



www.oag-fundacion.org

OAG_PVA-Gr.9/2018

**SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL
PUERTO DE GRANADILLA
EN FASE OPERATIVA**

INFORME ANUAL 2017

**SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE
GRANADILLA EN FASE OPERATIVA**
Informe anual 2017

Abril 2018

SANTA CRUZ DE TENERIFE



OAG (2018). *Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa. Informe anual 2017*.- S/C de Tenerife: Observatorio Ambiental Granadilla, pp. 205 [no publicado].

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Objeto y alcance del presente informe.....	6
1.3 Avances e informes previos.....	7
2 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS	8
2.1 Modificaciones y situación de las obras	8
2.2 Reposición de arenas en la dinámica litoral.....	10
2.3 Medidas compensatorias.....	12
2.4 Transplante de seba.....	18
3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL	19
3.1 Condiciones meteorológicas locales	19
3.2 Vigilancia de las obras	22
3.2.1 Materiales de acopio externos.....	22
3.2.2 Rellenos de las explanadas portuarias.....	23
3.2.3 Partículas en suspensión (polvo).....	23
3.2.4 Niveles sonoros.....	26
3.2.5 Mitigación lumínica.....	29
3.2.6 Dragados	32
3.2.7 Derrame accidental de hidrocarburos	32
3.2.8 Residuos flotantes y basuras	35
3.2.9 Control de la prohibición de la pesca.....	40
3.2.10 Señales y balizas	40
3.3 Integración paisajística	43
3.3.1 Adecuación cromática.....	43
3.3.2 Uso de flora local.....	43
3.3.3 Uso de bolos y callaos	43
3.3.4 Restauración de la zona de obras	43
3.4 Geodinámica litoral.....	45
3.4.1 Tránsito de arenas por tierra	45
3.4.2 Episodios tormentosos	47
3.4.3 Nivel medio del mar y oleaje.....	47
3.4.4 Flujo de la corriente	49
3.4.5 Tasa de sedimentación	55
3.4.6 Balance sedimentario.....	58
3.4.7 Alteraciones batimétricas.....	62
3.4.8 Basculamiento de las playas	63
3.4.9 Batimetría y perfil de las playas	68
3.5 Calidad del medio marino.....	69
3.5.1 Parámetros oceanográficos	70
3.5.2 Calidad del agua	78
3.5.3 Contaminación microbiológica.....	88
3.5.4 Calidad de los sedimentos.....	89
3.5.5 Evaluación general del medio físico	102



3.6 Biodiversidad marina.....	105
3.6.1 Comunidades supramareales.....	106
3.6.2 Comunidades intermareales.....	109
3.6.3 Comunidades de peces litorales.....	112
3.6.4 Comunidades bentónicas.....	117
3.6.5 Infauna.....	119
3.6.6 Perfiles y cartografía bionómica.....	124
3.6.7 Mapa bionómico.....	136
3.6.8 Especies exóticas.....	140
3.6.9 Efecto arrecife artificial.....	142
3.6.10 Contaminación en organismos marinos.....	144
3.6.11 Desarrollo del mäerl.....	152
3.6.12 Estado del sebadal.....	154
3.6.13 Evaluación general del sebadal.....	172
3.6.14 Evaluación general de la biodiversidad.....	173
3.6.15 Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116.....	173
4 RECOMENDACIONES.....	177
5 ANEXOS.....	181
5.1 Estimación del transporte eólico de arenas desde El Médano hacia la Tejita.....	181
5.1.1 Antecedentes.....	181
5.1.2 Metodología.....	181
5.1.3 Resultados.....	184
5.2 Análisis de la corriente en la estación TGr18. Primer periodo.....	189
5.2.1 Introducción.....	189
5.2.2 Zona de estudio.....	189
5.2.3 Metodología.....	190
5.2.4 Resultados.....	195
5.3 Niveles de marea a la hora de toma de las imágenes de satélite.....	201
5.4 Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes.....	202
5.5 Evolución del sebadal de Granadilla por sectores (2011-2017).....	203
5.6 Relación actualizada de las estaciones de muestreo del OAG.....	204



SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA

Informe anual 2017

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La fundación del sector público Observatorio Ambiental Granadilla (OAG) fue creada por acuerdo del Consejo de Ministros y tiene como objetivo prioritario, aunque no único, la vigilancia ambiental del puerto de Granadilla. Esta función propia, que emana de la voluntad del fundador (la Comisión Europea), la desarrolla como colaboración con la Autoridad Portuaria de S/C de Tenerife, sin que medie por parte de esta entidad cesión alguna de sus competencias administrativas en la vigilancia ambiental ni de responsabilidades frente a terceros, y todo ello sin perjuicio de la correspondiente tutela del .

Tras haber reducido sus dimensiones a casi un cuarto de las originales, el proyecto de puerto industrial en Granadilla, tramitado como dársena del Puerto de Santa Cruz de Tenerife (Figura 1), cuenta con una Declaración de Impacto Ambiental (26-1-2003) favorable y con un Dictamen de la Comisión Europea (2006) que introduce medidas adicionales y compensatorias.

Las obras de abrigo se iniciaron y fueron suspendidas en el mismo mes de febrero de 2009, para ser reanudadas el 13 de julio de 2010, fecha desde la que se ha venido desarrollando con más o menos normalidad. El año pasado quedó terminado el dique de abrigo, adjudicándose en agosto de 2017 la ejecución de las obras del muelle de ribera.

Desde la finalización de la obra de abrigo, queda perfilado el nuevo esquema de dinámica de las aguas en la costa, punto de inflexión para analizar y monitorizar los impactos asociados. Por todo ello, y a efectos ambientales, el OAG propuso fijar el día 1 de enero de 2017 como la fecha de inicio de la vigilancia ambiental en fase operativa, aunque algunos de los parámetros estudiados en la fase de obra se continúan durante algún tiempo.

Desde el principio se adoptó un mecanismo dinámico y ágil de reporte a través de la página web del OAG (www.oag-fundacion.org), de modo que la información pueda explotarse sobre la marcha y ser conocida por el público en general, tal como es voluntad expresa de la Comisión Europea. A final del ejercicio se elabora un único informe anual, sin perjuicio de que eventualmente se hayan publicado informes puntuales cuando las circunstancias lo aconsejaran, o de lanzar alertas inmediatas en caso de mediar urgencia. Estos documentos y los informes de la vigilancia ambiental de 2011 a 2016 pueden descargarse desde la página web del OAG.



**Figura 1. Panorámica general del nuevo puerto industrial de Granadilla
(Fuente Diario de Avisos, 21 enero 2016)**

De cara a la vigilancia ambiental en fase operativa (2017-2021), el OAG ha reformulado un nuevo PVA basado en el redactado por la Autoridad Portuaria en 2005, pero ajustado a los resultados de un análisis sistémico de todo el entorno ecológico de Granadilla (ver Figura 2) e incorporando la experiencia adquirida durante la fase de obras. Dicho plan, que implica una reformulación sustancial del original, se presentó al patronato en diciembre de 2016, y fue aprobado por la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife en mayo de 2017, con la anuencia del MAPAMA.

1.2 Objeto y alcance del presente informe

El presente documento nace de la obligación de dar cuenta de la vigilancia ambiental de las obras y sus efectos en el medio durante 2017, pero concurren en él otros propósitos que amparamos bajo el título: “Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa”. Concretamente, se trata de:

- a) Exponer brevemente la situación de las medidas compensatorias y correctoras conexas al puerto de Granadilla.
- b) Resumir las actuaciones y resultados de la vigilancia ambiental en fase operativa durante 2017, de la que se ha venido dando oportuna cuenta a través de la página web del OAG.
- c) Proponer ajustes al plan de vigilancia en fase operativa en función de los resultados obtenidos durante 2017 y en aras a su mayor eficacia.
- d) Proponer medidas adicionales para mitigar o corregir el impacto de las obras pendientes o del funcionamiento del puerto.

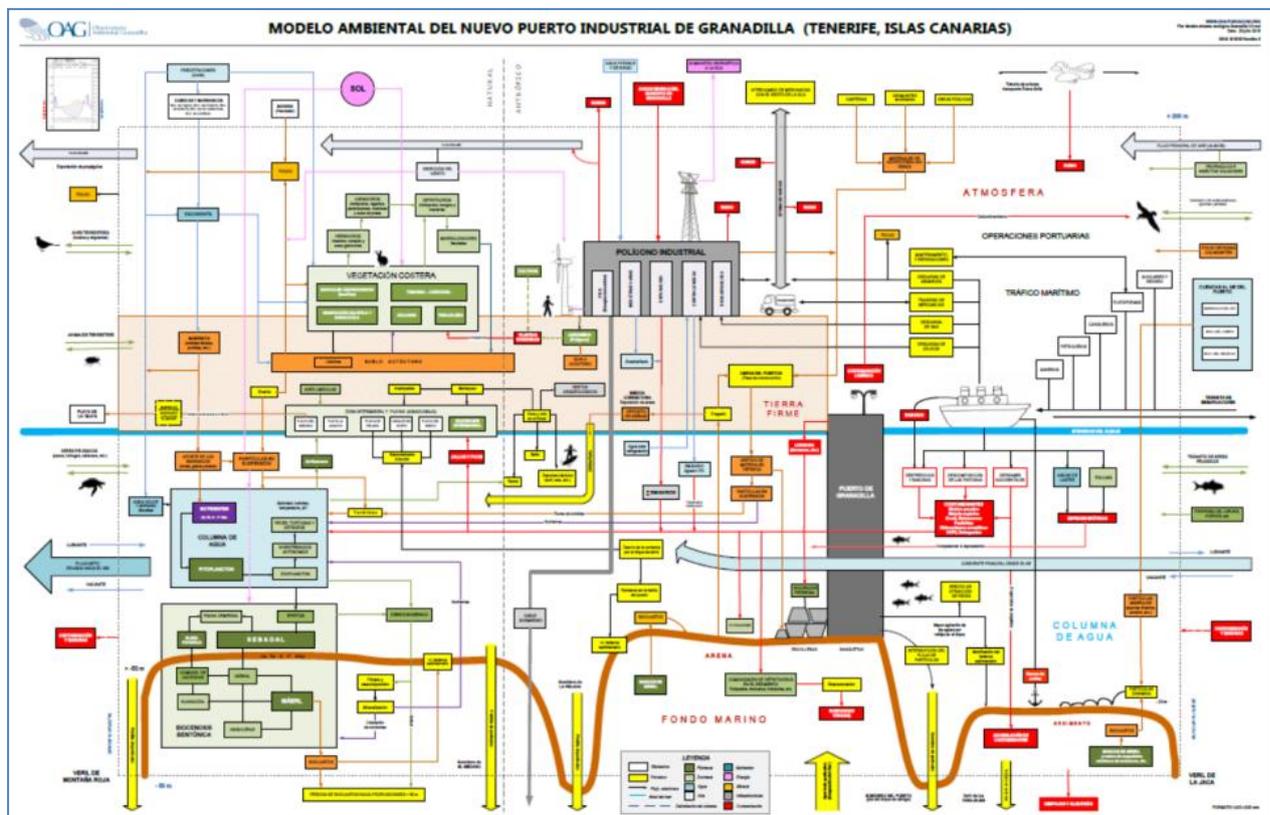


Figura 2. Modelo ambiental del puerto de Granadilla (ver Anexo I en formato A-3)

1.3 Avances e informes previos

Una parte de la información que ahora se expone ha sido presentada, además de en la web del OAG, en informes puntuales remitidos a la Autoridad Portuaria e instituciones y entidades interesadas, toda vez que recogen recomendaciones que debían ser atendidas sobre la marcha, u obedecen a peticiones de información recibidas. Estos son:

- Enero 2017** Situación actual de la seba (*Cymodocea nodosa*) en las aguas abrigadas del puerto de Granadilla.
- Julio 2017** Reposición del flujo de arena en la costa de Granadilla (Tenerife).
- Julio 2017** Cumplimiento de la declaración de impacto ambiental en las obras de abrigo del puerto de Granadilla, Tenerife.

A lo largo del ejercicio no hubo que comunicar mayores incidencias que las relacionadas con un depósito de carbonilla procedente de la vecina central de UNELCO el 4 de mayo (INC_OAG_2017.2). Este vertido, que se acumuló a lo largo del dique de abrigo, se debió a una avería en el sistema de arranque del grupo Diesel-1 de la central eléctrica (punto 3.5.2 Calidad de aguas).



2 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS

2.1 Modificaciones y situación de las obras

El Consejo de administración de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, en sesión celebrada el 19 de abril de 2017, examinó la propuesta relativa a la contratación de las obras del modificado nº3 del proyecto constructivo de las obras de abrigo del puerto de Granadilla, acordándose por este mismo órgano la aprobación económica del proyecto. Las obras finalizaron el 31 de agosto de 2017, siendo recibidas por el inspector general del Ministerio de Fomento el 3 de noviembre del mismo año.

En la página web del OAG hay una sección en la que se muestra el avance de los trabajos mediante imágenes de satélite con la planta prevista del puerto sobrepuesta. El visor empleado (carrusel) permite examinar la serie histórica, ya sea en forma secuencial, adelante o atrás, como por selección directa de la fecha de interés. La información se actualizaba mensualmente, y desde 2014 se hace bimestralmente por razones presupuestarias sobrevenidas.

En agosto de 2017 se adjudican las obras del segundo tramo del muelle de ribera con un presupuesto de 7.033.633 euros y plazo de ejecución de siete meses. Las mencionadas obras de abrigo recepcionadas el 3 de noviembre tuvieron un coste de 145.584.590,70 euros.



Figura 3. Colocación de defensas (13 noviembre 2017)



Figura 4. Plataformas en la obra de abrigo (30 noviembre 2017)

Por su parte, el OAG toma fotos de las obras (Figura 3 y Figura 4) y algunas se exponen en la página web. En 2017 se han incorporado al banco de fotos 4.575 imágenes (tomadas en 206 días diferentes), con lo que el total disponible desde 2008 asciende a 28.055 instantáneas (incluidas también las fotos de la vigilancia y actividades conexas).

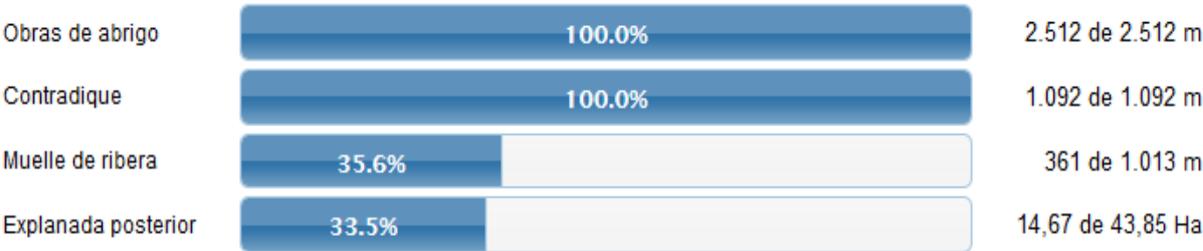


Figura 5. Porcentaje de obra realizada a final de año 2017

La web del OAG muestra también un odómetro (Figura 5) que señala el avance de las obras expresado en porcentaje realizado sobre el total proyectado, así como los principales hitos acontecidos en relación con los trabajos que afectan al medio marino. Como refleja la Figura 5, las obras de abrigo y el contradique están ya al 100%. La medición de la explanada posterior corresponde a la parte que ocupa en el mar y postulada para el presente proyecto (117.000 m²). En el futuro, la explanada total será de aproximadamente 440.000 m².



El muelle de ribera no estaba incluido en el proyecto de obras de abrigo ya que, a efectos de la vigilancia ambiental, el cierre y rellenado de la futura explanada, y remate como muelle de ribera se considera “obra pendiente” que se acometerá durante la fase operativa.

Hitos relevantes

- 03-11-2017 El Ministerio de Fomento recepciona las obras del dique de abrigo, con un coste de ejecución de 145.584.590,70 euros.
- 02-08-2017 Se adjudican las obras del segundo tramo del muelle de ribera, con un presupuesto que asciende a 7.033.633 € y plazo de ejecución de siete meses.

El puerto de Granadilla se inaugurará oficialmente el 2 de marzo de 2018 por el presidente del Gobierno, D. Mariano Rajoy, ministro de Fomento, D. Íñigo de la Serna y el presidente de Puertos del Estado, D. José Llorca Ortega.

2.2 Reposición de arenas en la dinámica litoral

El puerto de Granadilla cuenta con una importante medida correctora incorporada en el Dictamen de la Comisión, consistente en la reposición de arenas en la dinámica litoral, ya que se anticipaba que el puerto, una vez construido, interrumpiría el desplazamiento natural de las arenas de NE a SW a lo largo de la costa.

En el informe anual de 2011 se dio cuenta detallada de cómo el planteamiento inicial de esta medida correctora –un baipás de arenas– resultaba inadecuado a la luz de los estudios de hidrodinámica litoral repetidos con información local y actualizada.

Los nuevos estudios – realizados por IH Cantabria (2012) – muestran que la dinámica costera en Granadilla obedece a un esquema diferente al de las costas mediterráneas o atlánticas continentales. En la costa de Granadilla domina la corriente de plataforma (playa sumergida) en vez de la de oleaje, y el tamaño de grano y las batimetrías son radicalmente diferentes. Los programas de modelización utilizados por IH Cantabria predicen que tras la construcción del puerto el transporte de fondo se verá incrementado aguas arriba y disminuirá aguas abajo, justo al contrario de lo que se espera que ocurra cuando el transporte es de oleaje. El volumen máximo de sedimentos retenidos es del orden de 2.000 m³ en vez de 50.000 m³ para los que se diseñó el baipás, y los sedimentos no se van a acumular al pie del dique norte del puerto, sino que se repartirán en una zona mucho más amplia (23 ha), haciendo prácticamente inviable la succión desde tierra.

Siguiendo las recomendaciones del OAG, la Autoridad Portuaria optó por una de las soluciones alternativas presentadas y encargó el proyecto "*Instalaciones para reponer el flujo de arena de la dinámica litoral sedimentaria interrumpido por el puerto de Granadilla*", que fue expuesto en Bruselas ante la Comisión, ya que afectaba a una medida correctora pactada. La Comisión aceptó la nueva solución en diciembre de 2012. El informe general sobre estos cambios está disponible en la web del OAG www.oag-fundacion.org.



Figura 6. Ubicación del depósito de arena y punto de vertido de la alternativa adoptada

La nueva solución consiste en reponer unos 2.000 m³ anuales mediante descargas puntuales en la costa (Figura 6). Para garantizar la continuidad, se acopiarán unos 20.000 m³ de arena procedente de los dragados de las obras y de la futura cancha del puerto. A tal fin se ha construido un depósito para acopiar arena, en el que deberán mantenerse siempre almacenados al menos 4.000 m³. El coste operativo de la nueva solución se estima en unos 50.000 € anuales.

Desde mayo de 2016 se encuentra en su ubicación permanente el depósito de arena (6.000 m³), suficiente para cubrir las necesidades operativas de tres años.

Para reponer las arenas al flujo litoral se eligió un punto de vertido al final de la playa del Vidrio, en el morro del ITER (Figura 7). En esta zona hay fondos rocosos que indican un transporte importante, coincidente con los modelos hidrodinámicos elaborados por el IH Cantabria. Según dicho modelado, se prevé que allí disminuya el transporte de fondo, pero aún así, al ser la capacidad de transporte muy superior a la disponibilidad de materiales efectivos, se considera más que suficiente para el arrastre de la arena vertida en dirección hacia la ZEC.

La zona elegida para llevar a cabo la medida correctora del puerto de Granadilla consistente en la reposición del flujo de arena interrumpido fue la Punta del Cargadero del Trigo, pero el Cabildo de Tenerife, en fecha 3 de enero de 2018, no considera esta actuación compatible con las Normas de Conservación del Monumento Natural de Montaña Pelada. La Autoridad Portuaria sugirió como punto alternativo la Punta Brava de la Cueva del Trigo, cien metros al noroeste del punto ideal. Aun no siendo el punto idóneo desde el punto de vista hidrodinámico, se considera igualmente válido para los fines pretendidos, por lo que se toma como punto definitivo a la espera de que se pronuncien las autoridades ambientales del Gobierno de Canarias, pues ambos puntos posibles caen en el margen del Monumento Natural de Montaña Pelada, aunque no afectarían al cono volcánico que fundamenta la protección.



Figura 7. Punto idóneo de vertido (izquierda) en la Punta del Cargadero del Trigo y punto final elegido (derecha) en la Punta Brava de la Cueva del Trigo

Una vez conocido el funcionamiento de las corrientes costeras (ver 3.4) y a falta de unas últimas pruebas con las boyas de deriva, se procederá a llevar a cabo una simulación de vertido en ese punto a lo largo de 2018, una vez se pronuncie la Viceconsejería de Medio Ambiente.

Durante 51 días en agosto de 2017 se instalaron dos perfiladores de corriente en la bocana del puerto y posteriormente se fondeó uno de ellos desde septiembre de 2017 hasta febrero de 2018 en la estación La Jaquita (TGr18) para poder comparar con los valores de la estación Boya (TGr00). Una vez descargados los datos y puesto a punto, ha vuelto a ser colocado en el mismo sitio, para continuar con la serie temporal. Estos datos, juntos con las boyas de deriva, permitirán conocer mejor las corrientes costeras de la zona.

2.3 Medidas compensatorias

La situación de las medidas compensatorias exigidas al proyecto de Granadilla no ha experimentado mayores cambios en relación a lo expuesto en los últimos informes. Al igual que con el resto del Plan de Vigilancia de Granadilla, la información actualizada sobre estas medidas puede obtenerse en la página web del OAG. Los códigos que anteceden al epígrafe de cada medida corresponden a la numeración con la que aparecen en el dictamen de la Comisión. Las medidas A, B1 y B2 pueden considerarse resueltas, por lo que se incluye aquí una breve sinopsis.

2.3.1.1 A- Establecimiento de una fundación independiente y permanente.

Desde su creación en 2008, el OAG viene cumpliendo con los fines para los que fue establecido en completa libertad y sin injerencias de terceras partes en el modo en que desarrolla sus actividades, salvo por el control y las restricciones en materia de personal sobrevenidas a raíz de las medidas de control del gasto público, impuestas a todo el sector público desde 2012 (el OAG pertenece al sector público estatal). Después de nueve años de vida, se puede considerar una institución consolidada, aunque se le podría sacar bastante más provecho para la sociedad. En el epígrafe “Fundación /Transparencia” de la página web del OAG se ha puesto a disposición del público toda la información existente sobre el funcionamiento de la Fundación. La Tabla 1 recoge la plantilla actual del OAG.

Tabla 1. Organigrama de la Fundación (Diciembre 2017)

Secciones	Perfil	Situación actual
Dirección	Director	Alto cargo (plantilla)
Secretaría	Secretaria de Dirección	Plantilla
	Contable	Servicio externo de apoyo
Unidad Técnica	Biólogo marino	Plantilla
	Técnico ambiental	Plantilla (compartido)
Unidad logística	Coordinador de campañas	
	Vigilante ambiental	Contrato específico
Unidad de datos	Curator de datos	Contrato específico
	Operadora de datos	Contrato específico
	Jefe de sistemas	Contrato específico
	Técnico GIS	Contrato específico
	2 Programadores	Contratos específicos

2.3.1.2 B1 - Declaración de un LIC para la piña mar

"Declaración de un nuevo lugar de importancia comunitaria (LIC) para la protección de las poblaciones observadas en la zona del parque industrial de Granadilla. La superficie total de ese nuevo LIC será de 0,93 hectáreas. Además, se propone que esa zona sirva de donante para la restauración de las zonas meridionales en las que han desaparecido esas subpoblaciones (reintroducción de la especie en el LIC «Montaña Roja».)"

El LIC fue declarado en 2008 y confirmado como zona especial de conservación (zec) ES7020120 en diciembre de 2009. La medida fue evaluada por el OAG en 2010, y aunque el requisito se centra solo en la declaración del LIC con carácter previo al inicio de las obras del puerto de Granadilla, el OAG acometió un seguimiento del estado de la zec y, particularmente, de los ejemplares de piñamar (*Atractylis preauxiana*) contabilizados. Tras las repetidas incidencias observadas –presencia de basuras, vallas rotas, etc.– en 2012 se realizó una nueva evaluación (OAG_Inf_2012.3) y visto que las circunstancias no mejoraban, en 2013 se abordó



un estudio general de la situación (OAG_Inf 2013.1), repetido en 2014 (OAG_Inf_2014.2), con un inventario de 43 plantas.

2.3.1.3 B2 - Declaración de dos nuevos LIC para el hábitat 1110.

La Orden ARM/2416/2011, de 30 de agosto, por el que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica macaronésica de la Red Natura 2000 y se aprueban sus correspondientes medidas de conservación, consolida la declaración previa en 2006 y 2009 de los LIC Sebadales de Antequera, en Tenerife, y Sebadales de Güügüí (Figura 8), en Gran Canaria, tanto por parte del Gobierno de Canarias, como del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

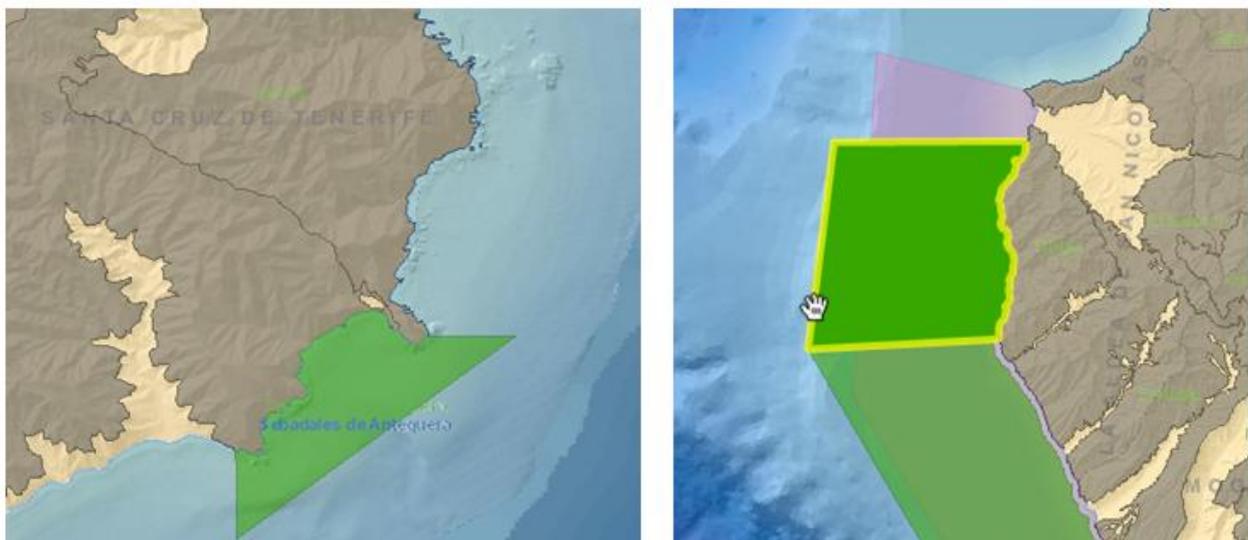


Figura 8. ES7020128 Sebadales de Antequera en Tenerife (izquierda) y ES7011005 Sebadales de Güi-Güi en Gran Canaria (derecha)

2.3.1.4 B3 - Seguimiento de la tortuga boba

“Todo efecto sobre la especie prioritaria Caretta caretta, como consecuencia del impacto sobre el hábitat necesario para su conservación, quedaría compensado con las medidas antes mencionadas [creación de dos nuevos LIC]. Además de esas medidas, la fundación elaborará y llevará a cabo un programa de seguimiento para evaluar el estado de conservación de la población de esta especie en las Islas Canarias.”

