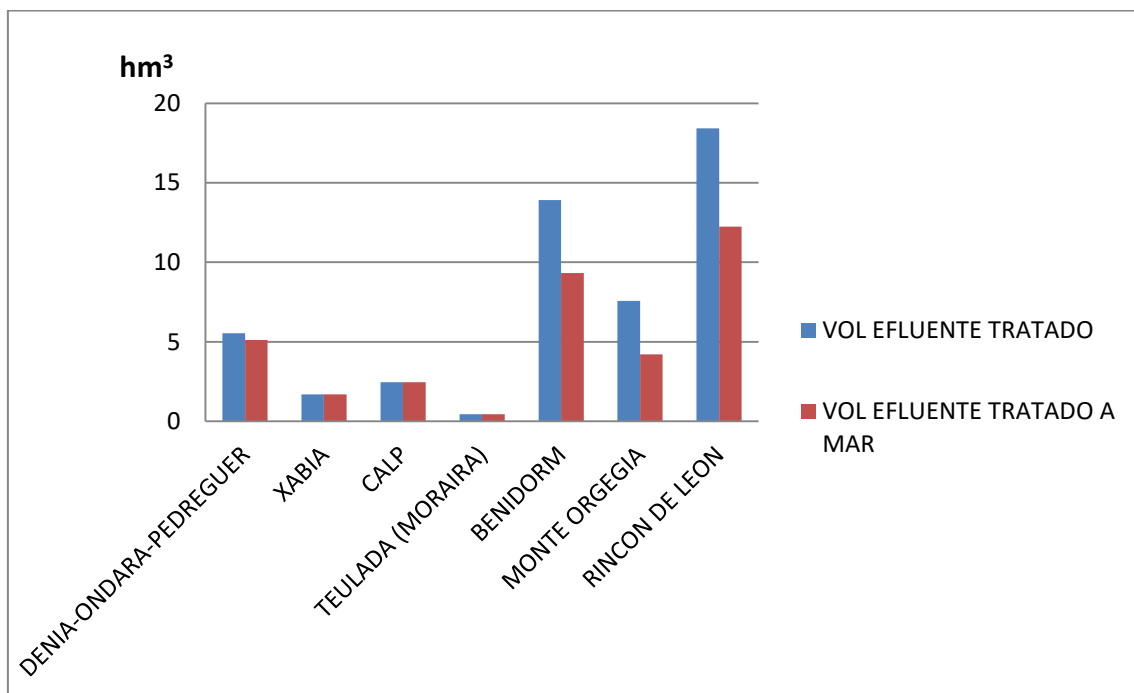


Figura 9. Volúmenes anuales de efluentes tratados y vertidos al mar en las EDARs de la Provincia de Alicante relativos al año 2016

Por tipología de tratamiento secundario, las EDARs que vierten mayores volúmenes al mar anualmente en la provincia de Alicante (el 72,6% del volumen anual con destino al mar) son aquellas basadas en procesos de Fangos Activos en su variante de Media Carga (EDAR Rincón de León, EDAR Monte Orgegia y EDAR Benidorm) (figura 10).

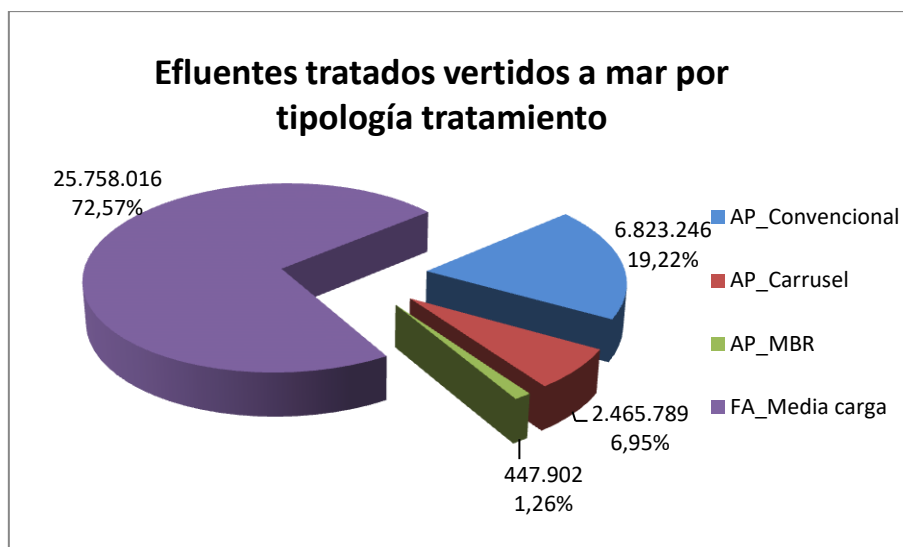


Figura 10. Efluentes vertidos al mar en las EDARs de la provincia de Alicante por tipología de tratamiento secundario.