El OAG preparó en 2008 un plan de seguimiento de la tortuga boba y lo ha venido desarrollando desde entonces. En 2013 concluyó la primera evaluación del estado de conservación de la especie en Canarias, correspondiente al periodo 2008-2012, con el resultado de “desfavorable-inadecuado” según los criterios vinculados a la Directiva Hábitats, y “preocupación menor”, aplicando los criterios de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). También se descartó en esa misma evaluación que la construcción del nuevo puerto pudiera tener una repercusión negativa sobre su contingente local, y menos sobre la especie.

El seguimiento de una especie de interés comunitario es de interés general y responsabilidad de los Estados miembros, mientras no se le señale lo contrario¹, el OAG continuará realizando los tres censos relativos anuales (Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife) que implican el plan de seguimiento (Figura 9), y hará una evaluación quinquenal. De hecho, la última realizada corresponde al período 2013-2017² y se puede consultar en la web del OAG.

Los resultados de esta última evaluación quinquenal reflejan una situación “favorable” para todos los descriptores considerados (criterios CE): Rango, población, hábitat y perspectivas de futuro, lo que implica una mejoría respecto de la evaluación anterior, al igual que ha ocurrido con la especie en otras evaluaciones de mayor ámbito, consecuencia de que la UICN haya rebajado el nivel de protección de la especie de “en peligro” a “vulnerable”. La evidencia reunida abunda en la conclusión nº 4 del director del proyecto Life B4-2200/97/247 (López-Jurado, 2004): “La construcción del proyectado puerto de Granadilla no afectará en absoluto a la posible presencia o paso de la tortuga marina *Caretta caretta* en el LIC aledaño.”



Figura 9. Mapa de las tres áreas de muestreo establecidas en el archipiélago. Se muestran los polígonos creados considerando una distancia desde tierra de 3mn (polígono menor) y 6mn (polígono mayor)

Las campañas de censo relativo de 2016 se realizaron en septiembre (Tenerife), noviembre (Gran Canaria) y diciembre (Fuerteventura), con avistamientos de 4, 2 y 3 tortugas, respectivamente. Las campañas de 2017 se realizaron en agosto (Tenerife), octubre (Fuerteventura) y enero de 2018 (Gran Canaria), por problemas de logística y estado de la mar, con avistamientos de 27, 15 y 6 tortugas respectivamente (Tabla 2, datos en negrilla).

¹ Al concluirse que el puerto de Granadilla no tendrá incidencia en el estado de conservación de la tortuga boba, podría plantearse si conviene seguir aplicando la presente medida compensatorio a cargo del puerto.

² OAG (2018). Estado de conservación de la tortuga boba (*Caretta caretta*) en las Islas Canarias, 2017. Santa Cruz de Tenerife; Observatorio Ambiental Granadilla; OAG_PSTB/2018.1, 34 páginas.



Tabla 2. Especies avistadas durante las últimas campañas de tortuga boba
T = Tenerife, C = Gran Canaria y F = Fuerteventura

Especie	Campaña 2017					
	Grupos			Ejemplares		
	T	C	F	T	C	F
Alcatraz atlántico		1			1	
Cachalote						
Calderón gris		1	2		8	
Calderón tropical	8			>7		
Charrán común	1			5		
Delfín común						
Delfín de diente rugoso	1			12		
Delfín listado						
Delfín moteado	1	1	4	25	>1	>10
Delfín mular	6		1	30		
Gaviota reidora						
Págalo						
Paíño europeo	13			20		
Pardela pichoneta						
Rorcual indeterminado		1			1	
Rorcual tropical		1	1		1	
Tiburón indeterminado	1			1		
Tiburón martillo						
Tortuga boba				27	6	15
Zifio de Blainville			1			
Zifio de Cuvier						
Zifio indeterminado			1			

Las medidas que el OAG planteó en 2013 para Canarias a fin de contribuir a aliviar las presiones adversas sobre la especie en el Atlántico Norte, siguen siendo válidas:

- Controlar el abandono de restos de plástico de origen agrícola, sobre todo en zonas ventosas próximas a la costa o en los cauces de los barrancos.
- Reforzar la red local de varamientos y tratamiento de ejemplares dañados, y mantener los programas de concienciación ciudadana, insistiendo en el grave perjuicio que a las tortugas carnívoras causan las basuras en la mar (plásticos, rafia, etc.).
- Propiciar en los palangres el uso de anzuelos circulares mayores de 51 mm y sin barba. De ser posible, monitorizar las capturas accidentales de tortugas en las pesquerías del atún, pez espada y otros, con presencia de observadores en los barcos palangreros.

2.3.1.5 B4 - Restauración del LIC ES7020049 Montaña Roja

Esta medida compensatoria fue verificada y evaluada –la parte ejecutada– por el OAG en 2009, ya que debía iniciarse antes del inicio de las obras. El estado de conservación era favorable y se estimó que la restauración de hábitat de “dunas costeras fijas con vegetación herbácea (código 2130)” fue parcialmente exitosa. En las últimas inspecciones realizadas (diciembre 2017) no se han apreciado acumulaciones de basura relevantes ni señales de vandalismo que preocupen, a pesar de que esta reserva es bastante popular y recibe muchas visitas a lo largo de todo el año



Figura 10. Zona de La Mareta, parcialmente restaurada, encima de la playa Leocadio Machado

La vegetación persiste, dependiendo su evolución (acumulación de fitomasa) fundamentalmente de la pluviometría (Figura 10), que en 2013 fue excepcionalmente alta para un ecosistema árido: 225 litros/m² frente a 84 litros/m² en 2012 o los 72,4 litros/m² en 2014. En 2017 los valores han sido muy bajos (36 l/m²), con lluvias muy dispersas, sin temporales que hayan hecho correr los barrancos.

El Proyecto de restauración de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja fue elaborado por el Cabildo Insular de Tenerife en 2002 y, a raíz del Dictamen de La Comisión, la Autoridad Portuaria lo asumió en 2006 como medida compensatoria por Granadilla. No obstante, en el proyecto reelaborado se dejaron fuera varias medidas (p.ej. infraestructuras de visitas) y otras se realizaron por debajo de su potencial. Quedó una segunda fase pendiente de conseguir los oportunos permisos y llegar a un acuerdo con la propiedad de los terrenos que, en aquella época no estaba por la labor. En 2015, la Autoridad Portuaria mantuvo reuniones de trabajo con el Cabildo Insular de Tenerife y los propietarios, pero sin llegar a soluciones operativas.



Preocupa el incremento de visitantes que está teniendo lugar en esta zec durante los últimos años, amenazando con resultar excesivo (erosión por pisoteo, etc.). Ello otorga urgencia a la necesidad de abordar la segunda fase del proyecto. La Autoridad Portuaria de S/C de Tenerife, o en su caso, el Cabildo Insular de Tenerife, deberían acometer sin más dilación el proyecto pendiente, o buscar una solución alternativa al mismo (¿nuevo proyecto con los mismos objetivos?) de no poderse superar los impedimentos para su ejecución.

2.4 Transplante de seba

Una de las medidas compensatorias –aunque condicionada– establecidas en la declaración de impacto ambiental (DIA) de Granadilla se centra en los sebales. El proyecto se realiza fuera de los límites de la zec ES7020116 «Sebales del Sur de Tenerife» y, aunque la propia DIA no prevé efectos negativos sobre la misma, introduce una medida compensatoria de cara al riesgo potencial de afección. Esta medida consistiría en “*la replantación de una superficie equivalente al doble de la superficie de sebadal que pudiera resultar afectada, de acuerdo con las conclusiones del programa de vigilancia ambiental. A tal fin, la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife tendrá que elaborar un «Proyecto piloto de rehabilitación de sebales», [...] que contemplará la replantación de Cymodocea nodosa en previsión a que la LIC pueda verse afectada por la construcción del puerto y la posterior explotación del mismo.*” Se concretan dos zonas como alternativas iniciales de replantación: Teno-Rasca, en Tenerife, y la Costa de Sardina del Norte, en Gran Canaria.

En un informe específico de julio de 2010 y en su informe general sobre la vigilancia ambiental de Granadilla en 2010, el OAG trató sobre esta medida con bastante detalle, además de abordar un análisis crítico de los objetivos perseguidos. El OAG se cuestionó que, llegado el caso, la medida compensatoria planteada en la DIA tenga utilidad alguna, pero no ha puesto reparos a la realización de los ensayos piloto.

Los varios ensayos de trasplante desde Granadilla a San Andrés (ver informes previos) e incluso los de siembra, no han dado resultados positivos, abundando en la idea de que son las condiciones marinas la que gobiernan la dinámica de esta comunidad, y que los planteamientos asumidos por la DIA son poco realistas.

Llegado el caso y de mantenerse la medida compensatoria pese a su dudosa viabilidad, sería preferible ensayar con las técnicas aplicadas en la bahía de Gando, en la isla de Gran Canaria, por el proyecto CYMOLAB (Proyecto piloto de recuperación y repoblación de los sebales canarios). Los ensayos se realizaron junto a un sebadal existente. Las plántulas germinadas en laboratorio a partir de semilla, son protegidas al plantarlas con malla bien anclada, con rafia, y no se les incorpora fertilizante; así lograron prosperar e incluso algunas desarrollaron rizomas³. Nótese que se plantaron próximas a un sebadal existente; es decir, donde las condiciones ecológicas son presumiblemente adecuadas, por lo que se puede considerar más un caso de reforzamiento que de plantación *ex-novo*.

³ Tuya *et al.* (2017). *Artificial seagrass leaves: a ‘shield’ to increase the survivorship of seagrass seedlings transplants*”. Publicado en *Aquatic Botany* 136: 31–34.

3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL

El esquema del seguimiento ambiental del puerto en fase operativa difiere un poco del que se venía aplicando en fase de obras (ver justificación en PVA 2017-2021), sobre todo en lo que concierne al medio terrestre. No obstante, se han mantenido algunos epígrafes ya que aún existen obras pendientes de realizar (muelle de ribera, relleno de explanadas, etc.).

3.1 Condiciones meteorológicas locales

Las condiciones meteorológicas son objeto de seguimiento para conocer las circunstancias ambientales, su evolución natural y, sobre todo, las variaciones fenológicas que pudieran afectar no solo a los otros parámetros objeto de seguimiento, sino a la propia operatividad del puerto o al desarrollo de situaciones especiales de emergencia (derrames, etc.).

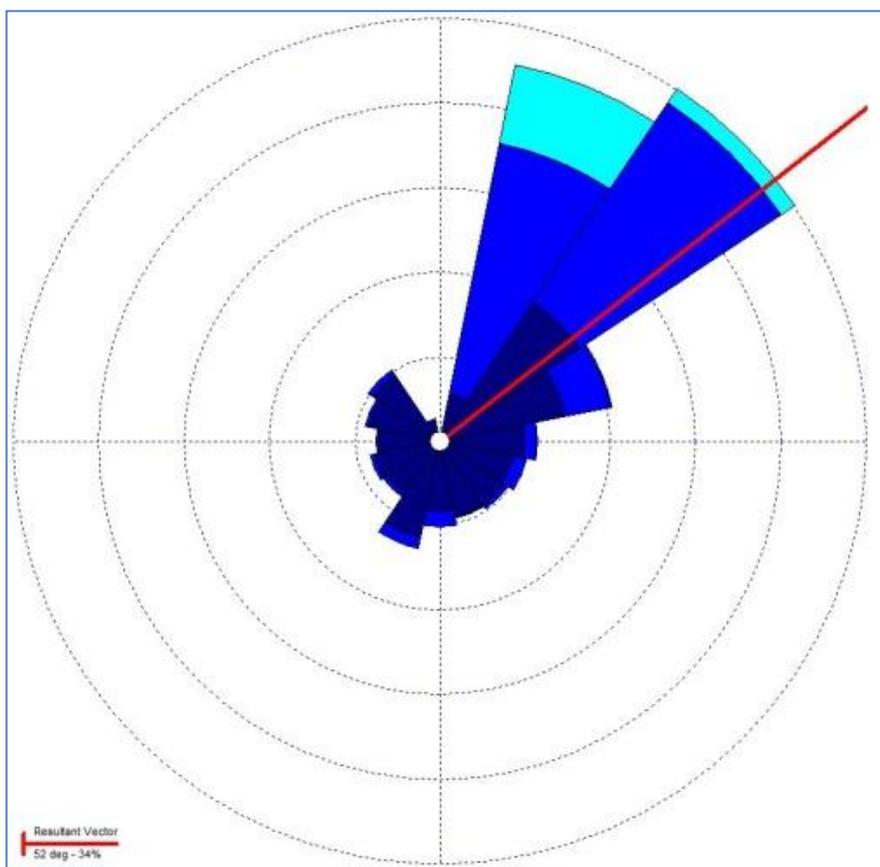


Figura 11. Rosa de vientos 2017. La línea roja representa el vector resultante.

El OAG cuenta con una estación meteorológica instalada en la boya oceanográfica, a 420 m de la costa, frente a la parcela del ITER al pie de Montaña Pelada, y otra en tierra ubicada en su estación ecológica en el recinto de las obras del puerto. La boya oceanográfica dio problemas entre el 3 de enero y el 28 de marzo y entre el 28 de junio y el 5 de octubre de 2017.



Figura 12. Variación de la dirección del viento a lo largo del año 2017 (Estación de la boya)

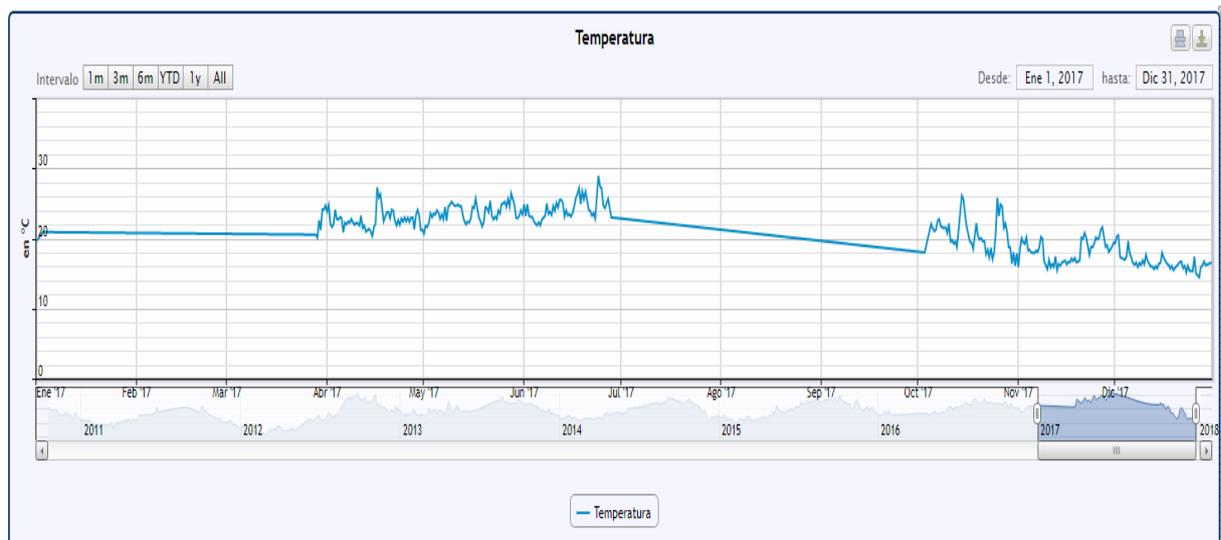


Figura 13. Registro anual de la temperatura atmosférica en la estación de la boya de Granadilla (2017)

La información meteorológica se ofrece en la página web del OAG mediante un sistema de doble gráfica que permite elegir la estación y el parámetro de interés, modificando a voluntad el periodo de análisis. Este sistema facilita la comparación entre estaciones o parámetros.

Como se aprecia en la Figura 12 y en la Figura 13 (tramos rectilíneos), durante este año la estación meteorológica de la boya ha dado muchos problemas, teniendo datos solo de dos periodos del año. Además, los datos de velocidad del viento y presión atmosférica, han sido descartados por ser poco fiables por su baja calidad. Por ello, en este año no se pueden comparar los datos de viento entre la estación de tierra y la de la boya, como se ha venido haciendo los años anteriores.

En la estación de tierra se alcanzaron los 50 km/h menos del 5% del tiempo.



Figura 14. Velocidad del viento, pluviometría y humedad relativa en la estación del OAG en tierra (2017)

Las precipitaciones habidas en la zona durante 2017 alcanzaron los 36 l/m², bastante menos que en el año precedente (69,8 l/m²). El año 2017 ha sido un año muy seco (Tabla 3), alcanzando el mínimo de precipitaciones desde que tenemos registro en el OAG. Lo poco que llovió, lo hizo durante los meses habituales para el archipiélago.



Tabla 3. Precipitaciones diarias en 2017 (estación meteorológica de Granadilla)

2017	(mm)	2017	(mm)
13 ene.	0,2	30 abr.	0,4
2 feb.	3,2	6 may.	0,2
13 feb.	1	7 may.	1,2
16 feb.	7	12 sep.	0,2
21 feb.	0,4	25 nov.	0,2
19 mar.	5,6	26 nov.	0,6
27 abr.	2	3 dic.	1,6
28 abr.	0,8	18 dic.	3,2
29 abr.	8,2	Total anual	36

Dentro del marco de revisión y adecuación del PVA, se han añadido algunos objetivos concurrentes con la finalidad de toda vigilancia en fase operativa: verificar la realización de las medidas correctoras, constatar y evaluar los impactos previstos, prevenir o detectar nuevos impactos y proponer medidas para mitigarlos/eliminarlos en caso de ser negativos. Asimismo, y por criterios de eficiencia, se han incorporados algunos análisis de aguas y sedimentos adicionales vinculados al control de su calidad según la ROM 5.1-13 y que ha de afrontar la Autoridad Portuaria de S/C de Tenerife en todos los puertos de su competencia, incluido ahora el presente.

3.2 Vigilancia de las obras

En la fase operativa no estaba previsto continuar con el seguimiento de obra constructiva por suponerse concluidas, pero queda por finalizar el muelle de ribera y la explanada posterior, cuya vigilancia se mantendrán en los mismos términos que en la fase de obra. También se incluyen en este epígrafe aquellas actuaciones vinculadas a la urbanización de la zona portuaria en el medio terrestre.

3.2.1 Materiales de acopio externos

La DIA establece que los materiales de préstamo necesarios para la construcción de las infraestructuras portuarias, así como para el relleno de explanadas –exceptuando los materiales procedentes de las operaciones de dragado, si los hubiera– se obtendrán de movimientos de tierra o canteras debidamente autorizados. La apertura de nuevas canteras, si ello fuera preciso, para la obtención de materiales de construcción, se llevará a cabo contando con los permisos y autorizaciones de los órganos del Gobierno de Canarias competentes en la materia.

Se presume que los materiales que restan por incorporarse a las obras del puerto procederán en su mayoría de la excavación del colindante Polígono Industrial de Granadilla. El muelle de ribera y la explanada requieren todavía 4.500.000 m³ por lo que el OAG seguirá con las mismas verificaciones que durante la fase de obra.

Durante el año 2017 no se han producido otros aportes externos de material.

3.2.2 Rellenos de las explanadas portuarias

Está previsto que antes de acometerse el relleno de la explanada del muelle de ribera, deberá cerrarse dicho recinto a fin de que la turbidez que se genera quede contenida en él. Desde el punto de vista ambiental, dicho cierre podrá sustentarse sobre todo-uno, pues la zona se encuentra al abrigo del dique exterior y ya no precisa de una berma de escollera. Además:

- a) Al persistir ejemplares de seba en la zona de relleno es preciso contar con la prescriptiva autorización del MAPAMA por tratarse de una especie catalogada.
- b) Durante el relleno de la cubeta e controlará que no se emplea como material de relleno residuos tales como chatarras, ruedas, bidones, o restos vegetales.
- c) La vigilancia de vertidos accidentales se mantiene mientras duren las obras con trasiego de vehículos pesados.

La Autoridad Portuaria ya cuenta con la autorización mencionada en el punto (a) y de momento no se han iniciado los rellenos, salvo por algún caso de recolocación de material de dragado.

3.2.3 Partículas en suspensión (polvo)

Los niveles naturales de polvo en la zona costera de Granadilla son altos de por sí, debiendo atribuirse este hecho a los vientos que levantan polvaredas, así como a irrupciones de polvo africano arrastrado por el viento, que en 2017, como siempre, fueron bastante frecuentes. Por otra parte, las obras del puerto son una fuente importante de generación de polvo dado el continuo trasiego, carga y descarga de materiales, además de por la presencia de una planta machacadora en su seno. Como ya se ha mencionado, aún queda por terminar el relleno de la cubeta frente al muelle de ribera y el propio muelle de ribera, por lo que se decidió mantener este control durante la fase operativa hasta que toda la obra está totalmente terminada.

**Tabla 4. Datos provisionales de episodios de calima ocurridos durante 2017
(Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, MAPAMA)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1-9 12-14 16-18	6-7 15-19 21-28	1-2 6-12 17-21 30-31	1-3 8-11 14-21 24-26	14 17-20	15 17-27	13-19 22-23 25-28	5-8 16-17 21-27	3-8 14-18 23-30	1-7 10-18 23-30	1 7-13 20-28	

La Tabla 4 recoge los datos de episodios de calima del 2017 propiedad de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA), del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, suministrado como fruto del “Acuerdo de Encomienda de



Gestión entre el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado y metales en España”.

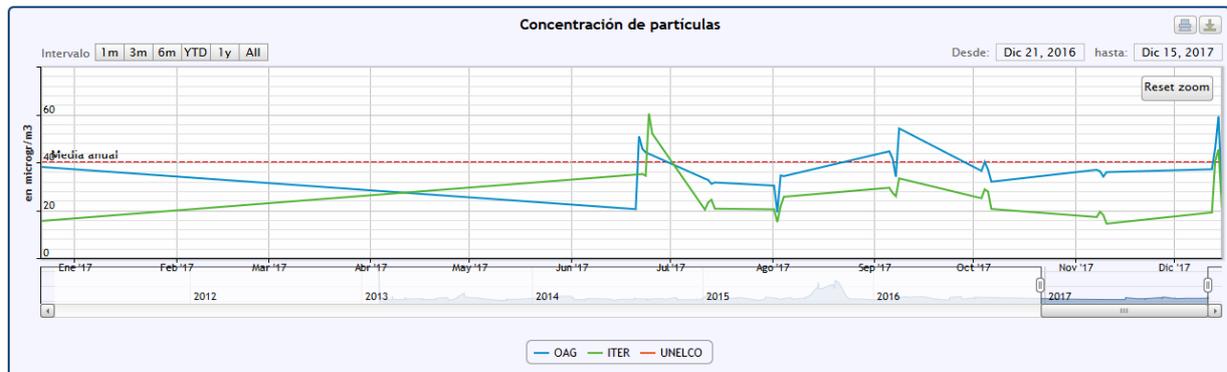


Figura 15. Medidas del polvo PM10 durante de 2017. La línea roja marca la media desde 2011 a 2017

El captador de la estación “Unelco” sufrió un acto vandálico y tras ser valorada su reparación, se descartó, por lo que este año 2017 sólo se cuenta con dos estaciones.

La periodicidad de las mediciones consiste en cuatro muestreos mensuales de 24 horas de duración, distribuidos dentro de la misma semana (no necesariamente correlativos). El valor diario (media de los cuatro días) se presenta para cada mes en la gráfica adjunta (Figura 15).

- En la estación “OAG” se ha superado el límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2017 en 3 ocasiones. Según la normativa vigente, el tope de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no debe superarse más de 35 días al año. Dado que muestreamos una media de 35,6 días en 2017, nuestro límite serían 3,4 días, dentro del límite estipulado en la estación “OAG”. Se tomaron 28 datos, con una media anual de $37,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, habiendo superado los $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 15 ocasiones. El valor medio anual se mantiene, con un ligero incremento (en 2016 fue de $36,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- El valor mayor obtenido en la estación “OAG” fue de $59,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aproximadamente en la misma línea que en el año 2016 ($60,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esta estación está emplazada a 70 m lineales de la machacadora por lo que los registros que hace corresponden más a valores de emisión que de inmisión.
- En la estación “Iter” se ha superado el límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2017 en 2 ocasiones. Dado que muestreamos una media de 36 días en 2017, el límite sería 3,4 días, dentro del límite estipulado en la estación “Iter”. Se tomaron 36 datos, con una media anual de $26,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, habiendo superado los $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 5 ocasiones. El valor medio anual aumenta con respecto a 2016 ($19,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- El valor mayor obtenido en la estación “Iter” fue de $60,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aproximadamente el doble que el valor máximo de 2016 ($33,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Los acopios y movimientos de tierra en la explanada del muelle de ribera pueden explicar este aumento, sobre todo en el primer semestre del año.

Tabla 5. Resumen de las mediciones de polvo en los siete últimos años

Año 2011	Captador "Unelco"		Captador "Iter"
Nº de medidas	30		62
Periodo	Abril - Septiembre		Marzo - Diciembre
Medidas > 50 µg/m³	0		3
Media anual (µg/m³)	17,63		24,36
Año 2012	Captador "Unelco"		Captador "Iter"
Nº de medidas	27		53
Periodo	Mayo, Julio-Diciembre		Enero - Diciembre
Medidas >50 µg/m³	0		4
Media anual (µg/m³)	13,43		32,37
Año 2013	Captador "Unelco"	Captador "OAG"	Captador "Iter"
Nº de medidas	49	40	47
Periodo	Enero - Diciembre	Febrero – Noviembre	Enero – Diciembre
Medidas >50 µg/m³	2	6	3
Media anual (µg/m³)	25,70	49,30	33,69
Año 2014	Captador "Unelco"	Captador "OAG"	Captador "Iter"
Nº de medidas	44	41	48
Periodo	Febrero - Diciembre	Marzo - Diciembre	Enero - Diciembre
Medidas >50 µg/m³	4	2	3
Media anual (µg/m³)	25,72	25,13	24,02
Año 2015	Captador "Unelco"	Captador "OAG"	Captador "Iter"
Nº de medidas	48	48	35
Periodo	Enero-Diciembre	Enero-Diciembre	Enero-Octubre
Medidas > 50 µg/m³	1	15	5
Media anual (µg/m³)	17,23	60,10	26,37
Año 2016	Captador "Unelco"	Captador "OAG"	Captador "Iter"
Nº de medidas	42	29	32
Periodo	Enero-Diciembre	Enero-Septiembre	Enero-Diciembre
Medidas > 50 µg/m³	0+dic	11	0
Media anual (µg/m³)	16,69	36,24	19,14
Año 2017	Captador "Unelco"	Captador "OAG"	Captador "Iter"
Periodo	--	Junio-Diciembre	Enero-Diciembre
Medidas > 50 µg/m³	--	3	2
Media anual (µg/m³)	--	37,15	26,39

Según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (Anexo I-C), la inmisión de partículas PM10 no debe superar el límite de 50 µg/m³ de concentración en 24 horas en más de 35 ocasiones al año, ni una media anual de 40 µg/m³.