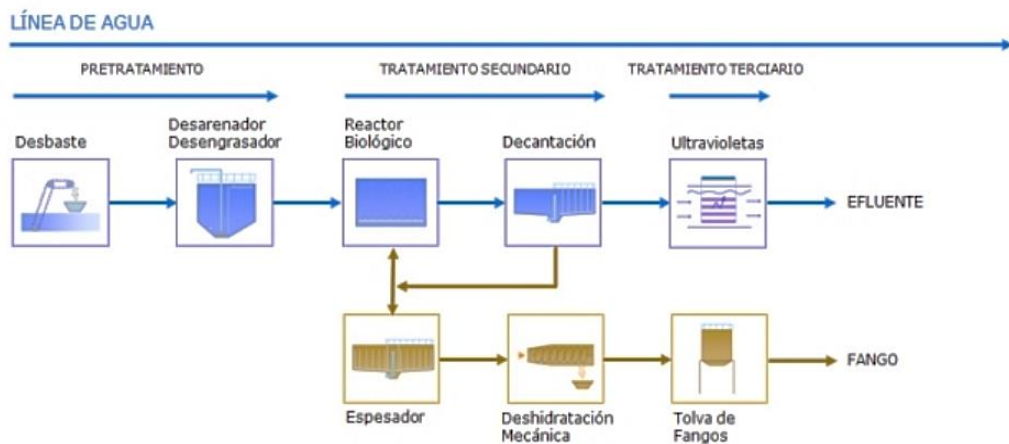
Particularizando en cada una de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales que vierten al mar parte o la totalidad de sus efluentes depurados, a continuación se realiza una breve reseña del tipo de tratamiento aplicado en cada una de ellas.

- **EDAR DENIA-ONDARA-PEDREGUER.**



Figura 11. Imagen aérea de la EDAR de Denia-Ondara-Pedreguer Fuente: EPSAR. <http://www.epsar.gva.es/instalaciones/Fotos/102.jpg>

Situada en la comarca de la Marina Alta, cuenta con tratamiento secundario basado en procesos de Aireación Prolongada Convencional, así como tratamiento de eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo), aunque carece de tratamiento terciario como tal ya que al efluente procedente del tratamiento secundario únicamente se le aplica una desinfección mediante UV.



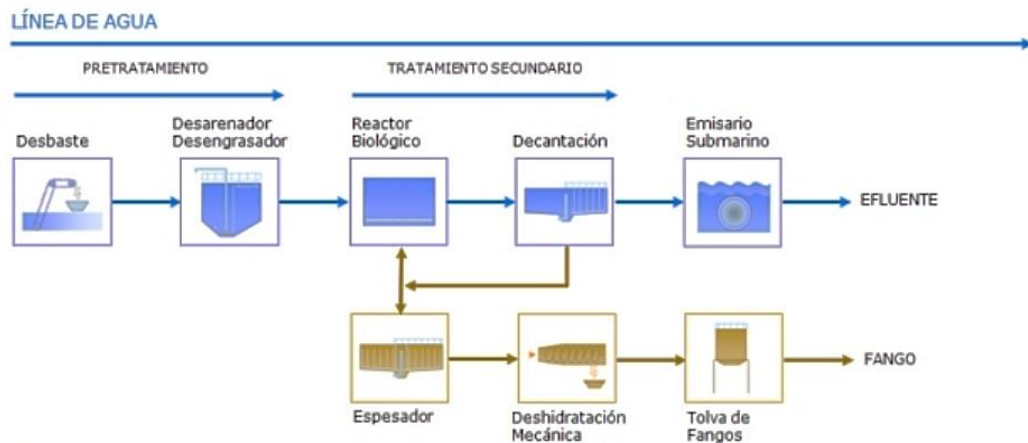
Esta EDAR trata un caudal anual de $5,6 \text{ hm}^3$ (lo que supone 79.821 h-e.) de los cuales vierte al mar anualmente $5,1 \text{ hm}^3$.

- EDAR XÀBIA.



Figura 12. Imagen aérea de la EDAR de Xàbia. Fuente: EPSAR <http://www.epsar.gva.es/sanejament/instalaciones/Fotos/443.jpg>

La EDAR de Xàbia se ubica también en la comarca de la Marina Alta. El sistema de tratamiento secundario está basado en procesos de Aireación Prolongada Convencional y, al igual que la anterior, dispone de tratamiento de eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y carece de tratamiento terciario, siendo el efluente procedente del tratamiento secundario únicamente sometido a desinfección por cloración.