Para mitigar el efecto del polvo, las pistas siguen siendo regadas, aunque con el paso de los camiones durante estos años se han compactado el suelo de tal manera que raramente generan polvo (Tabla 5. Resumen de las mediciones de polvo en los siete últimos años). Los acopios (Figura



16) son la principal fuente del polvo, y continuaron, hasta la práctica desaparición de todos, sin ser regados convenientemente (Tabla 6)

Tabla 6. Evaluación quincenal de los riegos anti-polvo

Año 2017	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
Riego de pistas	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Refuerzo riego	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	B	B	B
Ruido extra	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

A lo largo de 2017 no se han producido incidencias destacables en relación con el ruido, y en lo que respecta a los riegos anti-polvo, la situación ha sido parecida a la de otros años.



Figura 16. Machacadora de áridos ubicada en la zona portuaria (Marzo 2017)

3.2.4 Niveles sonoros

El PVA original estipulaba la medición de los niveles sonoros un día cada mes (durante tres minutos), además de tres campañas al año de 15 días de duración, frecuencia pensada quizás para zonas urbanas habitadas, y que no parecía tener mucho sentido en una zona industrial y de

obras. A la vista de los resultados obtenidos dicho esquema se modificó por una medición quincenal de un minuto en las tres estaciones definidas (se presentan en gráficas separadas).

Los parámetros a medir y los valores de referencia obtenidos del informe de la fase previa del programa de vigilancia ambiental (2007 y 2008) (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de ruido de referencia

Abreviatura	Concepto	Nivel diurno 2007	Nivel Diurno 2008
NS med	Nivel medio de sonido integrado	57,3 dB	65,00 dB
NS máx	Máximo nivel de presión sonora	61,65 dB	71,51 dB
NS mín	Mínimo nivel de presión sonora	54,65 dB	57,15 dB
NS pico	Máximo nivel de pico de presión sonora	88,4 dB	89,50 dB

El OAG emplea un sonómetro Cesva SC160 (tipo2).



Figura 17. Estaciones de medición de partículas en suspensión (GrAT) y de ruido (Er)

Aunque el plan de vigilancia ambiental en fase operativa comenzó en 2017, se decidió mantener los muestreos con la misma periodicidad, quincenalmente. Sin embargo, al estar



acabada gran parte de la obra y no haber grandes movimientos de áridos ni maquinaria, los niveles de sonido han disminuido notablemente, por lo que se han realizado las mediciones mensualmente, tal y como plantea el PVA en fase operativa.

También se descartaron las mediciones del nivel sonoro nocturno por ser horario en el que no se trabaja en las obras, y a falta de estipulaciones específicas para polígonos industriales, se ha tomado la «Ordenanza municipal sobre protección del medio ambiente urbano contra la emisión de ruidos y vibraciones» del Ayuntamiento de Granadilla (BOP 26, 20 de febrero de 2006) como referente. Dicha norma establece niveles máximos de presión sonora (NS máx.) aceptables entre las 8:00 y 22:00 horas:

- Será de 65 db en instalaciones industriales (línea roja horizontal en la Figura 18).
- Para obras y construcciones no podrá ser superior a 80 db a 1,5 m de los equipos empleados (martillos neumáticos, excavadoras y compresores).
- Cuando el ruido de fondo ambiental este comprendido entre 5 y 10 db más de los máximos indicados, el foco no podrá incrementar el ruido de fondo en más de 2 db.

El máximo nivel de presión sonora en un minuto ha superado de promedio el 72,22% de las veces el nivel basal de 73,51 db medido en 2017. Los niveles diarios superan el 56,94% (ER1), el 100% (ER2) y el 100% (ER4) de las veces el límite establecido por la ordenanza municipal para instalaciones industriales en el medio urbano (promedio de 85,65%) (Tabla 8)

Tabla 8. Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto /quincena) en 2016 y 2017

2017 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	72	41	56,94%	12	16,67%	3	4,17%
ER2 – Casetas	72	72	100%	72	100%	70	97,22%
ER4 - Polígono	72	72	100%	72	100%	3	4,17%
Promedio 1minuto	72	62	85,65%	52	72,22%	64,33	73,9%
2016 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	66	66	100%	66	100%	65	98,48%
ER2 – Casetas	66	66	100%	64	96,97%	64	96,97%
ER4 - Polígono	66	66	100%	66	100%	64	96,97%
Promedio 1minuto	66	66	100%	65,33	98,99%	64,33	97,47%

Como cabía esperar, el ruido ha decrecido en comparación con la situación previa a las obras (valores medios) en la estación ER1 - Rotonda, al haberse reducido los movimientos de maquinaria en la zona. En la estación ER4 – Polígono estos valores medios están por encima de los valores de referencia, para esta diferencia es mínima. La estación ER2 – Casetas sí continúa presentando valores más altos y similares a los “normales” en la fase de construcción, ya que la actividad en esta zona sigue siendo alta.

El efecto del ruido producido sobre la salud de las personas en el recinto de las obras es objeto de atención por parte del plan de seguridad y salud, y las mediciones registradas y expuestas en la página web del OAG pueden servir de ayuda a tal fin..

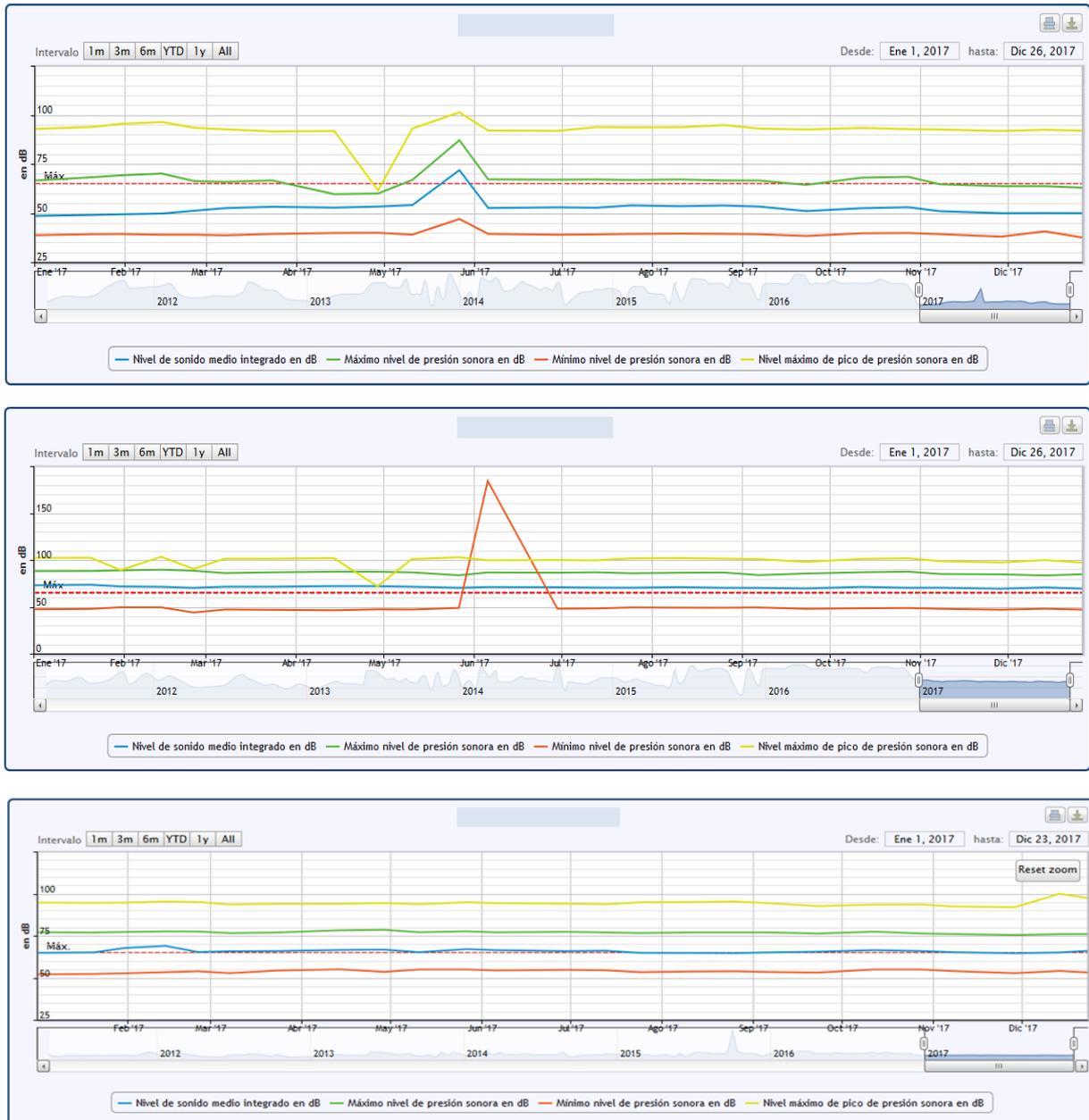


Figura 18. Medición del ruido diario en 2017 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones ER

3.2.5 Mitigación lumínica

Muchas aves marinas regresan a tierra durante la noche y pueden verse deslumbradas por las luces del recinto portuario. A tal fin, se informa al personal portuario el modo de proceder en



caso de encontrar un ave deslumbrada (p.ej. pardela), y mientras dure la instalación del alumbrado, se verificará quincenalmente el cumplimiento de las disposiciones de la DIA sobre las luminarias a emplear, que son las siguientes:



Figura 19. Luminaria provisional instalada en la cara interna del espaldón de la primera alineación

- a) Deben estar construidas de modo que toda la luz emitida se proyecte por debajo del plano horizontal tangente al punto más bajo de luminaria.
- b) Deben instalarse sin ninguna inclinación.
- c) En el alumbrado del viario las únicas lámparas permitidas serán las de vapor de sodio a baja presión.
- d) No deben utilizarse lámparas de vapor de mercurio, de vapor de color corregido ni de halogenuros metálicos.
- e) Las instalaciones del alumbrado del vial dispondrán, bien de dispositivos para controlar el flujo luminoso o bien de doble lámpara por luminaria, que permitan reducir el flujo luminoso un tercio de lo normal a partir de las doce de la noche, sin detrimento de la uniformidad. Esta reducción no será aplicable cuando la iluminación normal sea inferior a los niveles establecidos para la seguridad vial.

Las lámparas instaladas provisionalmente durante este año 2017 son *Clearway* vidrio plano, 4000 K y potencias de 50, 70 y 90W. No pueden reducir el flujo 1/3. A partir de abril de 2018 serán sustituidas por las luminarias definitivas, que se incluirán en la plataforma *City Touch*, que permite su regulación lumínica punto a punto.

El OAG considera conveniente, y así lo recomienda, su apagado selectivo entre los meses de septiembre a diciembre para evitar el deslumbramiento de pardelas. Así mismo, se debería procurar que durante estos meses las luminarias de las embarcaciones atracadas sean las mínimas e imprescindibles.

Durante el mes de diciembre, el personal de la Unidad Técnica del OAG impartió a los nuevos policías portuarios de Granadilla dos charlas informativas sobre las pardelas, sus cuidados en casos de caídas y protocolos de actuación.



Figura 20. Pardela (*Calonectris diomedea borealis*) encontrada muerta (21 de diciembre de 2017)



El 21 de diciembre (Figura 20) se encontraron dos pardelas muertas en los fosos del espaldón de la obra de abrigo. Una de ellas parece haber fallecido de manera reciente, estando muy deteriorado el cadáver de la otra. Por el momento, no se tiene noticias de más accidentes ni de animales dañados que hayan sido recogidos en la zona. Los fosos fueron vallados por la Autoridad Portuaria, aparte de por seguridad y salud, para evitar la caída de aves.

3.2.6 Dragados

La destrucción del sebadal local ocasionada durante los dragados es una de las consecuencias negativas asumidas de la construcción del nuevo puerto de Granadilla. El dragado de los fondos ocupados por el contradique se inició en marzo de 2012 y se prolongó durante 2013. El dragado genera turbidez local y el desenraizamiento de la seba que allí crece. Los dragados vinculados a la preparación de la banqueta del muelle de ribera son importantes, arrancaron en 2014 y han continuado en 2017, aunque sus efectos se limitan bastante al producirse en el recinto interior del puerto.

Tras incluirse en agosto de 2016 la seba (*Cymodocea nodosa*) en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, el OAG procedió a hacer una inspección de los fondos del recinto portuario, comprobándose que ha desaparecido en las zonas dragadas, y que quedan algunos pies aparentemente re-depositados, además de algunas plantas sueltas en zonas destinadas a relleno. En general, la presencia de una capa muy gruesa de fangos ha cambiado las condiciones de habitabilidad por completo (alta presencia de erizo irregular y gusanos de fuego). Los dragados se detuvieron a la espera de obtener del MAPAMA la debida autorización, si es aplicación al caso, ya que el recinto portuario bien podría no considerarse ya un hábitat natural. Dicha autorización se recibió a comienzos de 2017.

La arena del fondo que pueda restar por ser dragada en el propio recinto portuario, deberá destinarse preferentemente a su acopio para el programa de reposición del flujo costero o para el relleno de cajones u otros usos en el ámbito del puerto. De realizarse estos dragados u otros vinculados al puerto, en zonas donde hubiera algún ejemplar de seba, se verificará igualmente que existe la prescriptiva autorización del Ministerio. Durante el año 2017 se dragaron 5.330 m³ dentro de las obras “Segundo tramo de muelle polivalente del puerto de Granadilla”, acopiándose estos materiales en tierra.

3.2.7 Derrame accidental de hidrocarburos

Durante las operaciones de abastecimiento de combustible a los buques que recalen por el puerto, se pueden producir vertidos accidentales de lubricantes o combustibles. El puerto debe contar con el plan interior marítimo (PIM) que concrete las medidas preventivas y de actuación frente a estas eventualidades, y determine el equipo material y recursos humanos que han de estar en condiciones de actuar de inmediato. Corresponde al OAG:

- a) Comprobar los términos de dicho plan desde al inicio de la explotación del puerto, pudiendo aportar sugerencias.
- b) Verificar cada trimestre el buen estado de los medios materiales asignados a estas emergencias: disponibilidad de agentes químicos, de productos absorbentes, de la barreras anticontaminantes en perfecto estado operativo (para el cierre de la bocana, por ejemplo) y el buen funcionamiento de las bombas de extracción.

- c) Si los derrames salen de la dársena portuaria o se producen por accidente fuera de ella, el OAG hará un seguimiento de la evolución del derrame y una evaluación de sus consecuencias ecológicas, pudiendo aportar sugerencias para mitigar su impacto.
- d) Verificar que los residuos eventualmente recogidos después de un derrame, son trasladados a la refinería de CEPSA de Santa Cruz de Tenerife, u otra empresa que esté autorizada para la recepción y tratamiento de este tipo de residuos.

El mencionado Plan Interior Marítimo fue redactado por la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife y remitido a la Capitanía Marítima provincial, que solicita algunas modificaciones, que a la fecha de redacción de este informe (abril de 2018) están por concluir.

Actualmente no repostan buques en Granadilla.

2017			
Trimestre	Materiales	Derrames	Residuos
Enero-marzo	sin PIM	Inexistentes	No procede
Abril-junio	sin PIM	Inexistentes	No procede
Julio-septiembre	sin PIM	Inexistentes	No procede
Octubre-diciembre	sin PIM	Inexistentes	No procede

Figura 21. Extracto de la página web, medio informativo habitual del OAG, sobre vertidos accidentales

Incidencia puntual

El jueves 4 de mayo 2017, a primera hora de la mañana y durante condiciones excepcionales de quietud atmosférica, se depositó en la dársena del puerto de Granadilla un manto de carbonilla que luego fue arrastrado por la brisa y se acumuló a lo largo del dique de abrigo, generando alarma (Figura 22). Dicha carbonilla procede de la vecina central de Unelco que emitió humos negros entre las 7-7:30 de la mañana. Las corrientes han sacado la carbonilla de la dársena y el viernes las aguas ya se veían limpias. También llovió en la zona el propio jueves por la noche. Este episodio ha sido puntual y no está vinculado a las obras del puerto.

Según informó el responsable de Medio Ambiente de Unelco, el incidente se debió a una avería en el sistema de arranque del grupo Diesel 1 de la contigua central de Unelco y fue informado a la Viceconsejería de Medio Ambiente el 5 de mayo, dentro de las 48 horas que establece la legislación para poner en conocimiento de la autoridad competente este tipo de situaciones. El transitorio de arranque entre las 7:12 horas y las 7:17 horas produjo fuertes emisiones de partículas debido a la deficiencia de oxígeno por las oscilaciones del regulador. El suceso se presentó en la web del OAG como una incidencia.

La carbonilla analizada por el OAG resultó tener la siguiente composición: 568,6 mg/Kg de hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de acenafteno; acenaftileno; antraceno; benzo-a-



antraceno; benzo-b-fluoranteno; benzo-k-fluoranteno; benzo-g,h,i-perileno; benzo-a-pireno; criseno; dibenzo-a,h-antraceno; fluoranteno; fluoreno; indeno-1,2,3-c,d-pireno; naftaleno; fenantreno; pireno).



Figura 22. Carbonilla acumulada dentro de la dársena del puerto



Figura 23. Mancha de carbonilla abandonando las instalaciones portuarias

3.2.8 Residuos flotantes y basuras

Las aguas de la dársena portuaria han de mantenerse limpias y libres de residuos y basuras como plásticos, botellas, maderas, ruedas, cabos, etc. (no peligrosos). El puerto contará con una embarcación diseñada para poder acceder a todos los rincones de la dársena y acondicionada para retirar la basura flotante, realizando inspecciones cada día. Por su parte, el OAG:

- Comprobará semanalmente y de modo no regular, la eventual presencia de residuos flotantes y las labores de inspección y limpieza.
- Verificará que los residuos sólidos son debidamente tratados por gestor autorizado.
- Asimismo se realizará un inventario trimestral de basuras en la colindante playa del Medio adaptando los protocolos OSPAR a las condiciones de la playa.

En 2017 no se dispone de la embarcación de limpieza necesaria. En dos de las 49 semanas del año (Figura 24) se observan distintos tipos de basuras flotando. Se informa a la Autoridad Portuaria y se dio reporte en la web.

Año 2017																					
Semana	51	52	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Inspección																					
Gestor autor.																					
Muchos residuos																					
Pocos residuos				X																	
Sin residuos	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Semana	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Inspección																					
Gestor autor.																					
Muchos residuos																					
Pocos residuos					X																
Sin residuos	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Semana	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	01	02	03	04	05	06	07	08
Inspección																					
Gestor autor.																					
Muchos residuos																					
Poco residuos																					
Sin residuos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							

Comentarios:

Semana 2: hay restos de corcho flotando en la bocana del puerto.

Semana 24: se observan restos de corcho y fragmentos de tuberías de plástico rojas flotando.

Figura 24. Extracto de la página web, sobre residuos flotantes y basuras



Figura 25. Restos de corcho de los cajones flotando en la bocana del puerto (4 de enero de 2017)



Figura 26. Restos de corcho y tuberías de plástico en el puerto (17 de junio de 2017)



Figura 27. Playa de El Medio (9 de agosto de 2017)

Por cuestiones de operatividad, los muestreos de basura en la playa colindante se llevaron a cabo únicamente en los dos últimos trimestres del año

Los residuos encontrados se clasifican en 12 grandes grupos: plástico/poliestireno (1), goma (2), ropa-textil (3), papel/cartón (4), madera (5), metal (6), vidrio (7), cerámica (8), residuos higiénico-sanitarios (9), residuos médicos (10), heces (11) y piezas de parafina o cera (12). Además se toma nota de la presencia o ausencia de bolitas de plástico (granza) y de “galletas” de hidrocarburo.

La Tabla 9 recoge los resultados para este año 2017. Al ser una playa visitada por campistas y bañistas que no limpia el Ayuntamiento ni ningún otro organismo público, es normal que la primera vez se encontrara mucha más basura que la segunda.



Tabla 9. Tipos de basuras recogidos en 2017

Tipo de basura	3 ^{er} cuatrimestre	4 ^o cuatrimestre	Total anual
1.- Plástico/poliestireno	81	32	113
2.- Goma	3	0	3
3.- Ropa-textil	7	3	10
4.- Papel/cartón	4	1	5
5.- Madera	8	0	8
6.- Metal	18	8	26
7.- Vidrio	1	0	1
8.- Cerámica	1	0	1
9.- Residuos higiénico-sanitarios	0	0	0
10.- Residuos médicos	0	0	0
11.- Heces	0	0	0
12.- Piezas de parafina	0	0	0

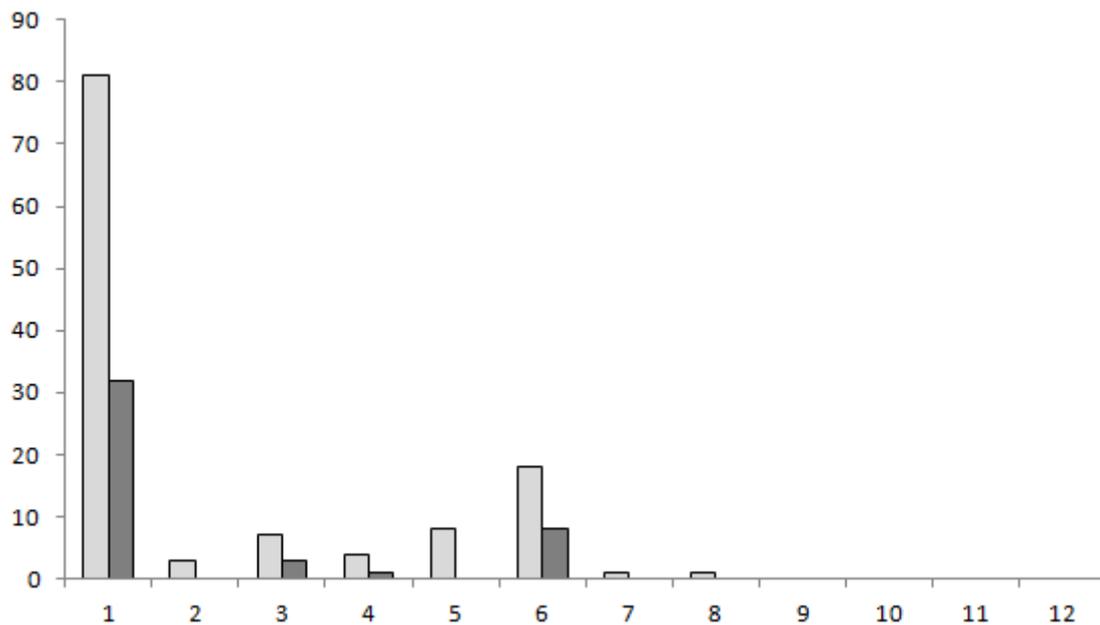


Figura 28. Gráfico de cantidad (número de unidades) de basuras recogidas en la playa de El Medio en 2017. Gris claro: tercer cuatrimestre; gris oscuro: cuarto cuatrimestre. Tipos de basuras: plástico/poliestireno (1), goma (2), ropa-textil (3), papel/cartón (4), madera (5), metal (6), vidrio (7), cerámica (8), residuos higiénico-sanitarios (9), residuos médicos (10), heces (11) y piezas de parafina o cera (12)



Figura 29. Basura recogida en la visita del tercer trimestre (9 de agosto de 2017)



Figura 30. Parte de la basura recogida en la visita del cuarto trimestre (21 de diciembre de 2017)



3.2.9 Control de la prohibición de la pesca

La DIA ha valorado como impacto ambiental positivo del puerto el llamado “efecto arrecife artificial”, que refleja el desarrollo de nuevas biocenosis sobre el sustrato rígido que suponen las escolleras y muros del puerto. Estas biocenosis pueden verse alteradas por la proliferación de erizos, con riesgo de desarrollarse como un blanquizal, por lo que se ha determinado la prohibición de pesca para evitar la captura de especies depredadoras de erizos. También es conocido el incremento de especies pelágicas que se produce alrededor de las infraestructuras portuarias. El OAG verifica semanalmente la presencia de eventuales pescadores dentro de las instalaciones portuarias. Durante todo el 2017 no se observó ningún pescador deportivo dentro de las instalaciones.

3.2.10 Señales y balizas

Para seguridad del tráfico marítimo, el límite de las obras marítimas ha de señalizarse con balizamiento de seguridad homologado y el OAG se ha ocupado de comprobar su buen estado y funcionamiento mientras duraron las obras. Una vez concluidas las obras de abrigo, el 26 de septiembre de 2017 se retiran las boyas ya que las marcas cardinales colocadas en los espaldones ya están operativas, al igual que la marca cardinal sur. Esta actividad de vigilancia cesa a partir de octubre 2017.



Figura 31. Marca cardinal este en el espaldón de la obra de abrigo



Figura 32. Marca de estribor en el martillo de la obra de abrigo (bocana de entrada al puerto)



Figura 33. Marca de babor en el martillo del contradique (bocana de entrada al puerto)



El 31 de agosto se fondeó la boya “marca lateral de babor” (Figura 34) del puerto de Granadilla en la posición UTM 28R 352297 3104886, a unos veinte metros de profundidad, en fondos poblados por *Cymodocea nodosa*. El fondeo que sujeta dicha boya sepultó la vegetación que quedó bajo él. Al estar esta especie incluida en el Catálogo Español de Especies Amenazadas en la categoría de “vulnerable”, se tiene que solicitar la oportuna excepción por cuestiones de seguridad a la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, ya que la autorización 01/5038 de 24 de febrero otorgada por dicha Dirección General a la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife solo ampara a las sebas que se encuentran dentro del recinto portuario. Dicha autorización o no se pidió o no se concedió, por lo que la Autoridad Portuaria ha decidido mover la boya de sitio. Este hecho, aunque valorado por el OAG, no excusa el haber llevado a cabo una actuación sin el correspondiente permiso, ya que sobre esta especie, al estar incluida en el catálogo nacional, conlleva la prohibición de recogerla, cortarla, mutilarla, arrancarla o destruirla intencionadamente en la naturaleza.



Figura 34. Boya de babor fondeada

3.3 Integración paisajística

Con el fin de crear un entorno de calidad estética y ambiental, se verificará trimestralmente en el ámbito del recinto portuario de Granadilla que se cumple con lo estipulado a través de la DIA, así como las incidencias y casos de inobservancia.