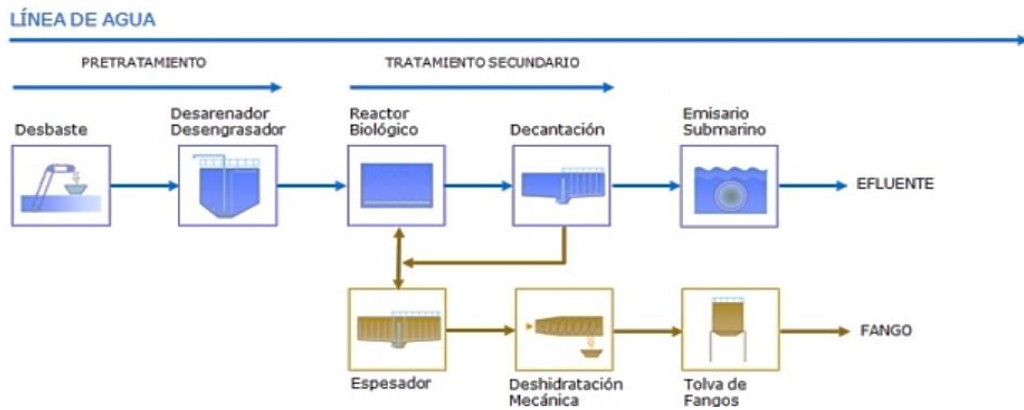
Esta instalación trata un caudal anual de 1,7 hm³ (24.044 h-e.) y el total de los efluentes tratados son vertidos al mar mediante un emisario submarino.

- **EDAR CALP.**



Figura 13. Imagen aérea de la EDAR de Calp. Fuente: *EPSAR*. <http://www.epsar.gva.es/instalaciones/Fotos/323.jpg>

Esta instalación de tratamiento de aguas residuales urbanas se localiza en la Marina Alta. El sistema de tratamiento secundario que tiene implantado está fundamentado en procesos de Aireación Prolongada en su modalidad de Carrusel.



Esta EDAR cuenta con tratamiento de nutrientes (N_T y P_T) pero no con tratamiento terciario, contando únicamente con una desinfección por cloración en el efluente tratado.

El caudal anual tratado por esta EDAR es de $2,5 \text{ hm}^3$ (32.601 h-e.) y vierte al mar la totalidad de los efluentes tratados mediante emisario submarino.

- **EDAR TEULADA (MORAIRA).**

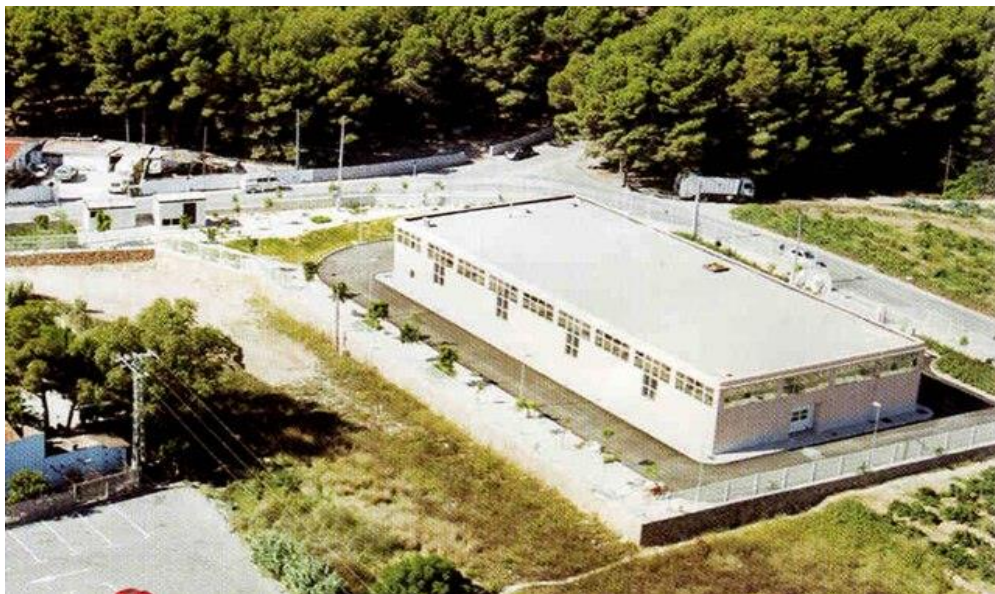


Figura 14. Imagen aérea de la EDAR de Teulada (Moraira). Fuente: EPSAR. <http://www.epsar.gva.es/sanejament/instalaciones/Fotos/399.jpg>



La EDAR de Teulada (Moraira), situada también en la Marina Alta dispone de un tratamiento secundario basado en la tecnología de biorreactores de membrana (MBR). Cuenta además con tratamiento de nutrientes así como tratamiento terciario de afino mediante ultrafiltración y finalmente desinfección por cloración.

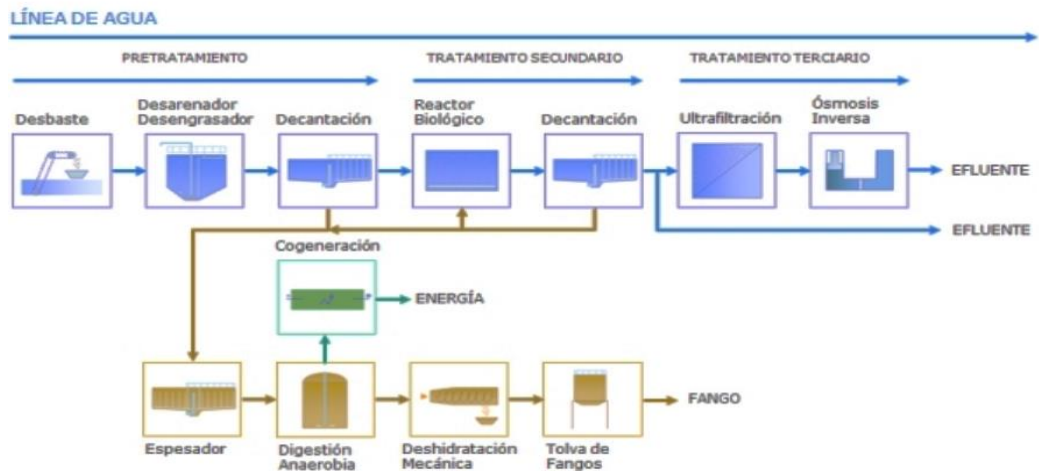
Esta instalación trata un caudal anual de 0,4 hm³ (7.460 h-e.) y el 100% de sus efluentes depurados son vertidos al mar mediante emisario submarino.

- **EDAR BENIDORM.**



Figura 15. Imagen aérea de la EDAR de Benidorm. Fuente: EPSAR. <http://www.epsar.gva.es/instalaciones/Fotos/47.jpg>

La EDAR de Benidorm se ubica en la Marina Baja y dispone de tratamiento secundario basado en procesos de Fangos Activos Media Carga.



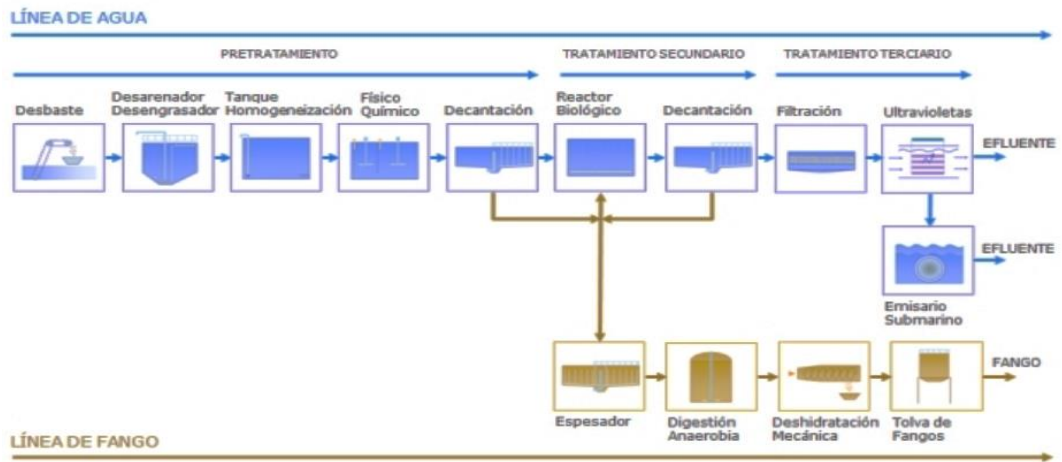
Esta instalación dispone de tratamiento para la reducción del fósforo total en el efluente tratado y de tratamiento terciario mediante membranas de ultrafiltración (UF) seguidas de ósmosis inversa (OI), así como tratamiento de desinfección por cloración. Por todo ello, de los 13,9 hm³ tratados anualmente (274.376 h-e) vierte al mar únicamente 9,3 hm³.

- **EDAR MONTE ORGEGIA**



Figura 16. Imagen aérea de la EDAR de Monte Orgegia. Fuente: EPSAR. <http://www.epsar.gva.es/sanejament/instalaciones/Fotos/4.jpg>

La EDAR de Monte Orgegia, situada en la comarca de l'Alacantí y con tratamiento secundario también de FA-Media Carga. El efluente de esta EDAR es eminentemente urbano, y cuenta con tratamiento para la reducción del fósforo total en el efluente tratado así como tratamiento consistente en una coagulación-floculación seguida de una filtración y posterior desinfección mediante UV.