3.3.1 Adecuación cromática

En las fachadas de las naves se empleará preferentemente colores de las gamas dominantes en el entorno natural (amarillos, ocre, tierras, etc.), y se procurará evitar el uso de materiales que no reflejen excesivamente la luz natural. En general, se busca no generar contrastes cromáticos disonantes con el entorno paisajístico. En 2017 no se ha construido ninguna nave ni edificio.

3.3.2 Uso de flora local

Las especies de flora nativa que se recogieron al comienzo de los trabajos de desbroce de la zona portuaria, fueron llevadas al vivero del Cabildo Insular de Tenerife, ubicado en el Municipio de Fasnia. Luego, las plantas que sobrevivieron al trasplante (aprox. la mitad) han sido empleadas en jardinería en diversos puntos de la isla hasta agotarse. Ello no obsta para que se procure emplear flora autóctona en las zonas verdes y los viarios del puerto, que podría proceder, por ejemplo, de los desmontes del vecino polígono industrial. En 2017 todavía no están ejecutados los viarios ni los jardines por lo que esta medida no puede valorarse durante este año.

3.3.3 Uso de bolos y callaos

Los bolos y callaos acopiados se emplearán en labores de integración paisajística. Este hecho se verificará cuando se empiecen a construir rotondas o terraplenes donde puedan ser reutilizados. El sobrante de bolos y callaos deberá destinarse a un uso que ponga en valor el recurso estético y geológico, bien empleándolo en restauración o mejora de playas homólogas, o en labores de integración paisajística costera, evitando en todo caso su enterramiento o machaqueo. Se verificará el destino y su uso.

- Los callaos de la playa de La Caleta debían ser retirados antes de que comenzara el relleno de esta zona como parte de la futura explanada del muelle de ribera, y así se ha hecho en noviembre de 2017 (Figura 35).
- Por razones de operatividad del puerto (ver nota en figura 41) los acopios de callaos son trasladados al polígono industrial (Figura 36).

3.3.4 Restauración de la zona de obras

Las áreas ocupadas por las instalaciones de obra deberán ser desmanteladas una vez finalicen las obras y el terreno devuelto a su estado inicial. Esta medida corresponde a la fase de obra, pero como éstas se han prolongado solapándose con la fase operativa, se verificará el cumplimiento de la medida mensualmente durante el desmantelamiento, con especial atención a la presencia de objetos o equipamiento abandonado.



Figura 35. Playa de La Caleta con remantes de callaos



Figura 36. Acopios de callaos en el Polígono Industrial de Granadilla, trasladados desde los almacenados en el puerto, junto con los nuevos de la Playa de La Caleta

3.4 Geodinámica litoral

El esquema general de la dinámica litoral y sedimentaria de la costa de Granadilla se conoce actualmente con mayor rigor y precisión gracias al modelo desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental "IH Cantabria" en 2011, partiendo de datos medidos *in situ* por el OAG y demás información actualizada hasta 2010 y recopilada *ex-profeso*. Durante la fase de obras y en este primer año de fase operativa se ha venido recogiendo información sobre los parámetros básicos (intensidad y dirección de la corriente) y de la dinámica sedimentaria (turbidez, sedimentación, etc.), pero es ahora, una vez concluido el dique exterior, cuando se conformará el nuevo esquema de la dinámica litoral. La modificación de la dinámica litoral es la consecuencia más importante del nuevo puerto, al margen de que su relevancia sea mayor o menor según la capacidad de resiliencia del sistema ecológico costero, y de los intereses de la sociedad.

3.4.1 Tránsito de arenas por tierra

El Plan de Vigilancia Ambiental del puerto de Granadilla original (PVA, 2007) contempló la posibilidad de que la playa de La Tejita y el campo de dunas de la zona se vieran mermados por una disminución del flujo de arenas procedentes por vía eólica desde la playa del Médano, como consecuencia de las obras del nuevo puerto. Las campañas de seguimiento del campo de dunas realizadas en fase previa (2005-2008) concluyeron que dicho campo está detenido debido a la vegetación y obstáculos existentes así como al efecto pantalla de las edificaciones de El Médano, considerando exigua la cantidad de arena transportable. El transporte real estimado rondaba entre 1.250 y 4.000 m³ anuales, muy inferior al transporte potencial calculado (4.000 - 21.500 m³ año).



Figura 37. Franja de transporte eólico de arenas desde la bahía de El Médano hacia la de La Tejita



El OAG descartó realizar un seguimiento del transporte eólico de arenas hacia la Tejita durante la vigilancia ambiental en fase de obras para comenzar con él una vez construidos los diques de abrigo del puerto, momento a partir del cual podría producirse cambios en dinámica litoral de las arenas. Los resultados obtenidos (ver el estudio completo en el Anexo 5.1) muestran un flujo heterogéneo a lo largo de la franja de transporte. Ello se le atribuye a los accidentes que existen en la fuente de arena. Las coladas de lava piroclásticas que alcanzan la playa de Leocadio Machado forman un pequeño farallón que obliga a la arena a remontar por los dos o tres barranqueras que lo interrumpen. Así se explica que en algunos tramos del Llano de Rojas, el transporte de arenas es prácticamente nulo y no porque falte capacidad potencial de transporte.

Para 2017, el flujo anual de arena en toda la franja se ha estimado en 5.594 Tm o 3.901 m³, de los cuales, el 84,2%, es decir, 4.710 Tm o 3.284 m³ son los que en principio se dirigen hacia La Tejita, mientras que el 15,8% restante se pierde al sur de Montaña Roja. La tasa de transporte horario equivale a 735 gr/m/h. Para estos cálculos se ha usado una densidad de arena de 1,43 g/cm³ (media de cinco muestras tomadas en la zona). Estos valores de flujo son los que deberían tomarse de referencia ahora, una vez terminadas las obras de abrigo. Nótese que el volumen que supone es superior a los 2000 m³ de arena que se pierden cada año en el nuevo sumidero del puerto, y que son objeto de reposición.

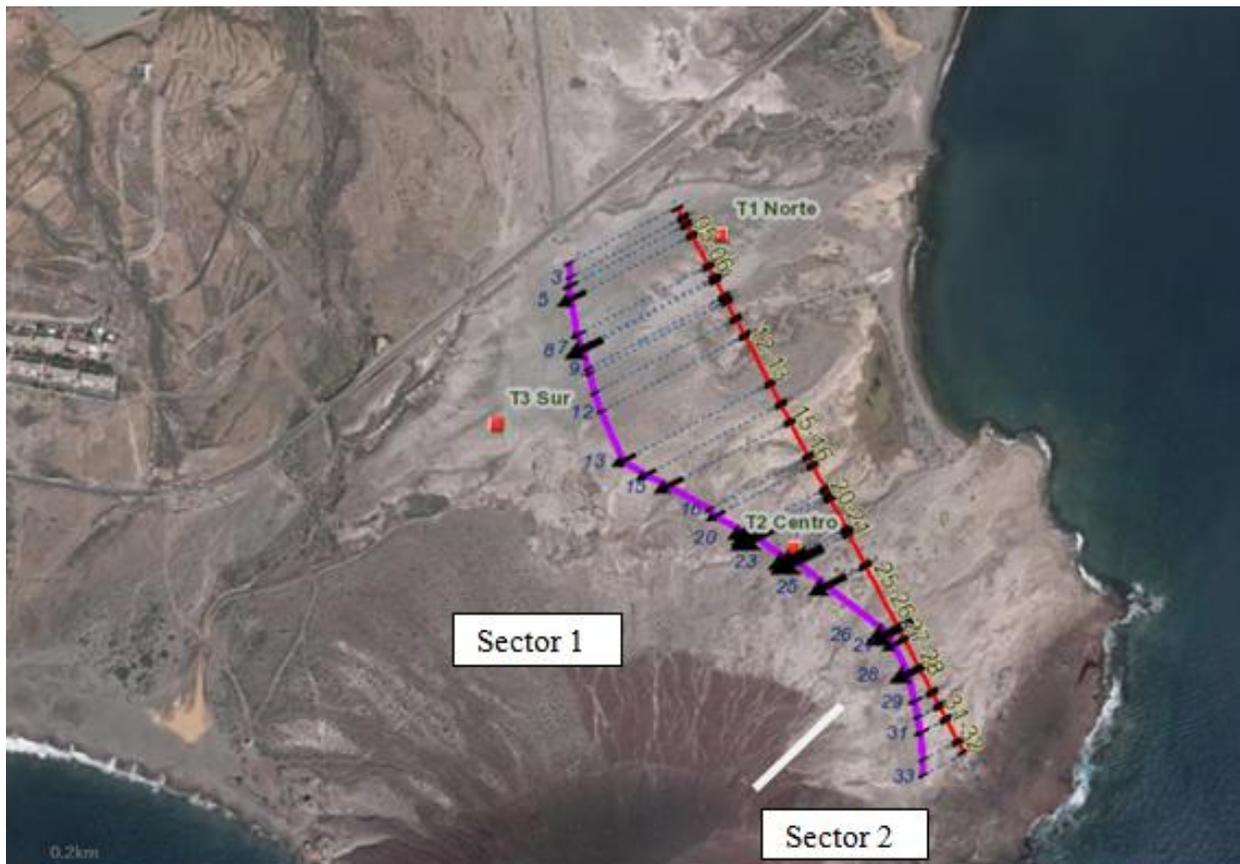


Figura 38. Trampas de arena (cuadrados rojos) y transecto evaluado. Las flechas negras indican la intensidad del flujo en los tramos señalados. Año 2017 (basado en 258 días de medida)

3.4.2 Episodios tormentosos

Los temporales de agua son escasos en esta vertiente de la isla, pero cuando ocurren, son cruciales para la ecología general, incluida la marina, porque es cuando se incorporan al sistema costero grandes masas de material sólido –y nutrientes, basuras, contaminantes, etc.– desde la costa. Estos fenómenos han de quedar registrados para poder interpretar bien los datos generados por el seguimiento. El OAG mantiene una estación meteorológica en la zona, equipada con pluviómetro y además se registran las ocasiones en que corren los barrancos, con una evaluación general del 1 al 5 (máximo).

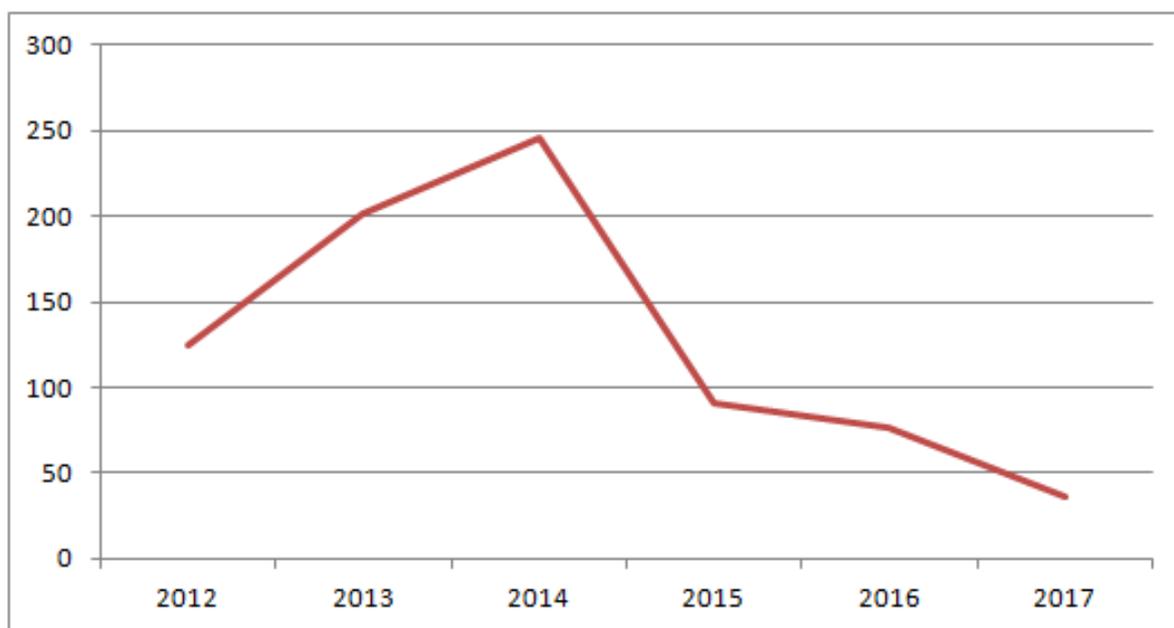


Figura 39. Precipitaciones en la estación meteorológica del OAG en Granadilla

Durante 2017 ha habido muy pocas precipitaciones, lloviendo solamente en 17 ocasiones (ver Tabla 3) y nunca lo ha hecho con la suficiente intensidad como para que la escorrentía llegue al mar. El año ha sido bastante más seco de lo habitual, alcanzando el mínimo de precipitaciones desde que comenzara esta estación a muestrear en 2012 (Figura 39).

3.4.3 Nivel medio del mar y oleaje

La información sobre oleaje y mareas en Granadilla la venían registrando Puertos del Estado y la Autoridad Portuaria de S/C de Tenerife, respectivamente, y así ha sido hasta 2013.

- La boyas de oleaje fue robada mientras se encontraba en tierra para labores de mantenimiento, y según nos informa Puertos del Estado no hay intención de reponerla.
- El mareógrafo de Granadilla dejó de funcionar en marzo de 2013 y la Autoridad Portuaria de S/C de Tenerife tiene preparado el proyecto de instrumentación del nuevo puerto, en el que se contempla su reposición por otro igual, de presión. A día de hoy aun no ha sido instalado, y no vemos motivo para que se demore más la instalación.



En la actualidad, Puertos del Estado suministra en su página web (www.puertos.es) información relativa a la estación “mareógrafo de Granadilla”. Lo cierto es que el mareógrafo que había en Granadilla no ha sido sustituido y se extrapolan los datos del mareógrafo de Los Cristianos. Dicha información está disponible desde el año 2013 hasta la actualidad.

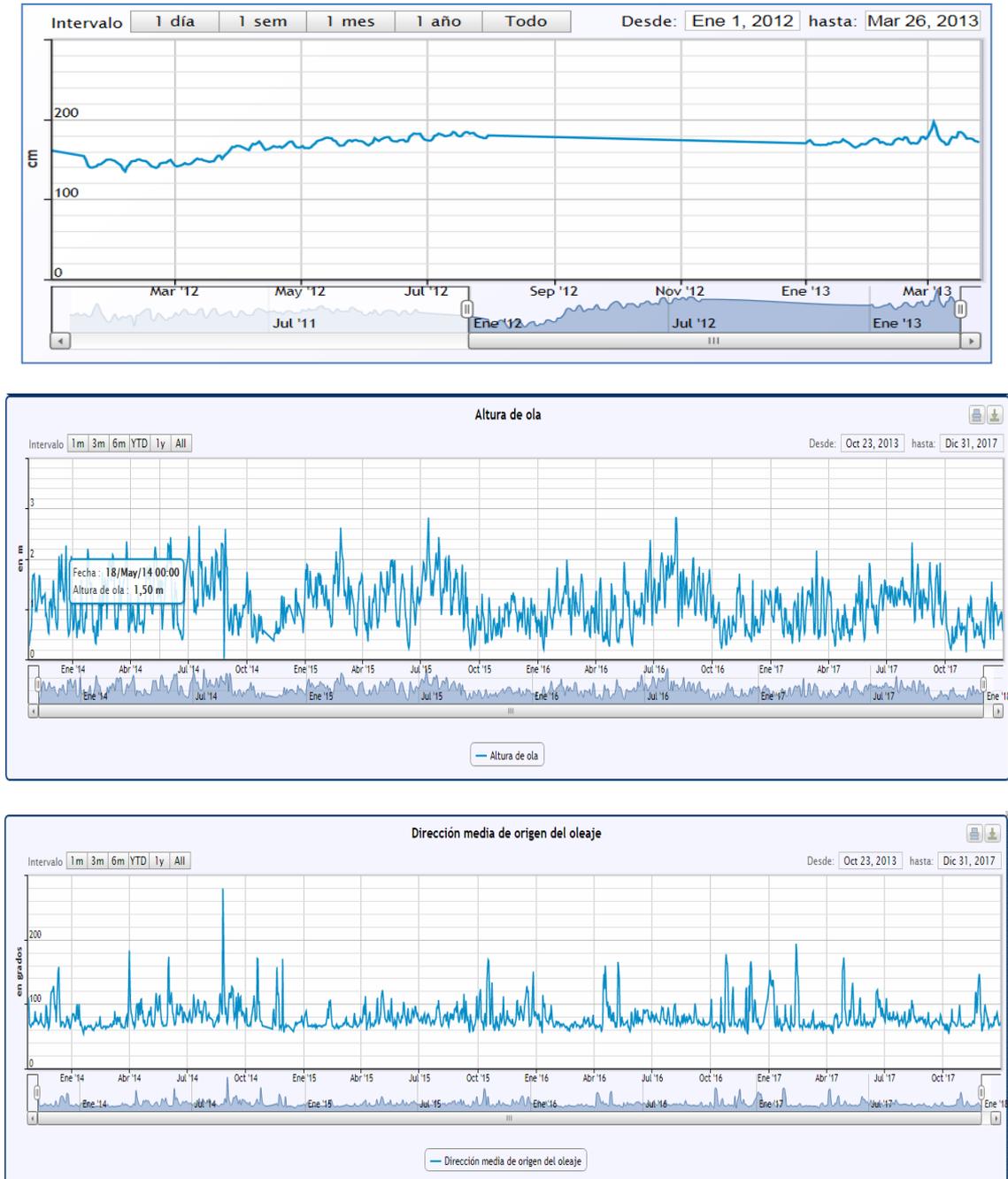


Figura 40. Valores extrapolados para Granadilla: 1-1-2012 hasta el 26-3-2013 (Puertos del Estado)
Arriba: nivel del mar.— Medio: altura de la ola.— Abajo: dirección media del origen del oleaje

3.4.4 Flujo de la corriente

A lo largo del tramo de 23 km de costa considerado (de Montaña Roja hasta la Punta de Abona), las corrientes máximas (medias anuales) se alcanzan en ambos extremos y son en torno a 40 cm/s, aunque lo habitual en las zonas intermedias son velocidades entre 10-25 cm/s.

Las corrientes de marea suben hacia el NE en llenante, y bajan hacia el SW en vaciante, quedando una corriente residual hacia el SW por influencia de la Corriente de Canarias, que es responsable del transporte neto de partículas que se produce en sentido NE > SW. Dicho flujo de partículas ha quedado interrumpido a finales de 2015 al alcanzar el dique de abrigo las cotas de -40 m.

En la página web del OAG se muestran los datos de la corriente obtenidos en la boya oceanográfica-meteorológica instalada frente a Montaña Pelada y próxima al límite norte de la ZEC Sebadales del Sur de Tenerife (Figura 41). En 2017 se ha continuado teniendo problemas de transmisión en la boya, contando tan solo con datos a partir del 28 de marzo y hasta el 28 de junio, y desde el 5 de octubre hasta el 22 de noviembre. En total se tiene 5 meses de datos, por lo que de nuevo este año los resultados que aquí se exponen son orientativos y no del todo representativos. Para 2018 se ha adoptado un sistema de transmisión directa, sin pasar por empresas intermediarias, y aparentemente ya está ajustado y funciona.



Figura 41. Patrón diario (09-11-2017) de la velocidad de la corriente en la boya de Granadilla. Se observan dos picos en velocidad que coinciden con los momentos previos a la bajamar

Por otra parte, al haber terminado las obras de abrigo, se han realizado estudios complementarios para conocer con mayor precisión el comportamiento real de las corrientes a sotavento. Estos estudios se realizan mediante boyas de deriva con geolocalizadores, de modo que se puede conocer su trayectoria (dirección) y calcular la velocidad de la corriente. Además, también se han fondeado dos perfiladores de corrientes.

En enero de 2017 se encargó al IHCantabria un nuevo modelado histórico de la corriente en las nueve estaciones de muestreo de seba a fin de correlacionar la intensidad y dirección en cada estación con los parámetros fisiológicos y de desarrollo de la planta (ver apartado 3.6.12). Esta investigación se desarrolla como tesis doctoral en el seno del OAG desde el curso 2016/2017 y es crucial de cara a la eventual aplicación de la medida comentada en el apartado 2.4.

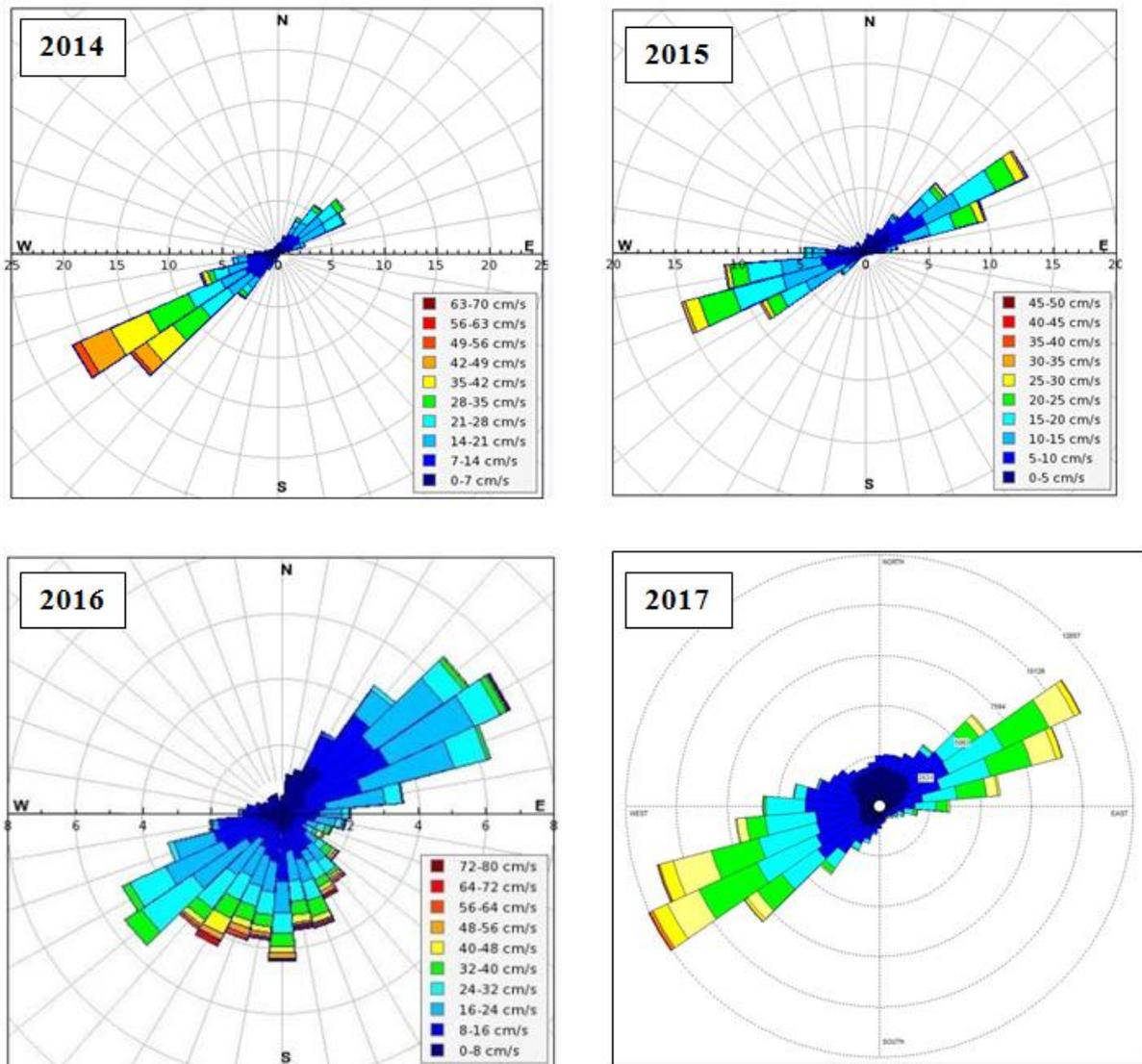


Figura 42. Rosa anual de corrientes en la boya de Granadilla

La rosa de corrientes anual de 2014 (Figura 42) muestra un ligero basculamiento de la vaciante hacia el oeste respecto de la dirección dominante en 2012 y 2013, pero 2014 no fue un año normal en tanto que, en varias ocasiones, el ritmo diario llenante/vaciante quedó anulado por la dominante del NE, resultando su frecuencia anual del 66,7% frente al 33,4% del cuadrante SW.

En 2015 se confirma y pronuncia más el basculamiento de la dirección de la corriente en la estación de la boya, con mayor participación de la componente E (10,46% de frecuencia) en fase llenante, y es aún más acusado en la componente W de la fase vaciante (48% de frecuencia), que pasa a ser la dominante. Este cambio de rumbo es atribuible al avance de las obras de abrigo.

En 2016 se continúa apreciando el mismo basculamiento hacia el sur, aunque no queda tan definido debido a la falta de datos durante medio año. La velocidad media anual ponderada de la corriente en llenante fue 16,38 cm/s, y en vaciante de 20,31 cm/s, con picos máximos en llenante de 64,75 cm/s hacia el NE y en vaciante de 71,82 cm/s hacia el SW (Figura 42).

Los datos de 2017 no son muy representativos (5 meses) por los problemas de recepción con la boya ya comentados. La velocidad media anual ponderada de la corriente en llenante fue 10,14 cm/s, y en vaciante de 8,96 cm/s, con picos máximos en llenante de 42,15 cm/s hacia el NE y en vaciante de 80,40 cm/s hacia el SW (Tabla 10).

Tabla 10. Media de la velocidad de la corriente según cuadrante y la residual ponderada, medida en la boya de Granadilla en 2016 (tabla inferior) y 2017 (tabla superior)

	Dirección	Cuadrante	Frecuencia	Velocidad media	Media 2017
Llenante	N	337,5° a 22,5°	0,1%	4,24 cm/s	10,14 cm/s 53,4%
	NE	22,5° a 67,5°	24,24%	12,17 cm/s	
	E	67,5° a 112,5°	20,82%	10,15 cm/s	
	SE	112,5° a 157,5°	8,23%	4,16 cm/s	
Vacante	S	157,5° a 202,5°	8,27%	3,88 cm/s	8,96 cm/s 46,6%
	SW	202,5° a 247,5°	21,22%	9,95 cm/s	
	W	247,5° a 292,5°	14,23%	11,25 cm/s	
	NW	292,5° a 337,5°	2,90%	5,01 cm/s	
	Dirección	Cuadrante	Frecuencia	Velocidad media	Media 2016
Llenante	N	337,5° a 22,5°	3,40%	5,79 cm/s	16,38 cm/s 49,7%
	NE	22,5° a 67,5°	21,67%	14,90 cm/s	
	E	67,5° a 112,5°	12,87%	16,85 cm/s	
	SE	112,5° a 157,5°	11,71%	21,69 cm/s	
Vacante	S	157,5° a 202,5°	19,45%	22,71 cm/s	20,31 cm/s 50,3%
	SW	202,5° a 247,5°	21,97%	22,78 cm/s	
	W	247,5° a 292,5°	6,74%	10,15 cm/s	
	NW	292,5° a 337,5°	2,19%	5,44 cm/s	

Tabla 11. Evolución de la corriente residual en la boya de Granadilla

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Velocidad de la corriente en cm/s	3,37	2,08	5,72	11,03	1,89	7,81	1,29
Rumbo de la corriente	328,1	233,93	225	240,94	286,56	196,05	280,20
Velocidad cm/s con rumbo 270°	2,52	2,05	5,72	10,60	0,90	6,84	0,74
Desplazamiento diario hacia SW (m)	2.169	1.771	4.942	9.530	778	5.909	639,36



La evolución anual de la corriente residual absoluta –es decir, la resultante después de conjugar todas las direcciones, su frecuencia e intensidad– es de 1,29 cm/s, y proyectada sobre el eje NE-SW que es el paralelo a la costa, resulta de 0,74 cm/s; se trata de valores bastante más bajos que durante el año anterior, pero cercanos a los valores de 2015 (Tabla 11).