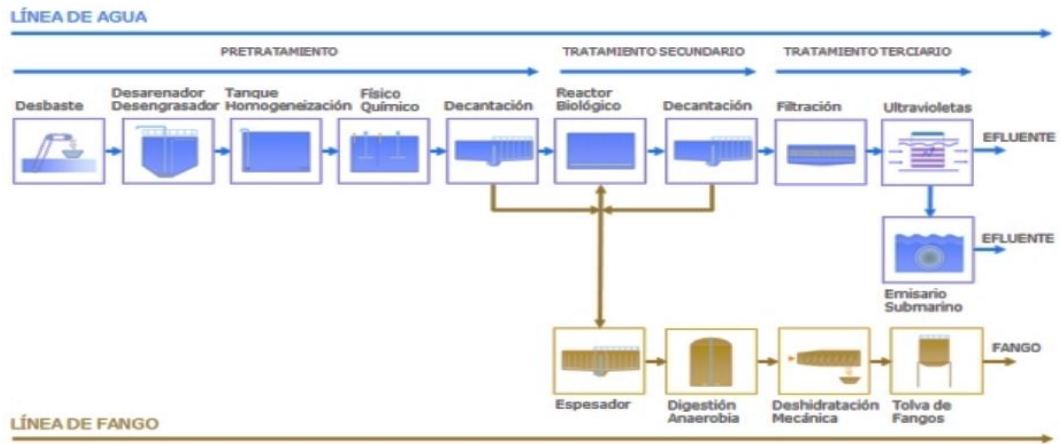
El caudal anual tratado por la EDAR Monte Orgegia es de 7,6 4 hm³ (146.322 h-e.) y vierte al mar mediante emisario submarino únicamente 4,2 hm³ ya que es una instalación que posee un importante volumen anual de reutilización.

- **EDAR RINCÓN DE LEÓN.**



Figura 17. Imagen aérea de la EDAR de Rincón de León. Fuente: EPSAR. <http://www.epsar.gva.es/sanejament/instalaciones/Fotos/5.jpg>

La EDAR de Rincón de León, también perteneciente a l'Alacantí y con tratamiento secundario basado en procesos de FA-Media Carga. Esta instalación somete parte de sus efluentes de salida a tratamiento terciario.



El caudal anual tratado por la EDAR Rincón de León es de 18,4 hm³ (435.248 h-e.) y vierte al mar 12,2 hm³ puesto que parte de los caudales tratados son sometidos a tratamiento terciario para su posterior reutilización.

En cuanto a los datos relativos a los principales parámetros de calidad del efluente de salida de las EDARs citadas se reflejan en la figura 18 y en la tabla 4.

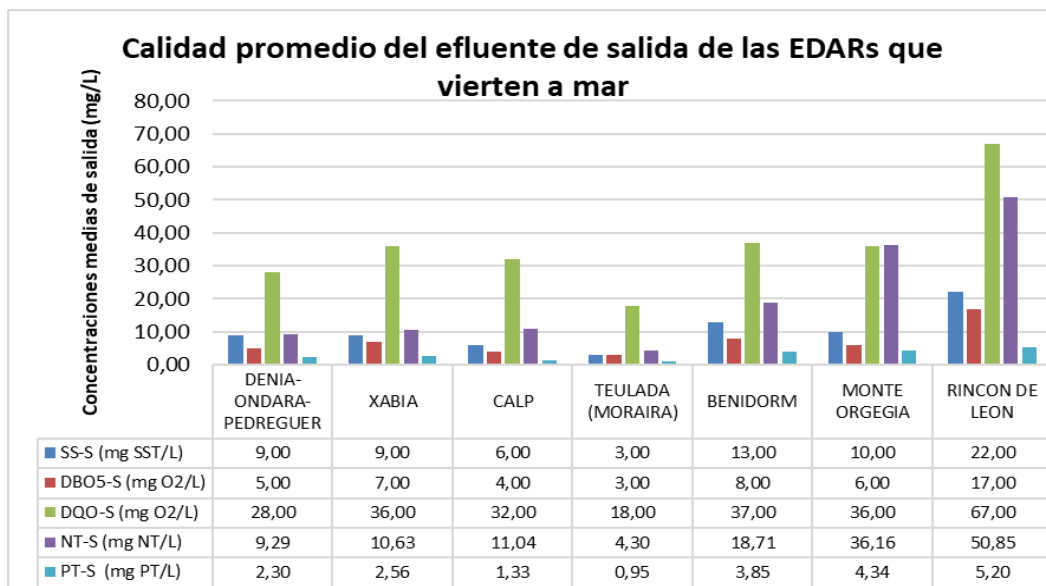


Figura 18. Concentraciones promedio de los principales parámetros de calidad del efluente tratado en las EDARs que vierten al mar en la provincia de Alicante.

Tabla 4. Listado de estaciones depuradoras de aguas residuales que vertieron al mar en la provincia de Alicante durante el año 2016.

EDAR	LÍNEA DE AGUA	h-e	VOL TRAT hm ³ /año.	VOL MAR	SS-S mg SS/	DBO ₅ -S mg O ₂ /L	DQO-S mg O ₂ /L	N _T -S mg/L	P _T -S mg/L
RINCON DE LEON	FA_Media carga, TT	435.248	18,4	12,2	22,0	17,0	67,0	50,8	5,20
MONTE	FA_Media	146.322	7,6	4,2	10,0	6,0	36,0	36,2	4,3

ORGEGIA	carga, EP, TT									
BENIDORM	FA_Media carga EP, TT	274.376	13,9	9,3	13,0	8,0	37,0	18,7	3,8	
DENIA-ONDARA- PEDREGUER	AP_Conv EN, EP	79.821	5,6	5,1	9,0	5,0	28,0	9,3	2,3	
CALP	AP_Carrusel, EN, EP	32.601	2,5	2,5	6,0	4,0	32,0	11,0	1,3	
XABIA	AP_Conv EN, EP	24.044	1,7	1,7	9,0	7,0	36,0	10,6	2,6	
TEULADA (MORAIRA)	AP_MBR, EN, EP, TT	7.460	0,4	0,4	3,0	3,0	18,0	4,3	0,9	

En lo que a las cargas contaminantes introducidas en el medio marino se refiere, en la figura 19 se detallan las cargas anuales de salida de los efluentes vertidos al mar en 2016, así como las cargas totales anuales vertidas al medio marino costero de la provincia.

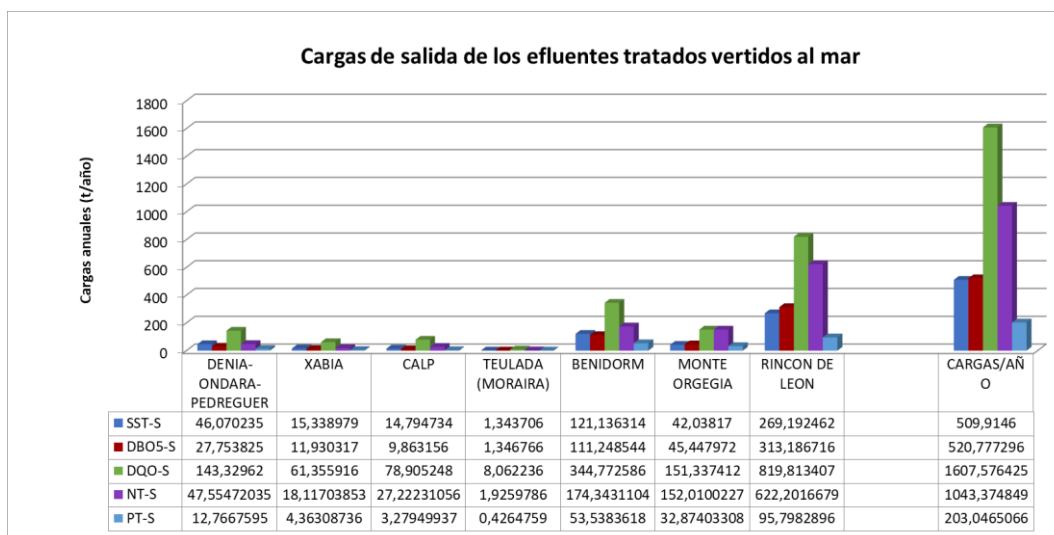


Figura 19. Cargas anuales introducidas en el medio marino litoral alicantino por las EDARs que vierten al mar en la provincia de Alicante.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales urbanas pueden ser una importante fuente de contaminantes de las aguas costeras, donde los compuestos más persistentes a los tratamientos biológicos convencionales son descargados de manera directa o indirecta a través de otras masas de agua. De esta forma los contaminantes se abren paso en el medio marino integrándose en la fase acuosa, acumulándose en los sedimentos costeros y formando parte de la cadena trófica por medio de la biota.

Las aguas costeras del sureste español están sometidas a altas presiones derivadas de la actividad antropogénica. La provincia de Alicante, con 171 instalaciones de tratamiento de las aguas residuales en servicio, es un área altamente expuesta a este tipo de contaminación de sus aguas costeras dada la intensa actividad fundamentalmente urbano-turística y agrícola. Esto queda corroborado por diversas investigaciones previas localizadas en la provincia.