A la vista de los problemas que se han tenido este año con la boya, que se han traducido en disponer únicamente de 5 meses de muestreos, no hay datos concluyentes. A lo largo de 2018, con nuevas series temporales, se podrá concluir de manera más acertada sobre la dinámica marina costera.

Boyas de deriva

Para comprender mejor el comportamiento de la hidrodinámica local tras la conclusión de las obras de abrigo, el OAG ha empleado diez boyas de deriva para reconstruir los flujos locales en marea llenante y vaciante. El estudio fue realizado en abril y junio de 2017 a fin de localizar un punto de vertido viable para la reposición de arenas, pero de él deriva información interesante acerca de las corrientes en la zona del puerto (disponible en la web del OAG).

Las boyas de deriva costera utilizadas fueron fabricadas por Albatros Marine Technologies. Se trata de pequeñas boyas de color rojo y dimensiones de 16×14 cm. Con autonomía para unas 100 horas, la 100 horas, la boya –que lleva una bolsa-faldón colgada a hace de vela sumergida– es desplazada por la desplazada por la superficie del mar por acción de la corriente y envía, con la periodicidad que elija el elija el usuario, posición y tiempo (

).



Figura 43. Aspecto de la boya de deriva

El 18 de abril se soltaron 8 boyas coincidiendo con el inicio de la marea llenante y el 20 de abril se lanzaron 6 boyas en marea vaciante. Esta operación se repitió los días 17 y 19 de junio, (con 9 y 7 boyas respectivamente). Las boyas estaban configuradas para emitir su posición cada 3 minutos y se dejaron en el mar durante 6 horas, obteniéndose datos de toda la marea (vaciante/llenante). Una vez recuperadas las boyas y procesados los datos, el OAG ha elaborado un siguiente esquema de las corrientes locales a modo de resumen. (Figura 45).



Figura 44. Derrota de alguna de las boyas de deriva: marea llenante (izquierda) y vaciante (derecha)

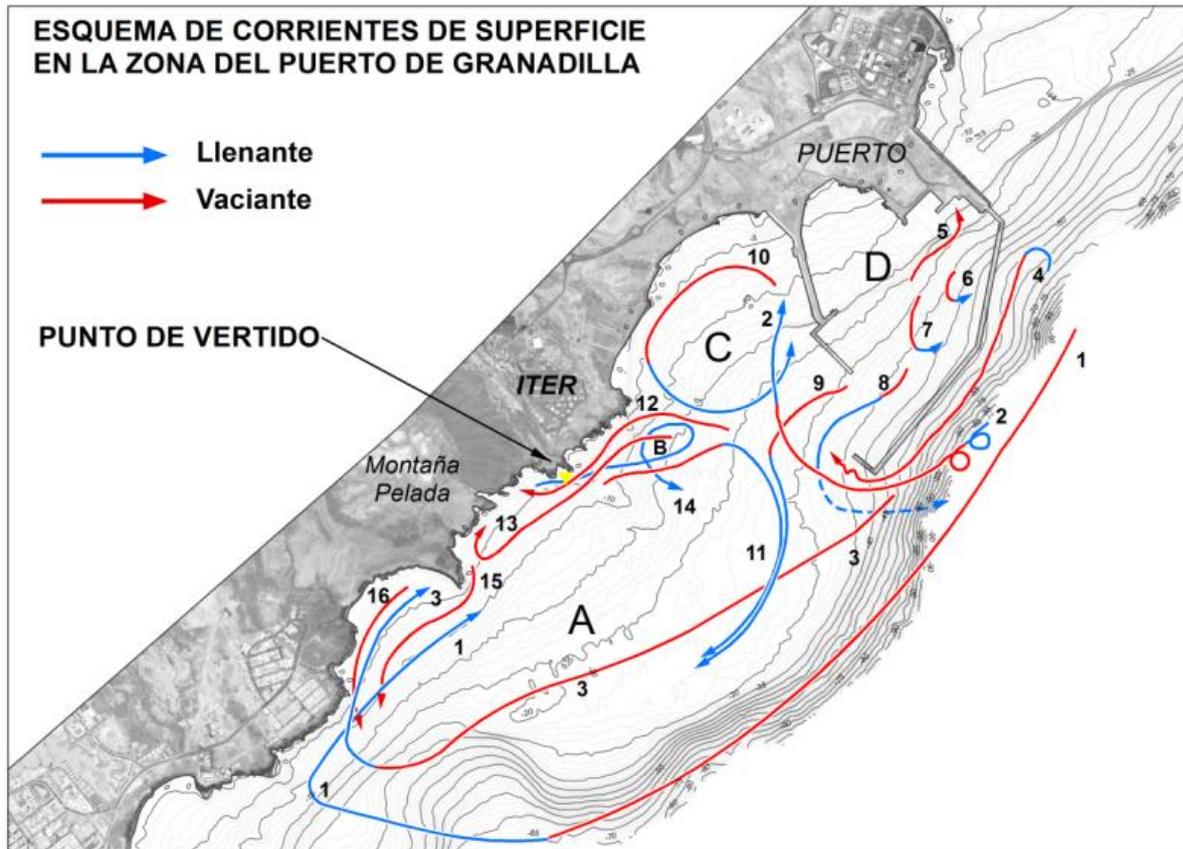


Figura 45. Esquema provisional de las corrientes locales en vaciante (rojo) y llenante (azul)

Perfiladores de corriente

Para obtener series temporales de corrientes a varias profundidades, el OAG ha instalado dos perfiladores acústicos tipo *doppler*, modelo ADP 500 KHz de la casa *SonTek*, capaces de medir parámetros de la corriente en toda la columna de agua y de forma simultánea (Figura 46).

En primera instancia se fondearon en las inmediaciones de la bocana del puerto (profundidad de 30 metros) ya que la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife expresó al OAG su interés en conocer el comportamiento de las corrientes en esta zona con la idea de facilitar el trabajo a los prácticos encargado de dirigir las maniobras de entrada y salida de embarcaciones. Se mantuvieron activos durante 51 días en el verano de 2017.



Figura 46. Perfilador *SonTex* ADP 500 Khz fondeado por fuera de la bocana del puerto. Estación TGr-43. Fondo de arena con comunidad de *Caulerpa*

El 13 de septiembre de 2017 se fondeó uno de los perfiladores en la estación TGr18 (15 m) para obtener una serie temporal que permita determinar con exactitud las corrientes en distintas fases de marea y para controlar la dirección principal de la corriente a una distancia más alejada del puerto que lo que está la boya del OAG, y presuntamente libre de la influencia del dique de abrigo que sí se aprecia en la boya. Este perfilador se mantendrá fondeado y se virará dos veces al año descargar los datos y cambiar las baterías. La primera descarga de datos se realizó el 31 de enero de 2018 y han sido analizados (Ver 5.2).

En general, se observa un comportamiento bastante homogéneo en toda la columna de agua, siendo las corrientes más intensas las más frecuentes en las direcciones SW en todas las capas. Las velocidades medias varían entre 16,75 cm/s en el fondo y 20,53 cm/s en superficie. Las velocidades máximas en la bocana fueron entre 43,7 cm/s en el fondo y 51,2 cm/s en superficie, y por fuera de la bocana entre 23,9 cm/s en el fondo y 30 cm/s en la superficie. Las corrientes con intensidades entre 0 y 20 cm/s son las más frecuentes.

Tabla 12. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en TGr_18 (Jaquita)

Nivel de medición	Profundidad	Dirección	Velocidad
Celda superficial	1-2 m	SW (36%)	0-10 cm/s (28%)
Celda intermedia	7-8 m	SW (41%)	0-20 cm/s (29%)
Celda de fondo	13-14m	SW (41%)	0-20 cm/s (34%)

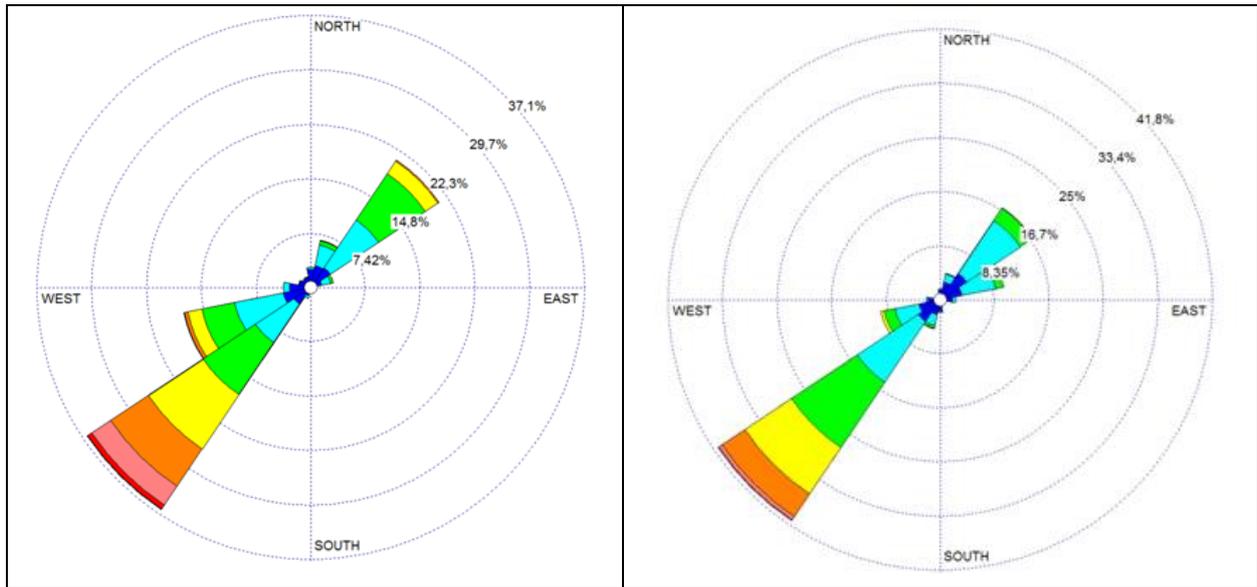


Figura 47. Rosa de dirección e intensidad de la corriente en superficie (izquierda) y en el fondo (derecha)

3.4.5 Tasa de sedimentación

Para conocer la tasa de sedimentación, se han dispuesto captadores de sedimentos en nueve estaciones a lo largo de la costa de Granadilla, que se revisan según campañas cada 60-90 días. Las tasas de sedimentación mineral se expresan en gramos por metro cuadrado y día, sin incluir la fracción de volátiles (Figura 48). Como valor de referencia se toma la media de las tasas registradas por el OAG antes del comienzo de las obras en el mar (4/10/2011): 69,6 gr/m²/día, aunque su variación es amplia (17,9 – 178,2 gr/m²/día).

- En general, la tasa de sedimentación en 2017 se ha reducido respecto a los años previos
- La tasa de sedimentación media en el primer trimestre es 29,2 gr/m²/día, en el segundo 32,8 gr/m²/día, en el tercero 47,7 gr/m²/día y en el último trimestre 26,9 gr/m²/día.
- La tasa de sedimentación mineral sigue descendiendo desde el 2015.
- La tasa promedio anual de sedimentación todas las estaciones en 2017 es de 34,2 gr/m²/día, menor que la obtenido en 2016 (48,3 gr/m²/día).
- El valor medio máximo del año se registró en la estación TGr05 Tarajales (59 gr/m²/día) y el menor en la TGr14 Charcón (18 gr/m²/día).

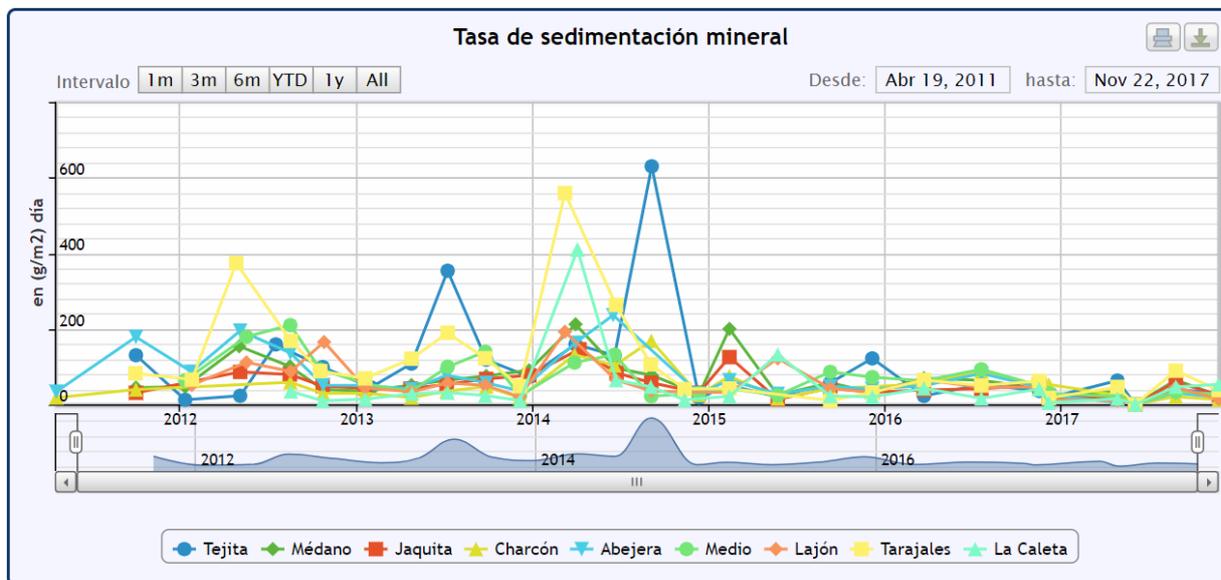


Figura 48. Evolución temporal de la tasa de sedimentación mineral en la costa de Granadilla (2011-2017)

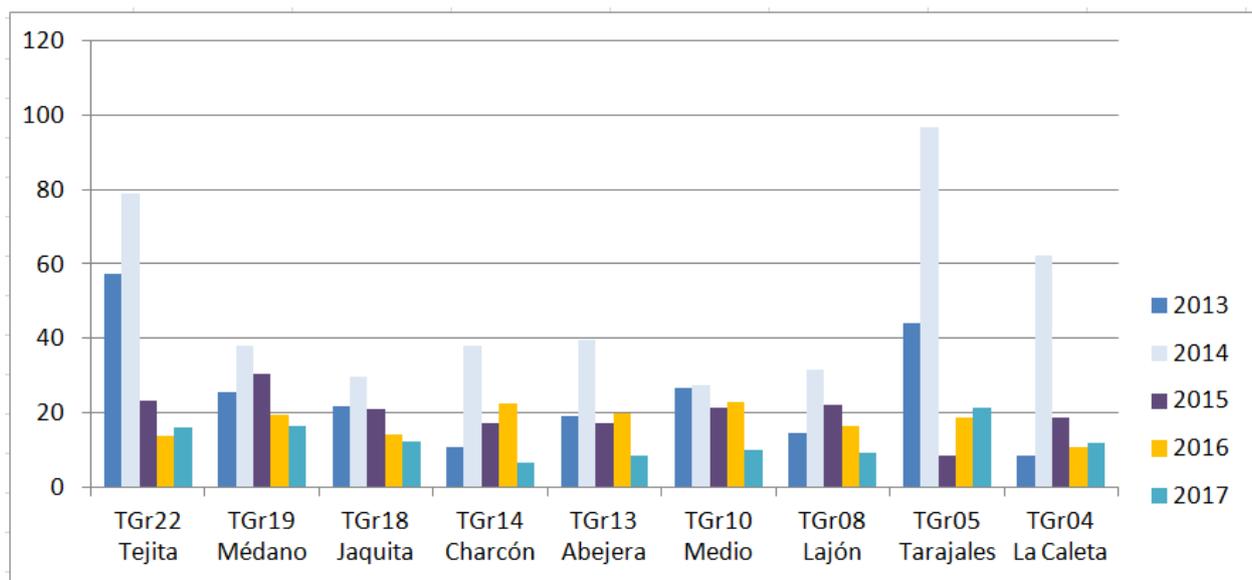


Figura 49. Variación espacial de la sedimentación anual (kg/m^2) de material mineral en la costa de Granadilla a lo largo del periodo de 2013 a 2017

El promedio de la proporción de materiales volátiles de todas las estaciones muestreadas suele ser bastante constante y fluctúa entre 3 y 6%. Únicamente cabe destacar como valores superiores a la media, los promedios obtenidos de 9,5% (TGr04-primer trimestre), 10,4 % (TGr08-primer trimestre) y de 9,1 % (TGr14-cuarto trimestre). El valor más alto obtenido en toda la serie de datos desde 2011 fue una medición realizada en enero de 2012 en la estación TGr05 (Tarajales) que llegó a 14,71%.

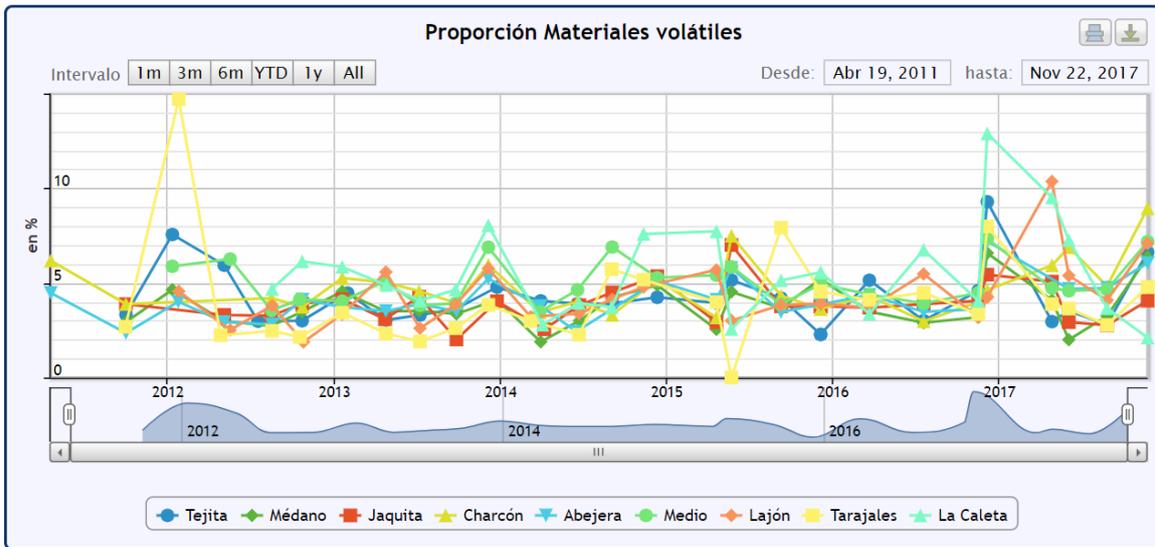


Figura 50. Evolución del contenido en materiales volátiles en el sedimento capturado (2013-2017)

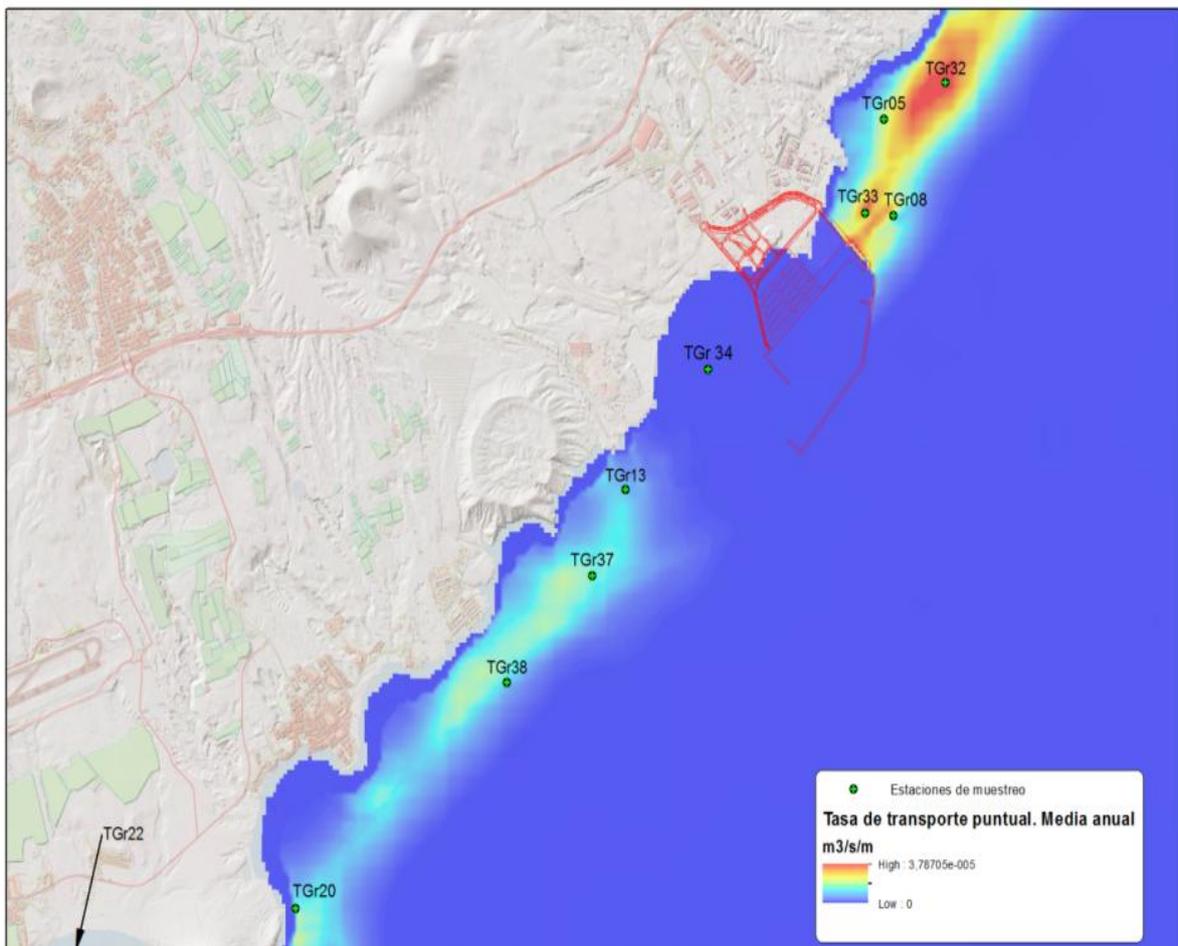


Figura 51. Estaciones con estacas graduadas para el seguimiento de variaciones del fondo. Acumulaciones (azul) y pérdidas de sedimento (rojo) previstas según la diferencia media anual de la tasa de transporte ($m^3/s/m$) (IH Cantabria, 2011)

3.4.6 Balance sedimentario

Se han fijado diez estaciones para el seguimiento de la acumulación o pérdida de arena mediante estacas decimetradas (Figura 55). Cada estación consta de cinco estacas dispuestas en línea y separadas 25 m. Las estacas fueron colocadas durante 2012 y 2013, aunque ha habido que rodar algunas y renovar otras. Se comprobó que el modelo inicial de estaca hecho con hierro y marcas cada 10 cm duraba poco en el mar y hubo que sustituir todas las estacas por un modelo nuevo con marcas cada 5 cm y construido con acero inoxidable. El análisis de los primeros datos obtenidos mostró que en la mayoría de las estaciones no existe un comportamiento uniforme a lo largo de la línea de estacas (125 m). En algunos casos las estacas más próximas a la costa (0-2) reflejan erosión y las más alejadas (3-4) reflejan acumulación, y en otros ocurre justo lo contrario. A veces dos estacas contiguas reflejan situaciones diferentes.

En la Figura 51 se muestra su ubicación sobre el modelo de predicción elaborado por IH Cantabria (2010). Las estacas se revisan cada seis meses, aproximadamente.

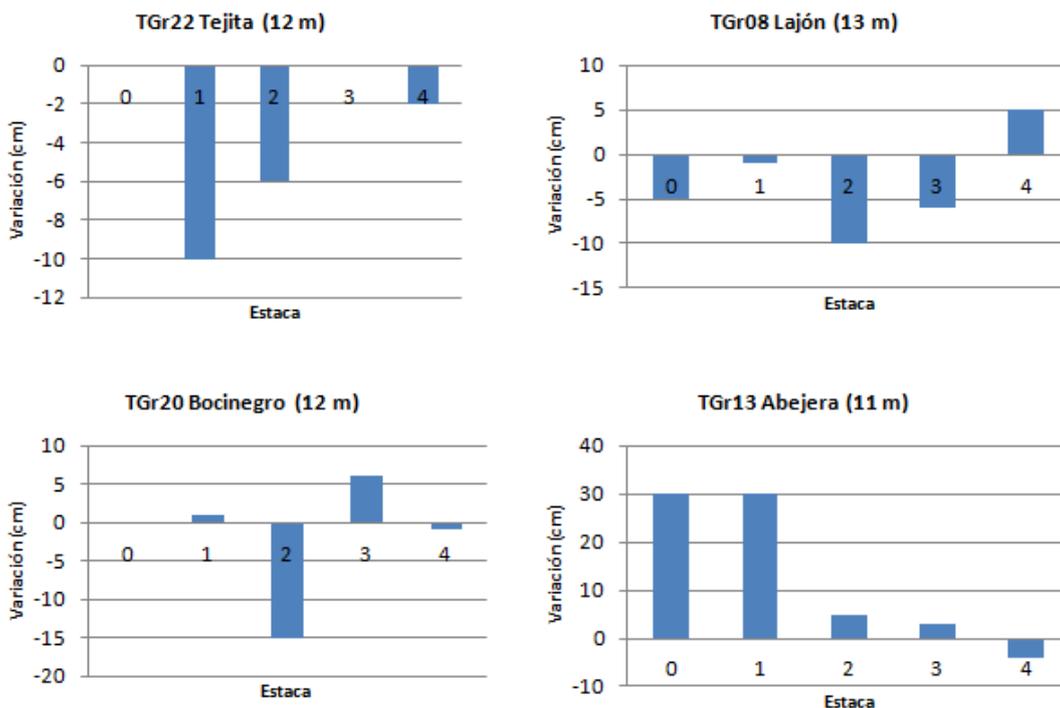


Figura 52. Variación del nivel del fondo (cm) medido en estacas verticales. Cinco estacas por estación (eje horizontal)

Para entender mejor lo que está ocurriendo en la zona, se muestra la tendencia que sigue cada una de las estaciones (Figura 54), teniendo en cuenta que se dispone de datos desde 2012 (en el mejor de los casos), con un total de 5 años de estudio y con dos muestreos al año. Estas tendencias son orientativas, según se vaya completando la serie temporal, se podrá concluir de manera más eficiente sobre la dinámica de los sedimentos en la zona, a la vez que se podrá comprobar cómo influye la obra de abrigo en ésta.



En la Figura 53 se muestra en centímetros el balance medio del suelo para cada estación. No todas las estaciones se instalaron en el mismo año, lo que impide una comparación general. Tampoco es aconsejable extrapolar los periodos temporales ya que las condiciones de la dinámica sedimentaria se fueron modificando a medida que avanzaban las obras. Las variaciones registradas son de pocos centímetros y se observa como el patrón obtenido para este último año, coincide aproximadamente con lo ocurrido desde que se instalaron. Parece que las estaciones al sur del puerto están perdiendo arena, a excepción de la TGr13 que es la que más gana. Al norte del puerto ganan arena las estaciones más costeras (TGr33 y TGr05) y pierden las más profundas (TGr08 y TGr32), aunque muy pocos centímetros por estación.

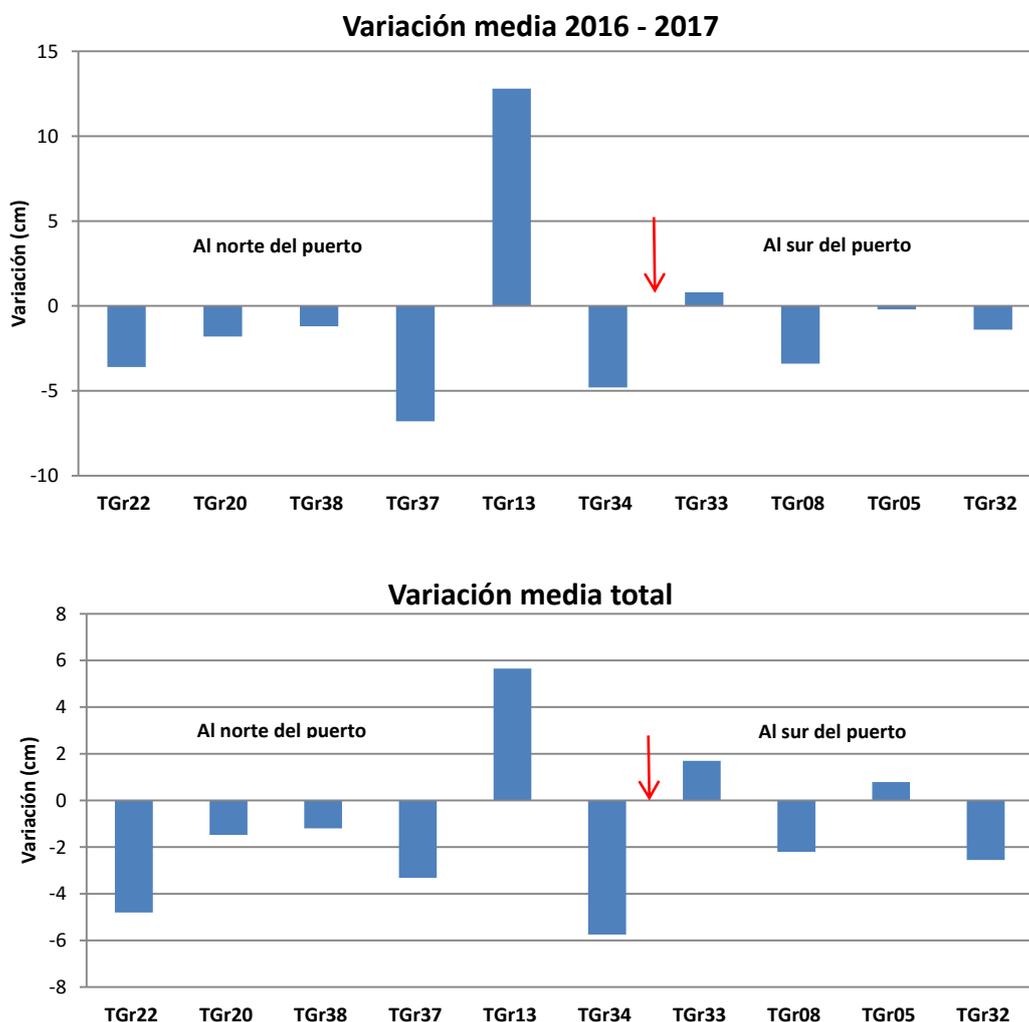
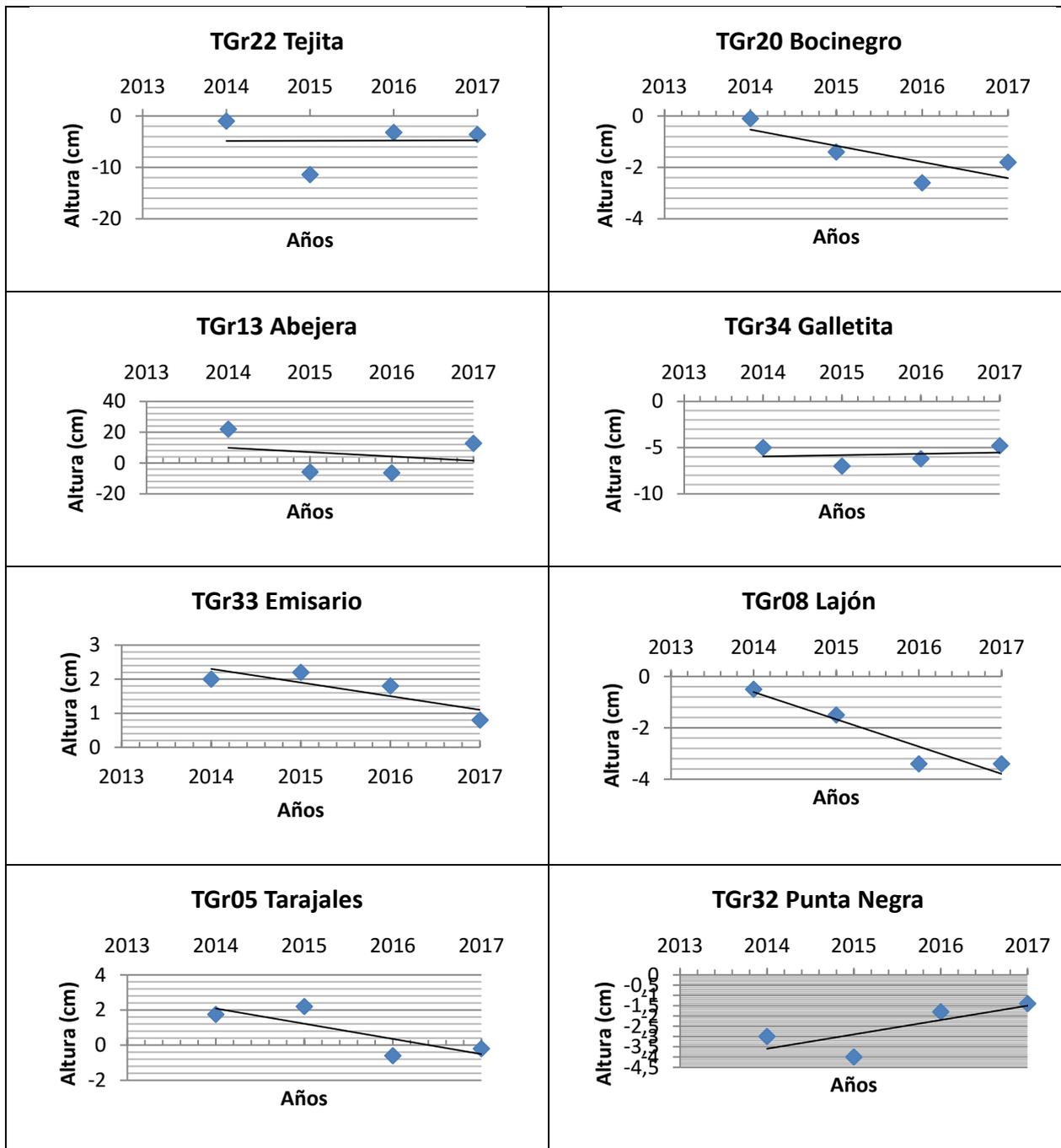


Figura 53. Variación media de las estacas en cada estación entre 2016 y 2017 (arriba) y desde que se instalaron en 2012 hasta la actualidad (abajo). La flecha roja representa la posición del puerto con respecto a las estaciones



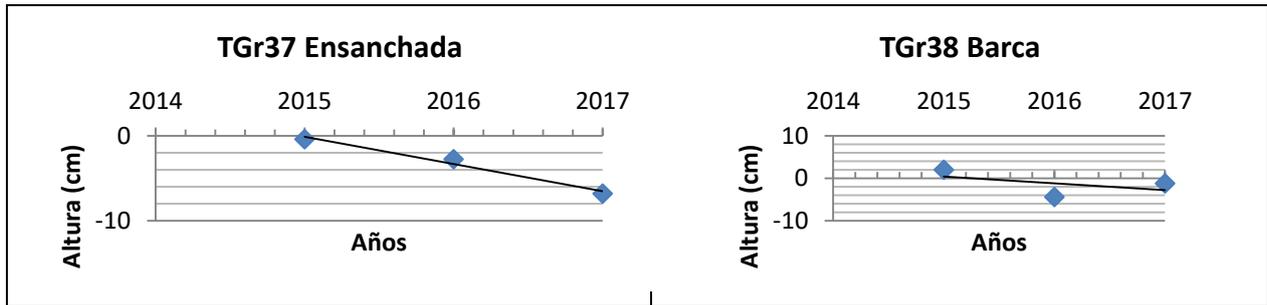


Figura 54. Balance sedimentario de las estaciones individuales

En algunas de las gráficas se aprecia que algunos datos no se ajustan a la recta, pero aún así reflejan la tendencia en cada estación. En las estaciones al norte del puerto se está produciendo una progresiva pérdida de arena, a excepción de la TGr32, dónde se registra una acumulación. Esta estación es la más alejada al norte del puerto, fuera de la influencia de la zona de rebote de oleaje que sí parece estar afectando a las otras tres (TGr33, TGr08 y TGr05). Las estaciones al sur del puerto se comportan de forma más heterogénea: la TGr34 gana sedimento al estar en una zona aplacerada protegida por el puerto (es de naturaleza limosa, mucho más fino que en el resto de estaciones); la TGr22 se mantiene de forma casi estacionaria (está fuera de la zona de influencia directa del puerto, pasada Montaña Roja, en una zona protegida de los vientos predominantes pero con fuerte dinámica marina; y el resto de estaciones del sur (TGr13, TGr37, TGr38 y TGr20) que pierden arena. Este hecho debe ser tenido en cuenta de cara a la reposición de arenas.



Figura 55. Estaca decimetrada y pizarra indicadora del número de estaca para la toma de foto

3.4.7 Alteraciones batimétricas

Según los estudios de dinámica litoral realizados por el IH Cantabria (2011) se prevé que la construcción del puerto altere los flujos en dicha zona, surgiendo zonas de acumulación de sedimento al mermar la velocidad de la corriente, y otras donde se perderán por acelerarse ésta. Además del análisis del balance sedimentario –limitado a unas cuantas estaciones–, se ha optado por obtener una idea grosera de toda la zona mediante el empleo de telemetría.

El GPIT preparó un algoritmo específico para interpretar la batimetría a partir de imágenes del satélite WorldView2. La precisión que ofrece este método es limitada (aprox. >2 m) y no abarca más allá de los 20-25 m de profundidad. Su empleo requiere que las imágenes sean tomadas en condiciones óptimas, sin nubosidad ni demasiada reverberación. A pesar de su escala gruesa y limitada, la telemetría permite analizar la situación a lo largo de toda la costa, contando con medidas *in situ* para calibrar y extrapolar la información a toda el área de estudio (Figura 56).

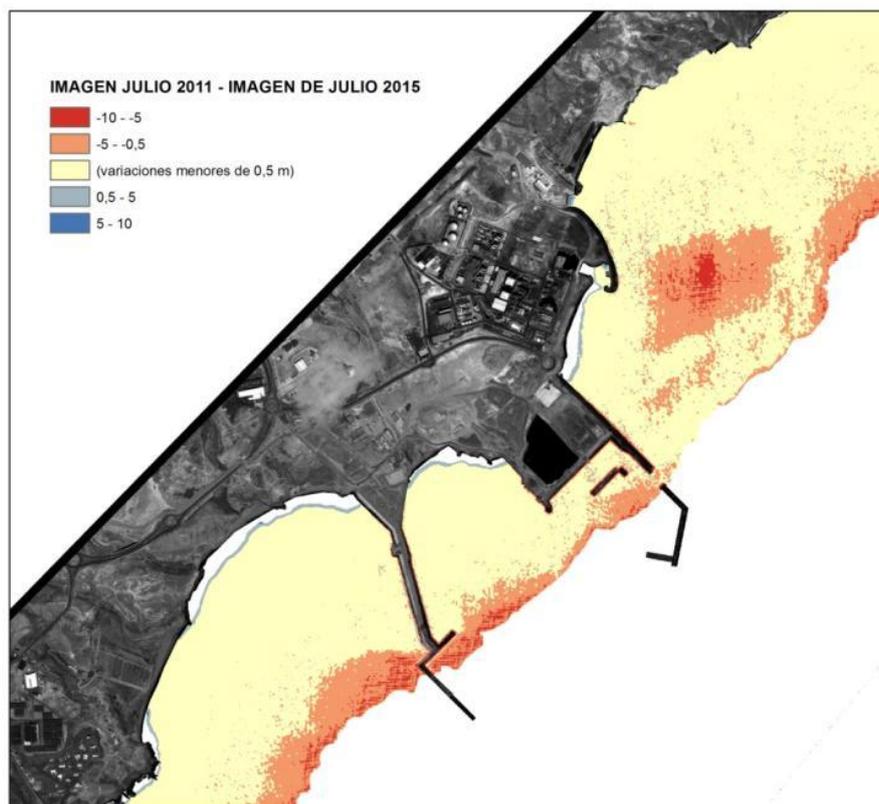


Figura 56. Diferencias batimétricas (> -2 m) entre 2011 y 2015

El análisis comparado entre los fondos de 2011 y 2015 refleja pérdidas en el sector previo al puerto, tal como predecían los modelos (mayor agitación del oleaje), pero no se aprecian acumulaciones importantes al sur, frente a montaña Pelada (dique de abrigo entonces a medio construir). Las otras pérdidas detectadas corresponden al talud, donde la dinámica es más viva



que en las zonas aplaceradas. Lamentablemente, las imágenes tomadas en 2016 y 2017 no ofrecen calidad suficiente para su análisis (mucho oleaje, turbidez o reverberación).

3.4.8 Basculamiento de las playas

El PVA de Granadilla presta especial atención al seguimiento del cambio de línea de las playas a sotavento del futuro puerto, ya que se prevé su basculamiento, aunque ello no tenga mayor relevancia ecológica. El OAG analiza desde julio de 2011 (antes de las obras) y con periodicidad ahora bimensual el canal pancromático (resolución de 50 cm) de las imágenes de satélite WorldView2. La línea de playa de la imagen de referencia (31 de julio 2011) se representa sobre las fotos en color rojo, y corresponde a una marea de +1,96 m.

Para analizar el basculamiento de la línea de playa hay que tener en consideración el efecto de la marea. En el Anexo 5.3 se incluyen los datos que corresponden al momento en que fueron tomadas las imágenes por el satélite. Al comparar, por ejemplo, imágenes de la playa de Los Tarajales tomadas con un desnivel de 0,9 m a marea baja (8-3-2014) y marea alta (15-3-2014) se aprecia un retroceso de las aguas en la playa de 17 m perpendiculares a su eje. Estos desplazamientos naturales los expresamos en valor absoluto por metro de desnivel de marea medido a mitad de playa. Obviamente, para hacer cualquier medición comparada es necesario contar con imágenes en las que la marea alta sea igual o lo más próxima a 1,96 m, que es la que había cuando se estableció el punto referencia (línea de costa dibujada en rojo). Para el presente informe se escogieron las imágenes del 22 de noviembre de 2017, con una marea de +1 m (Tabla 13).

Tabla 13. Retranqueo de la línea de playa por metro de desnivel de marea y evolución de su desplazamiento neto en los extremos sur y norte registrados el 2 de febrero 2013, el 2 de septiembre 2014, el 1 de julio 2015, el 1 de agosto 2016 y el 22 de noviembre 2017

Nombre de la playa	Variación por metro de marea	Extremo Sur (metros)					Extremo Norte (metros)				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Los Tarajales	18,9 m	+5	+3	+11	-4,56	7	+1	+0	8	-4,56	8
La Caleta	7,9 m	-20	-13	-16	-18,73	-20	+11	+17	+20	+17,7	23
El Medio	7,3 m	-11	-17	-21	-14,0	-10	+23	+44	+52	+49,53	62
Punta del Vidrio	7,3 m	-15	-36	-54	-63,42	-69	+20	+51	+57	+53,72	59
La Pelada	29,3 m	+9	+13	+24	+15,1	+23	+9	+13	+24	+6,5	+30
La Jaquita	87,73 m	+11	+17	-22	±	±	+11	+25	+20	±	±
El Médano	33,3 m	+7	+12	±	±	±	+2	+6	±	±	±
La Tejita	18,1 m	-16	+28	-12	±	±	+4	-7	+23	±	±

Se produce basculamiento cuando los desplazamientos en los extremos de las playas son de signo contrario; es decir, un retranqueo en el extremo sur y un avance en el extremo norte. El basculamiento empieza a ser notable cuando su valor supera al desplazamiento medio por metro de marea, ya que cada playa tiene su peculiar pendiente y dinámica. La Pelada es una

playa demasiado estrecha (50 m) para que pueda bascular, y los basculamientos de las playas más al sur, desde La Jaquita hasta La Tejita, son atribuibles a las fluctuaciones normales impuestas por el clima marítimo, a veces diarias y a veces con sesgo estacional (algunos datos de 2014 se revisaron y han corregido).



Figura 57. Playas de los Tarajales (arriba) y La Caleta (abajo) a 22 de noviembre de 2017



Figura 58. Playas del Medio (arriba) y Tanque del Vidrio (abajo) a 22 de noviembre de 2017



Figura 59. Playas de La Pelada (arriba) y la Jaquita (abajo) a 22 de noviembre de 2017

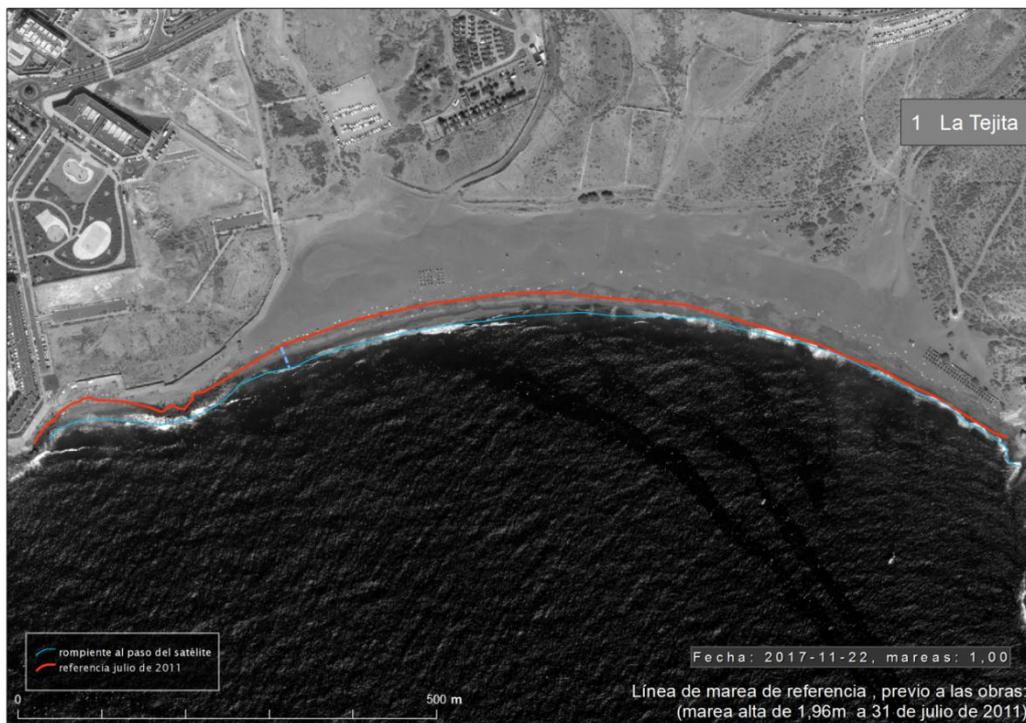


Figura 60. Playas de El Médano y La Tejita el 22 de noviembre de 2017

Las tres playas que han basculado con intensidad son las que estaban previstas y se encuentran al suroeste, a continuación de las obras de abrigo: La Caleta (Figura 57), El Medio y Punta del Vidrio (Figura 58). La línea roja en las fotografías representa la línea de playa original, antes del comienzo de las obras del puerto. La línea azul sigue la línea de playa actual.

3.4.9 Batimetría y perfil de las playas

El OAG ha contratado externamente los trabajos de levantamiento topográficos y perfiles de las cuatro playas de mayor interés que, a partir de 2017 son objeto de particular seguimiento: La Pelada, La Jaquita, El Médano y La Tejita.

El oportuno concurso público fue adjudicado a la empresa *PROMAR 2007 Investigaciones Marinas* (por tres años) que realizó levantamientos batimétricos en marzo y en noviembre de 2017, y un levantamiento topográfico en noviembre. Las memorias generadas con todos sus planos se adjuntan en el CD de datos proporcionado con el presente informe.

Previo al comienzo de los trabajos, el OAG facilitó a PROMAR los perfiles realizados en las cuatro campañas iniciales llevadas a cabo por la empresa AEMON a petición de la Autoridad Portuaria (agosto 2004, enero 2005, octubre 2005 y febrero 2006). Dichos trabajos fueron realizados previamente a la ejecución del puerto de Granadilla con la intención de servir de referencia. Tras finalizar las obras se ha procedido a la comparación de los mismos con los perfiles actuales para detectar posibles alteraciones en las playas.

PROMAR, tras comprobar varios puntos de ambos perfiles de las playas, obtuvo diferencias en puntos fijos en los que no debería existir modificación alguna (paseo del Médano, por ejemplo) entre 5 y 20 cm, y comunican lo siguiente:

“Cuando se realizaron los perfiles aportados no existía modelo de ondulación del geoide para Canarias, por lo que partieron del vértice geodésico de Bocinegro con cotas ortométricas y métodos GPS, a partir de las bases colocadas (que no aparecen en los informes aportados) realizaron el levantamiento con la ayuda de una estación total.

En el caso de los trabajos realizados por nuestra parte se han utilizado métodos GNSS (Global Navigation Satellite System) con apoyo en la base de San Miguel y las cotas ortométricas se han obtenido con el actual modelo de ondulación del Geoide para Canarias, considerando que el método utilizado inicialmente no es el más adecuado se justifica la diferencia de cotas entre las dos mediciones, por lo que se propone que la comparación de los perfiles de la playa se haga a partir de los perfiles realizados a partir del año 2017”.

Por lo tanto, para poder realizar un comparativa lo más fiable posible de los perfiles antes y después de las obras, se han solicitado a la Autoridad Portuaria las coordenadas de ubicación de las estaciones bases utilizadas en su día por la empresa AEMON (las que Promar refiere en su informe). A día de hoy, no se nos ha remitido dicha información y tampoco se ha localizado nada que pueda ayudar en los informes disponibles de aquella época. Si finalmente no se logra concretar la ubicación de las estaciones, se emplearán los perfiles realizadas en noviembre de 2017 por PROMAR como punto de referencia de cara a su evolución futura.



3.5 Calidad del medio marino

Un objetivo usual en todo plan de vigilancia en el medio marino es el seguimiento de la calidad de las aguas para conocer en qué medida se ve afectada, y constatar su ulterior evolución. El término de calidad refiere en el caso de Granadilla tanto a las condiciones ecológicas (con la naturaleza en mente) como a las ambientales (con el bienestar humano como objetivo). En el primer sentido, revisten especial importancia las aguas que discurren por efecto de la corriente hacia la zec Sebadales del Sur de Tenerife, situado a 1,8 km hacia el sur.

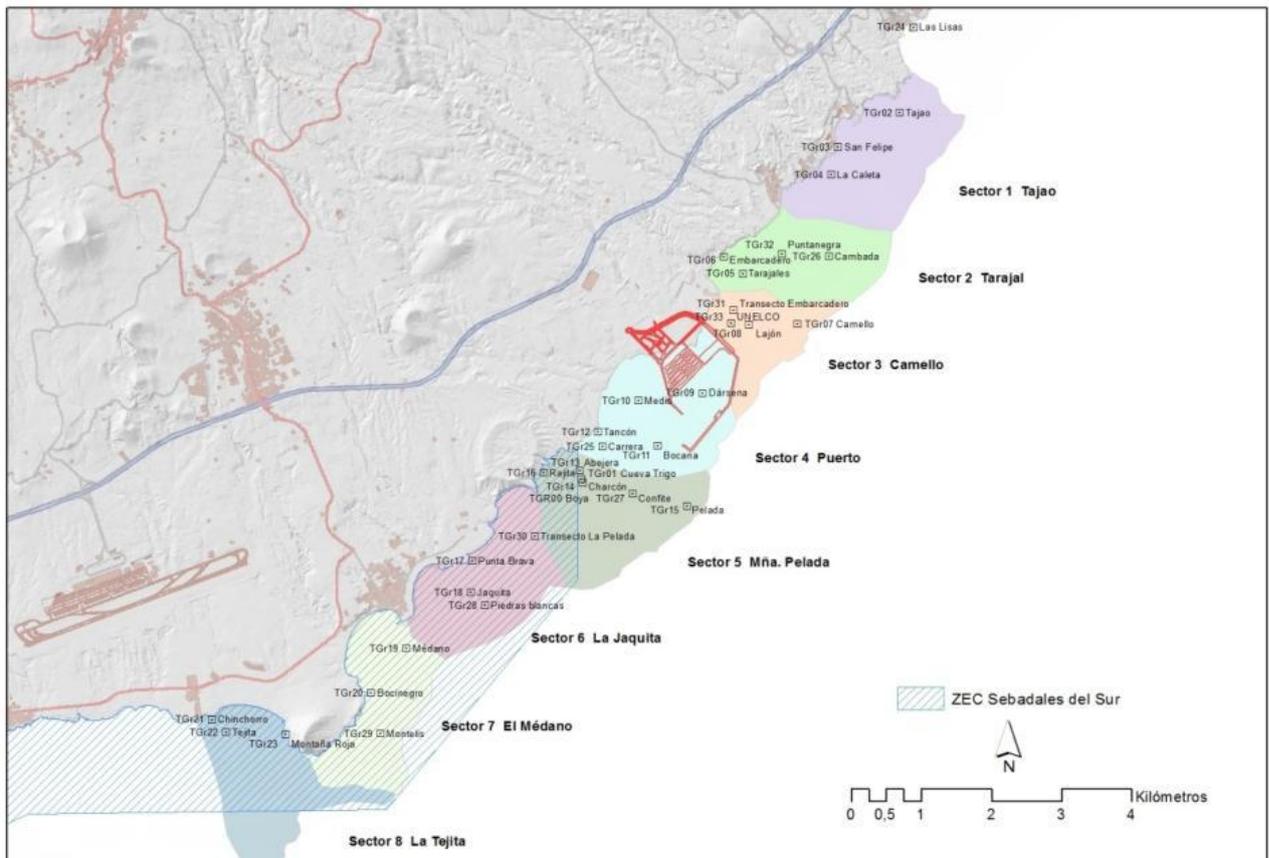


Figura 61. Sectores y estaciones de muestreo de aguas y boya oceanográfica del OAG

El OAG ha sectorizado la costa de Granadilla en una extensión de 13 km, estableciendo estaciones de muestreo en cada sector ambiental. Los datos oceanográficos se miden cada mes con sonda multiparamétrica; la analítica química se realiza con carácter trimestral, y la de contaminación microbiológica que se venía haciendo anualmente en toda la costa se ha modificado con el nuevo plan de vigilancia en fase operativa a periodicidad mensual en las dos estaciones más próximas al puerto (TGr09 y TGr10). Destacar que a partir de enero de 2017 y con motivo de la entrada en vigor de la fase operativa, los muestreos de los parámetros químicos de las aguas se han pasado a realizar en tres cotas (superficie, intermedio y fondo). Anteriormente se venían realizando en superficie y fondo (Figura 61).