Para el seguimiento de la contaminación sería interesante valorar el empleo de marcadores químicos específicos, entre los que se pueden citar la cafeína, el edulcorante sintético acesulfamo o el hipertensivo valsartán (y su metabolito el ácido valsartánico), cuya presencia puede determinar el origen antropogénico de la contaminación, discriminando entre contaminantes derivados del vertido de efluentes tratados y no tratados. Además del control periódico de estos contaminantes, sería aconsejable el estudio de microcontaminantes en el sistema agua-sedimento-biota, ya que la resuspensión de sedimentos puede aumentar la concentración de ciertos contaminantes previamente estabilizados.

Dado que durante los eventos de inundación se produce un importante incremento de las entradas de contaminantes en las masas de agua costeras por lixiviación del suelo, escorrentía, movilización de sedimentos, así como por desbordamientos combinados del saneamiento y EDARs, se recomienda la realización de campañas extraordinarias de muestreo tras esos eventos.

Del análisis realizado sobre la calidad de los efluentes de salida de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas de la provincia de Alicante se puede deducir que en general todos los procedimientos aplicados consiguen muy altos porcentajes de reducción de SS y materia orgánica. La tecnología más eficiente es sin duda la que emplea los MBR, aunque hasta la fecha el volumen total tratado con este proceso en la provincia de Alicante es reducido, el 1,5% del total. A continuación encontramos con mayor eficiencia los procesos de aireación prolongada seguidos de los de fangos activos y finalmente los biofiltros y lechos bacterianos, aunque su presencia es muy reducida.

Durante el año 2016 las 171 instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas de la provincia de Alicante depuraron 122,7 hm³, de los cuales 35,5 hm³, correspondientes únicamente a siete estaciones de tratamiento, tuvieron como destino final el vertido a las áreas costeras de la provincia. Las EDARs que vertieron parte o la totalidad de sus efluentes tratados al mar durante 2016 fueron las de Denia-Ondara-Pedreguer, Xàbia, Calp y Teulada (Moraira) en la comarca de la Marina Alta, la EDAR de Benidorm en la Marina Baja y las EDAR de Monte Orgegia y Rincón de León en la comarca de l'Alacantí.

Resulta de gran interés analizar si estos vertidos al mar, pudieran ser susceptibles de aprovechamiento para reutilización. En este sentido, la Confederación Hidrográfica del Júcar, ha otorgado una autorización temporal, para que la CR Riegos de Levante Margen Izquierda del Segura pueda utilizar hasta 2,7 hm³ de agua procedente de la depuradora de Rincón de León en Alicante hasta septiembre de 2018.

BIBLIOGRAFÍA.

- Antizar-Ladislao, B. (2008). Environmental levels, toxicity and human exposure to tributyltin (TBT)-contaminated marine environment. A review. *Environment international*, 34(2), 292-308.
- Buerge, I. J., Buser, H. R., Kahle, M., Müller, M. D., & Poiger, T. (2009). Ubiquitous occurrence of the artificial sweetener acesulfame in the aquatic environment: an ideal chemical marker of domestic wastewater in groundwater. *Environmental Science & Technology*, 43(12), 4381-4385.
- Buerge, I. J., Poiger, T., Müller, M. D., & Buser, H. R. (2003). Caffeine, an anthropogenic marker for wastewater contamination of surface waters. *Environmental science & technology*, 37(4), 691-700.
- Buerge, I. J., Poiger, T., Müller, M. D., & Buser, H. R. (2006). Combined sewer overflows to surface waters detected by the anthropogenic marker caffeine. *Environmental science & technology*, 40(13), 4096-4102.
- Debels, P., Figueroa, R., Urrutia, R., Barra, R., & Niell, X. (2005). Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. *Environmental monitoring and assessment*, 110(1), 301-322.
- Céspedes, R., Lacorte, S., Raldúa, D., Ginebreda, A., Barceló, D., & Piña, B. (2005). Distribution of endocrine disruptors in the Llobregat River basin (Catalonia, NE Spain). *Chemosphere*, 61(11), 1710-1719.
- David, A., Fenet, H., & Gomez, E. (2009). Alkylphenols in marine environments: distribution monitoring strategies and detection considerations. *Marine Pollution Bulletin*, 58(7), 953-960.
- Directive, C. (1991). 91/271/EC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. *Official Journal of the European Communities*.
- Directive, M. S. F. (2008). Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy. *Official Journal of the European Union* L, 164, 19-40.
- EPSAR (2016). Memoria de gestión.
- Europea, U. (2008). 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. *DO L*, 164.
- Feachem, R. G., Bradley, D. J., Garelick, H., & Mara, D. D. (1983). Sanitation and Disease: Health aspects of excreta and wastewater management, World Bank Study. *Water Supply Sanitation*, 3.

- Gómez-Gutiérrez, A. I., Jover, E., Bodineau, L., Albaigés, J., & Bayona, J. M. (2006). Organic contaminant loads into the Western Mediterranean Sea: estimate of Ebro River inputs. *Chemosphere*, 65(2), 224-236.
- Harwood, J. J. (2014). Molecular markers for identifying municipal, domestic and agricultural sources of organic matter in natural waters. *Chemosphere*, 95, 3-8.
- Lipp, E. K., Farrah, S. A., & Rose, J. B. (2001). Assessment and impact of microbial fecal pollution and human enteric pathogens in a coastal community. *Marine pollution bulletin*, 42(4), 286-293.
- Jeong, S., Sathasivan, A., Kastl, G., Shim, W. G., & Vigneswaran, S. (2014). Experimental investigation and modeling of dissolved organic carbon removal by coagulation from seawater. *Chemosphere*, 95, 310-316.
- Launay, M. A., Dittmer, U., & Steinmetz, H. (2016). Organic micropollutants discharged by combined sewer overflows—Characterisation of pollutant sources and stormwater-related processes. *Water research*, 104, 82-92.
- Liyanaarachchi, S., Shu, L., Muthukumaran, S., Jegatheesan, V., & Baskaran, K. (2014). Problems in seawater industrial desalination processes and potential sustainable solutions: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 13(2), 203-214.
- Martí, N., Aguado, D., Segovia-Martínez, L., Bouzas, A., & Seco, A. (2011). Occurrence of priority pollutants in WWTP effluents and Mediterranean coastal waters of Spain. *Marine pollution bulletin*, 62(3), 615-625.
- Montañes, J. C., Risebrough, R. W., De Lappe, B. W., Marino, M. G., & Albaigés, J. (1990). Estimated inputs of organochlorines from the river Ebro into the northwestern Mediterranean. *Marine pollution bulletin*, 21(11), 518-523.
- Moresco, V., Viancelli, A., Nascimento, M. A., Souza, D. S. M., Ramos, A. P. D., Garcia, L. A. T., ... & Barardi, C. R. M. (2012). Microbiological and physicochemical analysis of the coastal waters of southern Brazil. *Marine pollution bulletin*, 64(1), 40-48.
- Muñoz, I., Gómez-Ramos, M. J., Agüera, A., Fernández-Alba, A. R., García-Reyes, J. F., & Molina-Díaz, A. (2009). Chemical evaluation of contaminants in wastewater effluents and the environmental risk of reusing effluents in agriculture. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(6), 676-694.
- Nödler, K., Tsakiri, M., Aloupi, M., Gatidou, G., Stasinakis, A. S., & Licha, T. (2016). Evaluation of polar organic micropollutants as indicators for wastewater-related coastal water quality impairment. *Environmental Pollution*, 211, 282-290.
- Okoh, A. I., Odjadjare, E. E., Igbiosa, E. O., & Osode, A. N. (2007). Wastewater treatment plants as a source of microbial pathogens in receiving watersheds. *African Journal of Biotechnology*, 6(25).

- Peeler, K. A., Opsahl, S. P., & Chanton, J. P. (2006). Tracking anthropogenic inputs using caffeine, indicator bacteria, and nutrients in rural freshwater and urban marine systems. *Environmental science & technology*, 40(24), 7616-7622.
- Petrovic, M., Fernández-Alba, A. R., Borrull, F., Marce, R. M., Mazo, E. G., & Barceló, D. (2002). Occurrence and distribution of nonionic surfactants, their degradation products, and linear alkylbenzene sulfonates in coastal waters and sediments in Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(1), 37-46.
- Piedra, L., Tejedor, A., Hernando, M. D., Aguera, A., Barceló, D., & Fernández-Alba, A. (2000). Screening of antifouling pesticides in sea water samples at low ppt levels by GC-MS and LC-MS. *Chromatographia*, 52(9), 631-638.
- Pitarch, E., Portolés, T., Marín, J. M., Ibáñez, M., Albarrán, F., & Hernández, F. (2010). Analytical strategy based on the use of liquid chromatography and gas chromatography with triple-quadrupole and time-of-flight MS analyzers for investigating organic contaminants in wastewater. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 397(7), 2763-2776.
- Pourcher, A. M., Jardé, E., Caprais, M. P., Wéry, N., Jadas-Hécart, A., Communal, P. Y., ... & Solecki, O. (2012). Sélection de marqueurs microbiologiques et chimiques de traçage des sources microbiennes-Application à des eaux de rivière potentiellement contaminées par des rejets ponctuels ou diffus en France. *Techniques Sciences Méthodes*, (3), 43-54.
- Sánchez-Avila, J., Tauler, R., & Lacorte, S. (2012). Organic micropollutants in coastal waters from NW Mediterranean Sea: sources distribution and potential risk. *Environment international*, 46, 50-62.
- Ying, G. G., Williams, B., & Kookana, R. (2002). Environmental fate of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates—a review. *Environment international*, 28(3), 215-226.