3.5.1 Parámetros oceanográficos

La página web del OAG dispone de visores pareados que permiten seleccionar la estación y el parámetro, y así comparar su evolución en el tiempo (también definible). En un CD anexo a este informe se incluyen las tablas con los valores obtenidos en 2017, así como copia de las analíticas recibidas de los laboratorios. Se comenta aquí lo más destacado.

En las Tabla 14 y Tabla 15 se resumen los trabajos de las campañas realizadas en 2016 y 2017 y los valores oceanográficos medidos (máxima, mínima y media) comparados con los de la situación previa a las obras.

Tabla 14. Campañas de muestreo

Campañas 2016	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	4	11	180	11	1.980
Muestreo de sedimentos	3	11	33	18	594
Sonda multiparamétrica	8	13x <5 prof.	550	10	5500
Captadores de sedimentos	4	9	72	3	216
Campañas 2017	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	4	10	240	17	4080
Muestreo de sedimentos	3	10	30	18	540
Sonda multiparamétrica	11	10x <5 prof.	550	10	5500
Captadores de sedimentos	4	9	72	3	216

Tabla 15. Valores oceanográficos

Año 2016	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	19,17	23,50	21,37	18,61 - 24,65
Salinidad m 6-12	Sonda	psu	36,02	38,25	37,21	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,95	8,47	8,17	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	96,4	104,6	101,26	-
Turbidez	Laboratorio	NTU	0	7,37	0,57	0 - 16,50
Año 2017	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	18,83	24,31	21,27	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	36,91	37,93	37,34	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,31	8,29	8,08	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	96,30	115,40	101,27	-
Turbidez	Laboratorio	NTU	0	1,70	0,08	0 - 16,50
Turbidez	Sonda	NTU	0	2,5	0,64	0 - 16,50



Temperatura: En nuestras latitudes, el “verano oceanográfico” se suele desplazar 2-3 meses con respecto al atmosférico. Las temperaturas máximas se alcanzan hacia finales de septiembre o inicio de octubre, y las mínimas en la segunda quincena de febrero. Este patrón se mantiene igual en todas las estaciones, siendo los registros muy homogéneos.

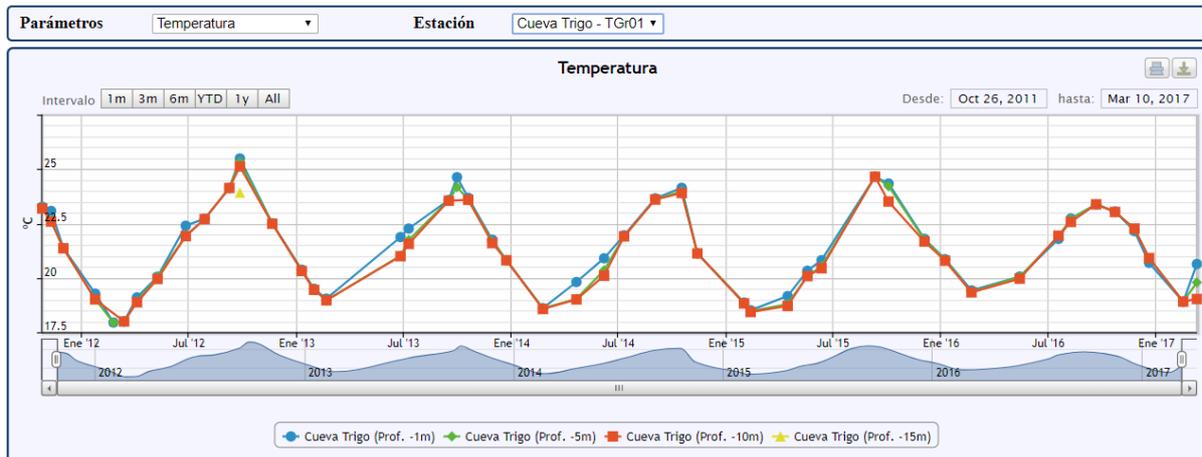


Figura 62. Evolución de la temperatura del agua en Cueva del Trigo (medición con sonda) 2011-2017

La temperatura media del agua en 2017 fue de 21,27 °C, frente a 21,37 °C en 2016, 20,9 °C en 2015; 21,55 °C en 2014, y 21,5°C en 2013. La temperatura máxima en 2017 fue de 24,31 °C y en 2016 fue de 23,50 °C. A diferencia de años anteriores (2016 y 2015) donde la máxima temperatura se registró en la estación TGr08 (Lajón), en 2017 se detectó en la TGr22 (Tejita). La temperatura mínima registrada fue de 18,83°C en marzo de 2017 en la TGr19. Respecto al 2016 se observa un ligero aumento en la amplitud térmica: 4,33 °C en 2016 frente a 5,48 °C en 2017.

Concentración de oxígeno: Los niveles de saturación de oxígeno fluctúan estacionalmente entre 96% y 115%, dentro de la ventana de óptimo vital para los organismos acuícolas (80-125%), con lo que el potencial redox se mantiene alto (>200 mv) (Figura 63).

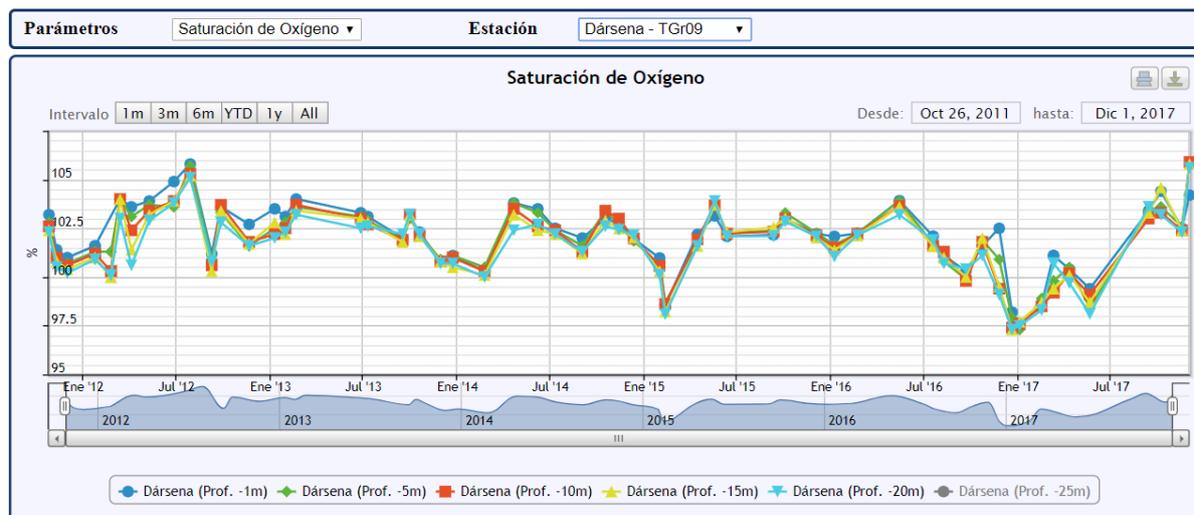
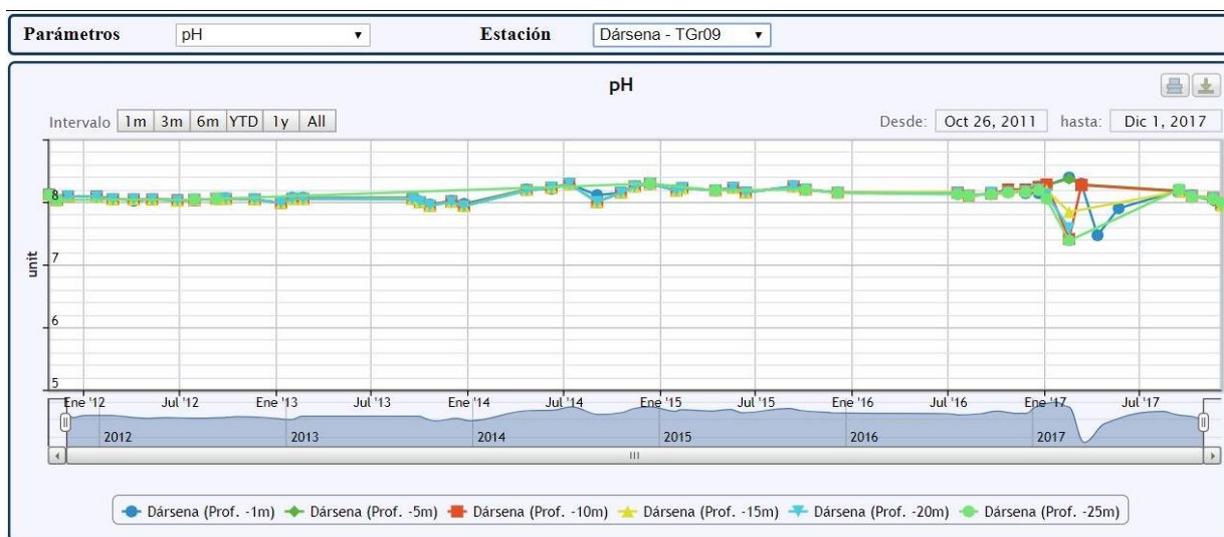


Figura 63. Concentración de oxígeno en la estación Dársena (TGr09) a cinco profundidades, (2012-2017)

Estos intervalos corresponden a aguas bien oxigenadas, con concentraciones en el rango de 4-7 ppm. Las concentraciones más bajas se dan en enero-febrero en correlación con las temperaturas más bajas. En ninguna estación se han detectado posibles situaciones de anoxia.

pH: El valor de pH en el agua oceánica es ligeramente alcalino (7,5-8,4) y disminuye si la temperatura aumenta, aproximándose a la acidez. El pH también varía en función de la salinidad, de la profundidad y de la actividad de los organismos vivos.

La media del pH en 2017 fue de 8,08, valores ligeramente inferiores a los recogidos en años anteriores (2014: 8,21; 2015: 8,20 y 2016: 8,17). Cabe destacar en la gráfica algunos errores en algunas mediciones realizadas, seguramente debido a una desestabilización del sensor (Figura 64).



**Figura 64. Registro del pH en La Dársena (TGr09) a seis profundidades (2012-2017).
Datos de los primeros meses de 2017 se consideran erróneos**

Salinidad: La salinidad del agua en los océanos varía entre 33 y 37 PSU (media mundial = 35 PSU), o a su equivalente de 45,5 y 50,4 mS/cm (media 38 mS/cm) expresado en conductividad a 20°C. Hasta mayo de 2014 el OAG venía midiendo la salinidad como conductividad en la boya oceanográfica, además de con la sonda multiparamétrica. Dada la uniformidad en los registros se descartó reponer los sensores de la boya que aguantaron hasta finales de 2014. También se observó en 2015 que los valores registrados con la sonda multiparamétrica son muy superiores a los que cabría esperar, denotando que también estos sensores habían agotado su vida útil. Se optó por sustituir los sensores por otros nuevos, más resistentes y luego, a mediados de 2016 se adquirió una nueva sonda Hydrolab HL4 que ofrece más fiabilidad y precisión. Se debe tener en cuenta que alguno de los datos obtenidos antes de junio de 2016 no son valores fiables, debido a errores del sensor.

Las cifras de salinidad fiables obtenidas son normales para aguas superficiales en Canarias (entre 36 y 37 PSU), lo mismo que el patrón que se ha venido repitiendo en todas las estaciones (incluso con las cifras excedidas): un ligero aumento en invierno y una caída equivalente en verano. En este lado del Atlántico el valor desciende en verano porque es la época en la que los



vientos alisios son más constantes, generan afloramiento de aguas frías menos salinas y se produce un gradiente de temperatura y salinidad este-oeste (Figura 65).

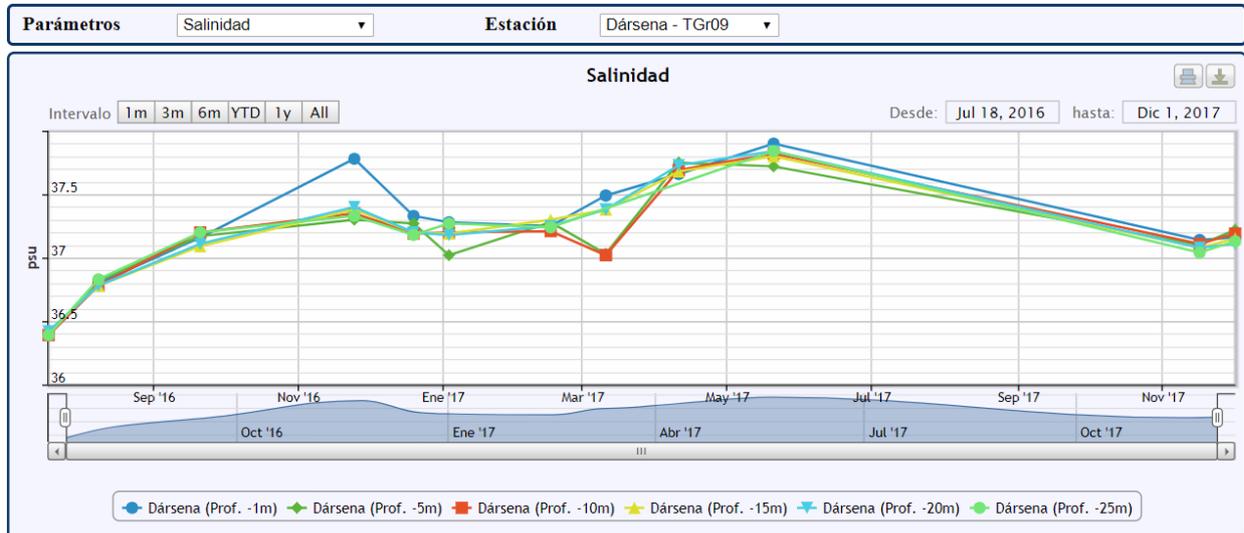


Figura 65. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a diciembre de 2017

Turbidez: El valor de referencia de turbidez para aguas limpias en Granadilla es de 0,8-1,9 NTU y que, al margen del aspecto estético, la calidad de agua se considera excelente si no aumenta más de 5 NTU, buena si no aumenta más de 10 NTU (estándares norteamericanos). Es por encima de valores de 50-100 NTU cuando cabría esperar efectos sobre la biota y solo en caso de prolongarse el fenómeno que la genera. Agua con 1,5-3,0 NTU se ve poco turbia, y entre 6,0 y 14,0 turbia, de color marrón a cierta distancia (Figura 66).

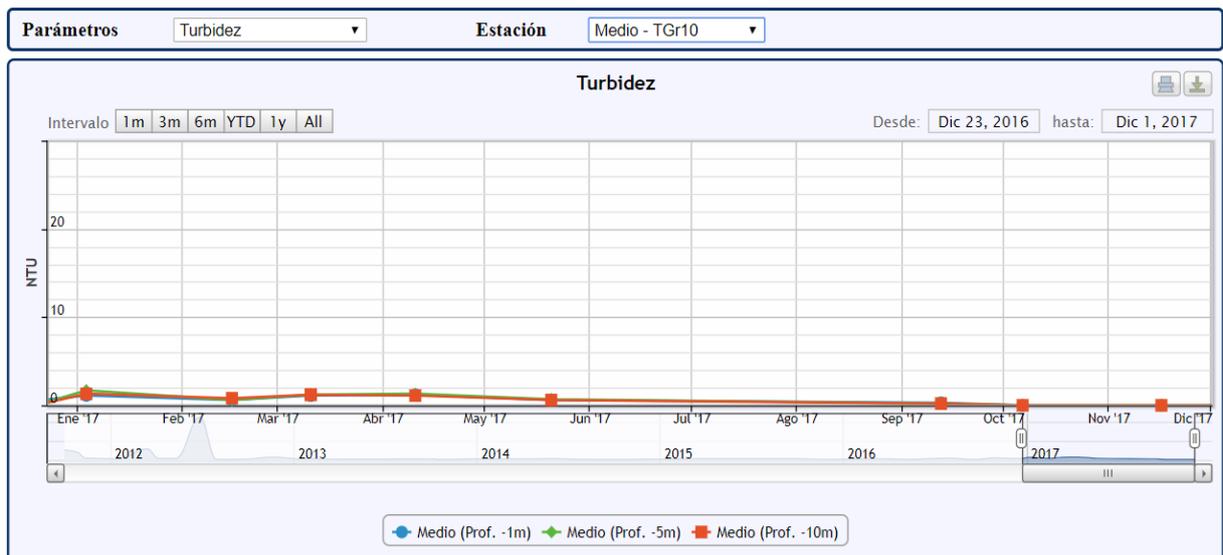


Figura 66. Turbidez (NTU) registrada en el 2017 con sonda multiparamétrica en la estación Medio-TGr10 (colindante al puerto)

Las mediciones con la sonda multiparamétrica se hacen normalmente con mar favorable para la navegación (escaso oleaje). Desde el final de la fase de obras (2016) se ha retirado de la boya el turbidímetro por lo que los datos de turbidez disponibles son los obtenidos por los registros mensuales de la sonda multiparamétrica.

La turbidez medida así es de 0,65 NTU, con máximos de 2,5 NTU, valores bastantes más bajos que los obtenidos en la fase de obra, como era previsible.

La turbidez medida en el laboratorio a partir de muestras de aguas son: mínima de 0 NTU, máximo de 1,70 NTU (en superficie en TGr04-La Caleta) y media de 0,08 NTU. En general, las aguas son claras.

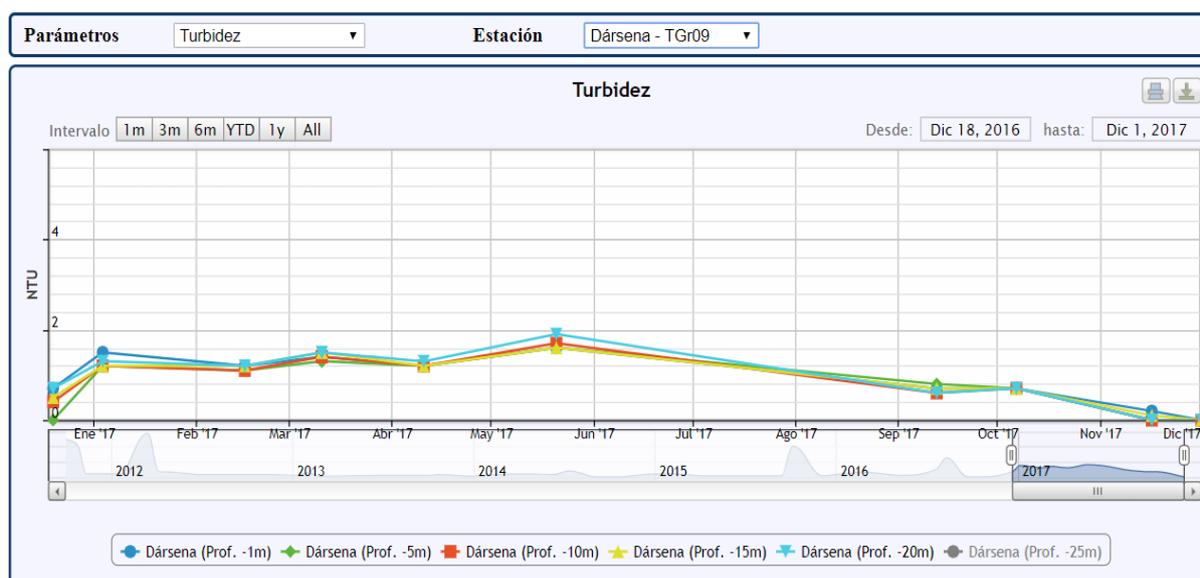


Figura 67. Turbidez (NTU) registrada en el 2017 en distintas profundidades con sonda multiparamétrica en la estación Dársena-TGr09 (en el interior del puerto)

Concentración de clorofila: la concentración de clorofila en las aguas es un indicador de la producción biológica de las algas, bacterias y otros organismos fotosintéticos, de la que, en definitiva, depende toda la vida marina. En Canarias, la concentración de clorofila en aguas abiertas es baja, del orden de 0,1-0,2 mg/m³, y es lo normal para aguas oligotróficas en estas latitudes del Atlántico. Solo en la proximidad de la costa y debido a los aportes terrígenos, o en zonas de afloramiento de aguas frías profundas ricas en nutrientes, se eleva esta concentración (0,3-0,4 mg/m³) (Tabla 16).

Tabla 16. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla

Clorofila a µg/l	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Valor máximo	0,54	0,54	0,68	0,68	0,68	0,62	0,56
Valor mínimo	0,06	0,05	0,26	0,15	0,22	0,32	0,11
Media	0,28	0,35	0,40	0,37	0,37	0,46	0,30



El valor medio de clorofila alcanzado en el ejercicio 2016 no se ha llegado a alcanzar en el 2017, lo que refleja quizá la menor acumulación de nutrientes en la zona. Estos valores precisos proceden de análisis de laboratorio. La medición de la clorofila con la sonda multiparamétrica manual o en la boya se descartó por imprecisa (difícil calibración y desajuste frecuente de los sensores).

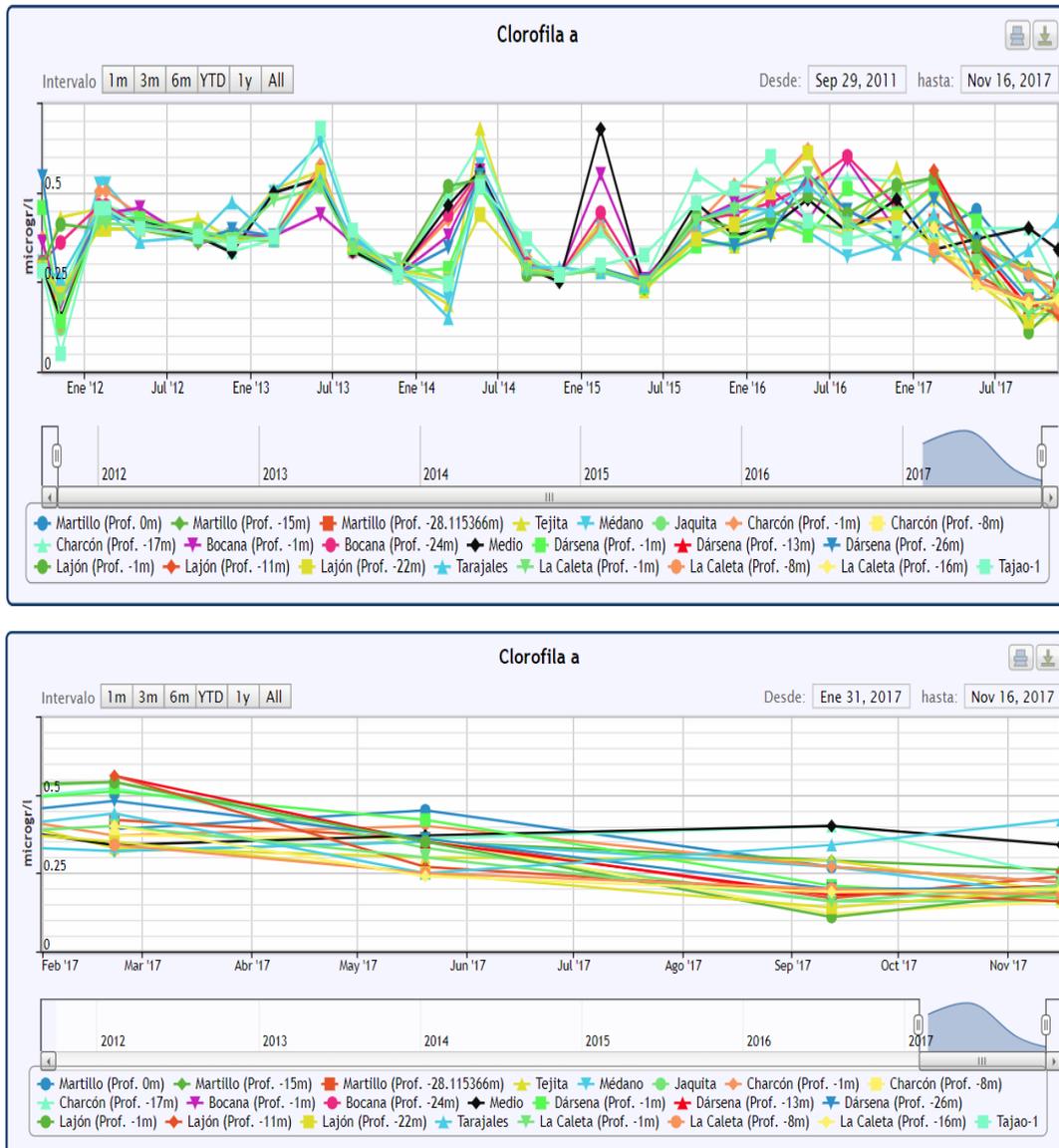


Figura 68. Arriba: evolución de la concentración de clorofila medida con sonda multiparamétrica entre 2011 y 2017 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2017

Cabe destacar en este año el descenso generalizado en todas las estaciones en las concentraciones de clorofila, a excepción de la TGr05 (Tarajales) que es la única que tiene un repunte de la concentración en los dos últimos trimestres. El vertido de materiales al mar con ocasión de las obras del puerto conlleva un aumento de los nutrientes que propicia una proliferación de fitoplancton y el consiguiente incremento de la concentración de clorofila.

Debido a la inexistencia de vertidos en el año 2017 no se han detectado picos atribuibles a este fenómeno (Figura 69).



Figura 69. Evolución 2011-2017 de la clorofila a en la estación Tejita (arriba), Dársena (medio) y Tarajales. Equivalencia 1 µg/l = 1 mg/m³ de clorofila a

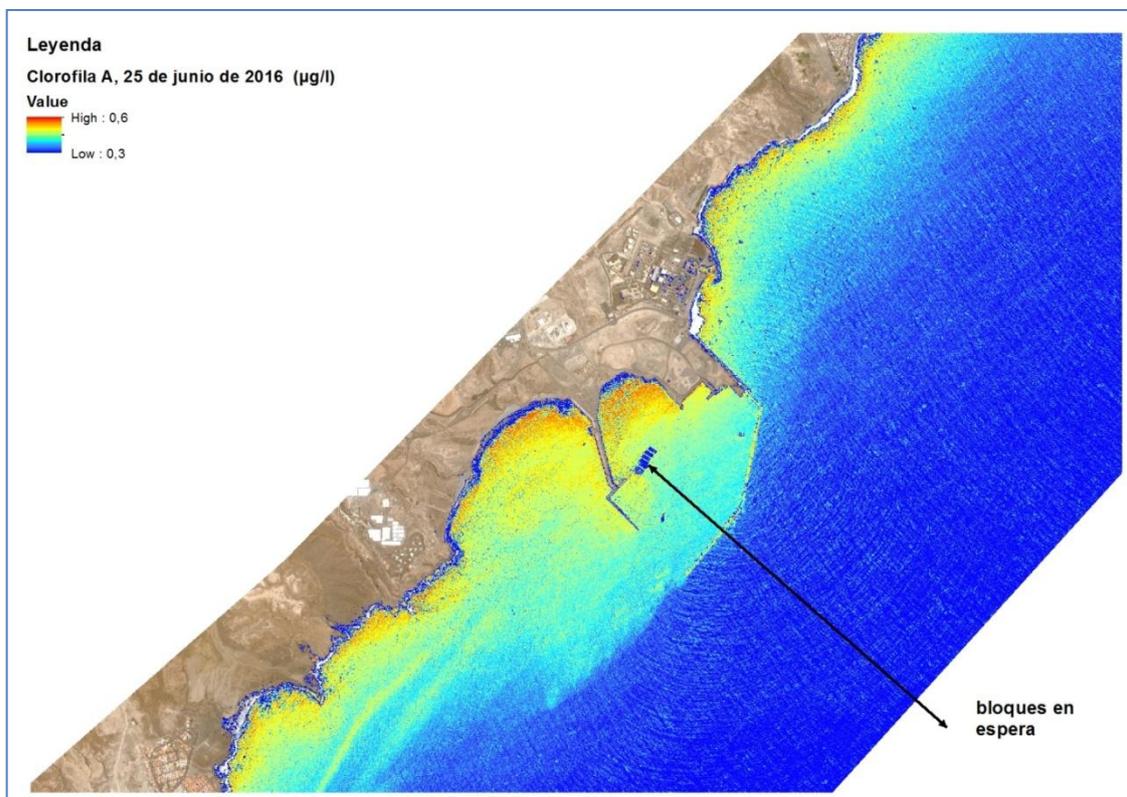
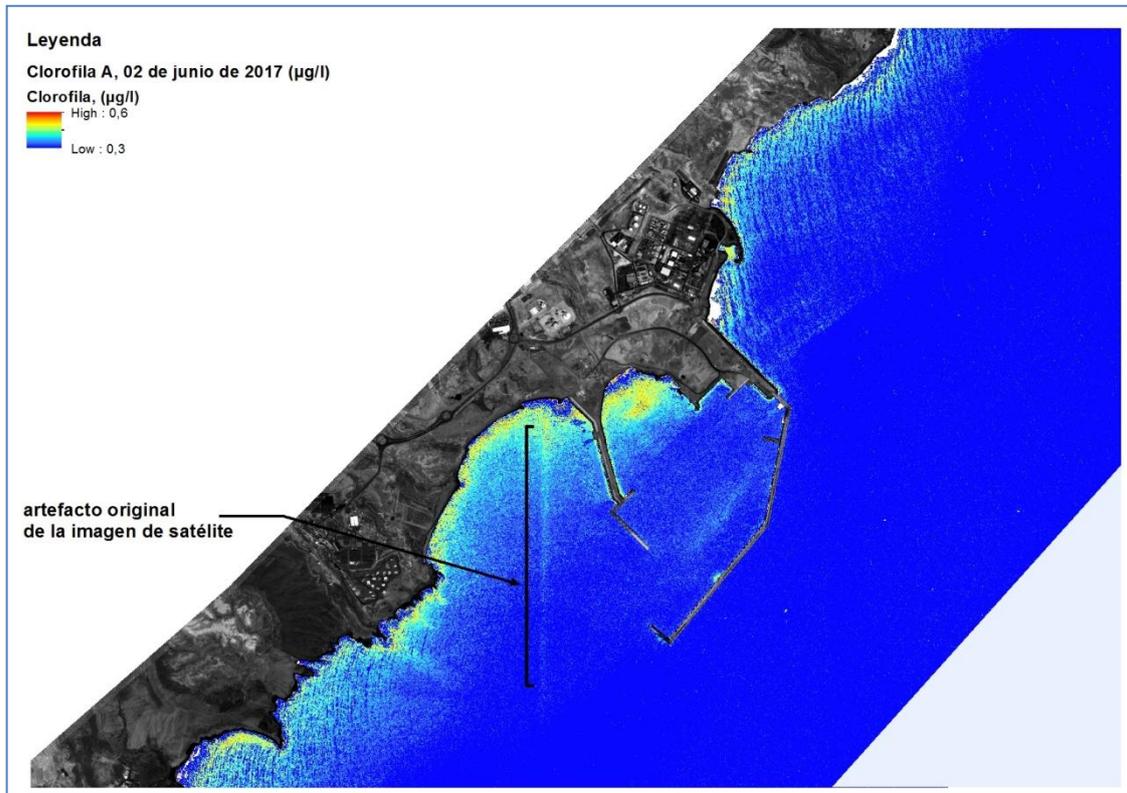


Figura 70. Distribución de la concentración de clorofila 2016 y 2017

La concentración de clorofila se sigue también por telemetría, junto con la de la CDOM (*Colored Dissolved Organic Matter*) o “sustancia amarilla”. Los mapas se elaboran del mismo modo que los de la turbidez, aplicando algoritmos específicos calibrados para la interpretación de las imágenes de satélite WorldView2-3. Los patrones de distribución que muestran las imágenes son prácticamente los mismos en ambos casos. Solo cuando la concentración CDOM es realmente alta, además de cambiar el color del agua, puede absorber la radiación solar en detrimento del fitoplancton o de la vegetación acuícola, pero en la costa de Granadilla no hay fuentes importantes de taninos.

Los registros de CDOM detectados son bajos y obedecen a la presencia de pigmentos fotosintéticos, comportándose como los de la clorofila o la TSM (*Total Suspended Matter*). Los mapas de CDOM no se incluyen en la página web del OAG salvo que coincidan con episodios relevantes (grandes riadas, etc.).

La imagen tomada en junio de 2017 (Figura 70) refleja una situación de alta concentración de clorofila especialmente en las áreas más pegadas a costa, coincidente con la distribución de la turbidez (que implica nutrientes), siendo máxima en zonas remansadas como en la zona más resguardada de la dársena del puerto. Respecto al 2016 se observa disminución en general de la concentración de clorofila debido quizás al menor aporte de nutrientes (aportes de material) en el año 2017.

3.5.2 Calidad del agua

El seguimiento de los parámetros químicos habituales y de los contaminantes orgánicos se hace mediante análisis trimestrales de muestras de agua en las diferentes estaciones.

A diferencia de años anteriores y debido a los requisitos de la ROM (Recomendaciones de obras marítimas), la Autoridad Portuaria solicitó al OAG la determinación en cinco estaciones de muestreo carácter trimestral (TGr04-La Caleta, TGr08-Lajón, TGr09-Medio, TGr14-Charcón y TGr40-Martillo), la determinación de los metales pesados arsénico, cromo, cobre y cinc. Así mismo, también se incorporaron los parámetros tolueno, PAHs, benceno y TBTs a medir con frecuencia anual.

Estos análisis adicionales se incorporaron al PVA de Granadilla por razones de logística y eficiencia (muestreo simultáneo) e, independientemente de que se incluyan en este informe, los resultados se facilitan por separado a la Autoridad Portuaria a los efectos oportunos.

Según las analíticas de referencia (2005) las aguas en Granadilla son oligotróficas, como ocurre por lo general en toda Canarias, con escasa presencia de nutrientes, bajos o nulos niveles de contaminación química y microbiológica, reflejando una composición normal en aguas en estado de conservación favorable.

Nitritos, nitratos y fosfatos: Las concentraciones de estas sales quedan por debajo del nivel de detección (0,1 mg/l para nitritos y fosfatos y 0,2 para nitratos) en todas las estaciones y para todos los cuatrimestres.

La persistente ausencia de fosfato en las analíticas –no se muestra la gráfica– cabría explicarla su rápido aprovechamiento por parte del fitoplancton. Esta circunstancia también se producía durante la fase de obras, cuando había aportes terrígenos, y lejos de suponer una contaminación, actúan como fertilizantes (Figura 71).



Figura 71. Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla y desde 2011 hasta 2017, inclusive

La materia en suspensión en 2017 presenta valores que van desde 1,1 mg/l a picos de 41,5 mg/l, bastante en línea con las concentraciones adoptadas como referencia (11-39 mg/l). Tal y como se ha visto en años anteriores, existe bastante variación según las estaciones. La media de materia en suspensión rompe la tónica ascendente de los últimos años: 19,66 mg/l en 2011; 23,4 mg/l en 2014; 24,22 mg/l en 2015; 27,60 mg/l en 2016 y 21,4 mg/l en 2017 (Figura 72).

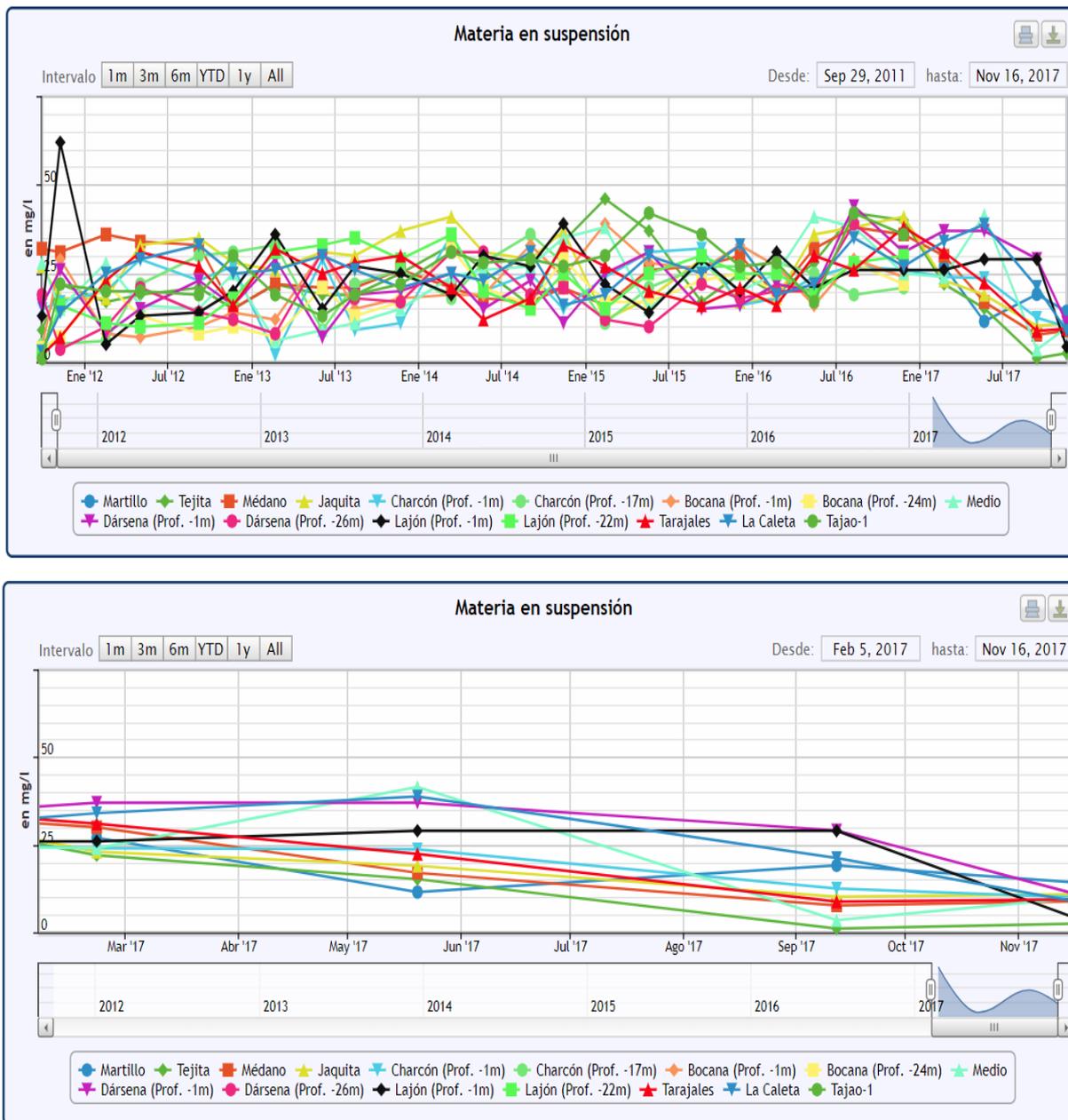


Figura 72. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2017 según las estaciones. Abajo: datos del 2017

Amonio. Este compuesto se ha mantenido ausente (< 0,1 mg/l) en todos los muestreos del año, lo cual es un buen indicador de que no se han generado zonas de anoxia ni contaminación amoniacal (Figura 73).

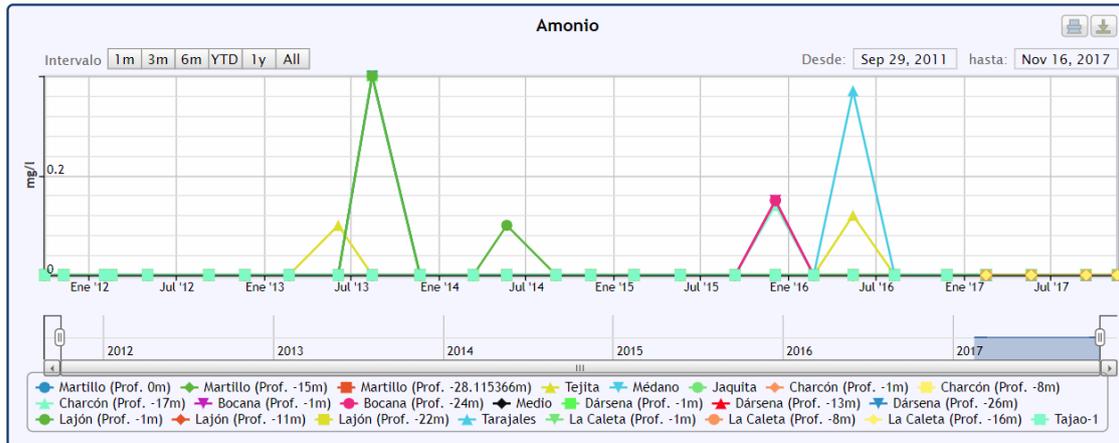


Figura 73. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2017)

Carbono orgánico total: sus concentraciones se mantienen en 2017 por debajo de 0,2 mg/l en todas las estaciones, y se continúa la misma tendencia descendente del 2016. Los bajos niveles indican ausencia de contaminación por aguas residuales u otra fuente de materia orgánica (Figura 74).

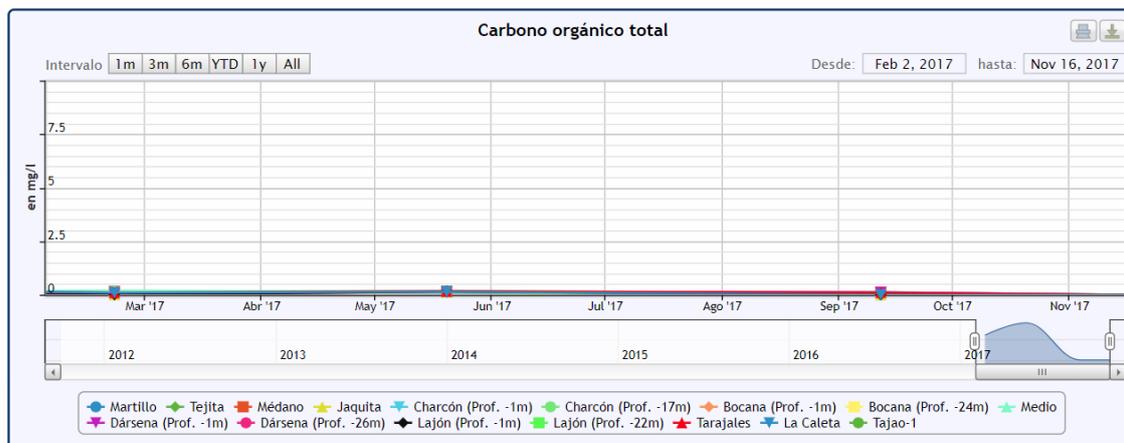
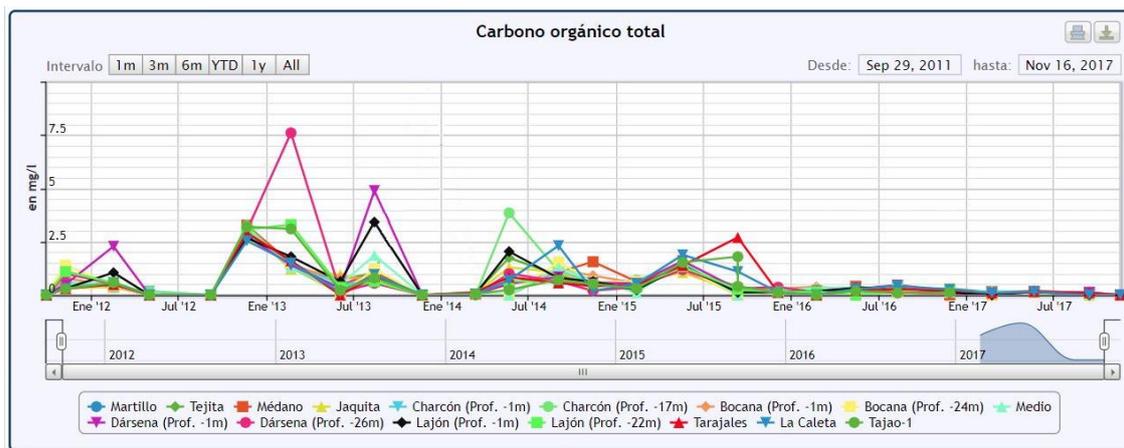


Figura 74. Carbono orgánico total. Arriba: evolución temporal 2011-2017. Abajo: datos del 2017

Aceites y grasas: los valores para todos los muestreos del año 2017 están por debajo del límite de detección de 5mg/l. En la gráfica se representa los valores por debajo de 5 mg/l como 0, ya que, este es el límite inferior de detección. Respecto a años anteriores, se observa un ligero descenso generalizado en todas las estaciones (Figura 75).

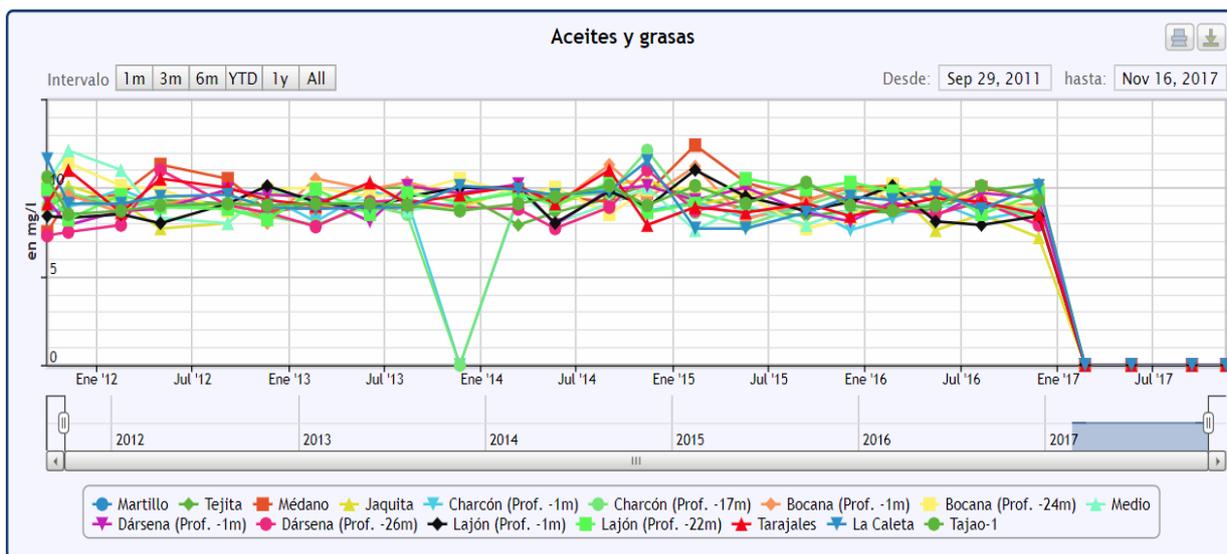


Figura 75. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2017)

Detergentes. En 2017 las concentraciones de detergentes son inferiores al límite de detección de 0,10 mg/l, e inferiores a los registrados en anualidades previas (Figura 76).

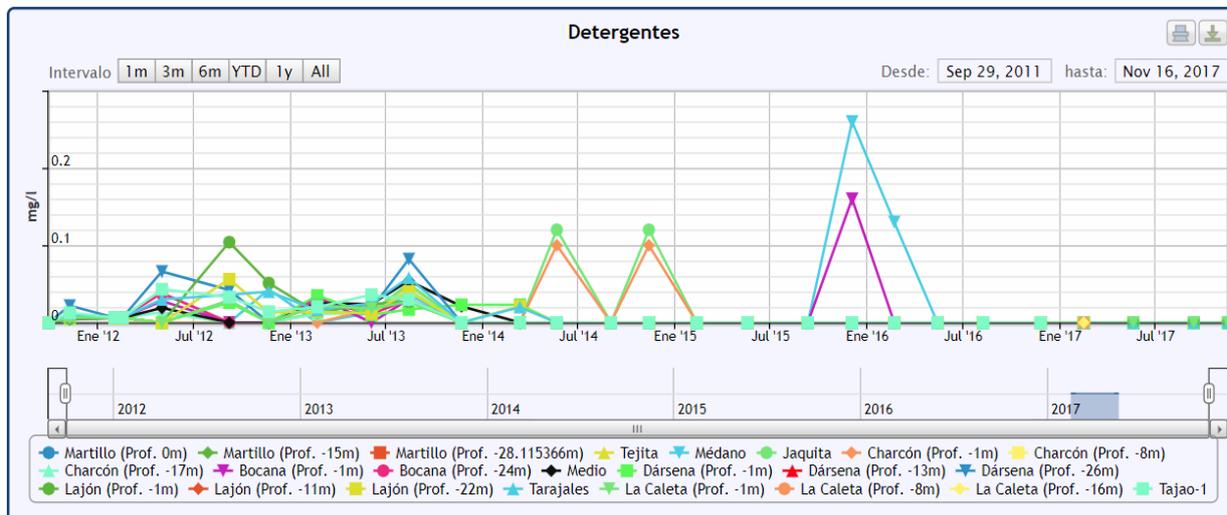


Figura 76. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2017)

Hidrocarburos totales: el valor máximo de referencia de hidrocarburos totales (2005) es de 870 µg/l. Dicho máximo no se ha alcanzado en ninguna estación durante el periodo de obras, incluido el presente ejercicio (2012-2017), con registros inferiores a < 160 µg/l.



Cabe destacar un error del laboratorio en los datos de los años 2015 y 2016 publicado en informes anteriores. Se había hecho mención a un descenso radical de los valores de hidrocarburos totales, debido a que no se había aplicado un factor de conversión. Una vez detectado y notificado dicho error al laboratorio se han corregido. Observamos valores máximos de 2015 de 157 µg/l, valor por debajo del valor de referencia. Destacar en 2015 un ligero aumento en la presencia de hidrocarburos totales que en los años 2016 y 2017 no es patente (Figura 77, Figura 78).

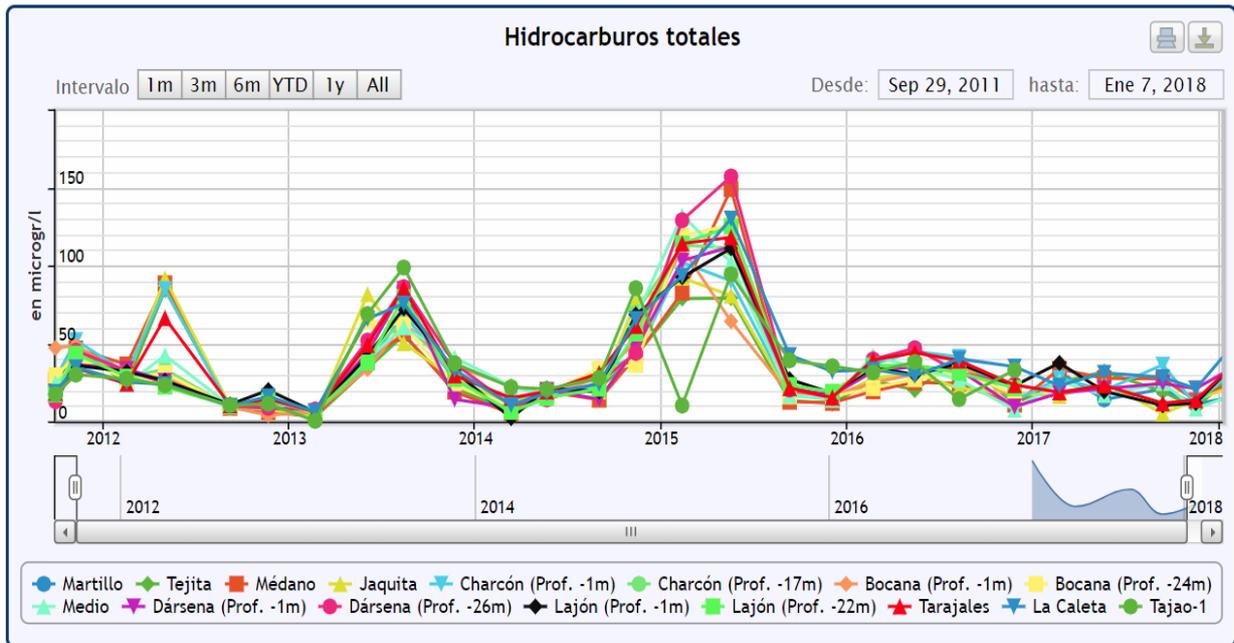


Figura 77. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2017 en la costa de Granadilla

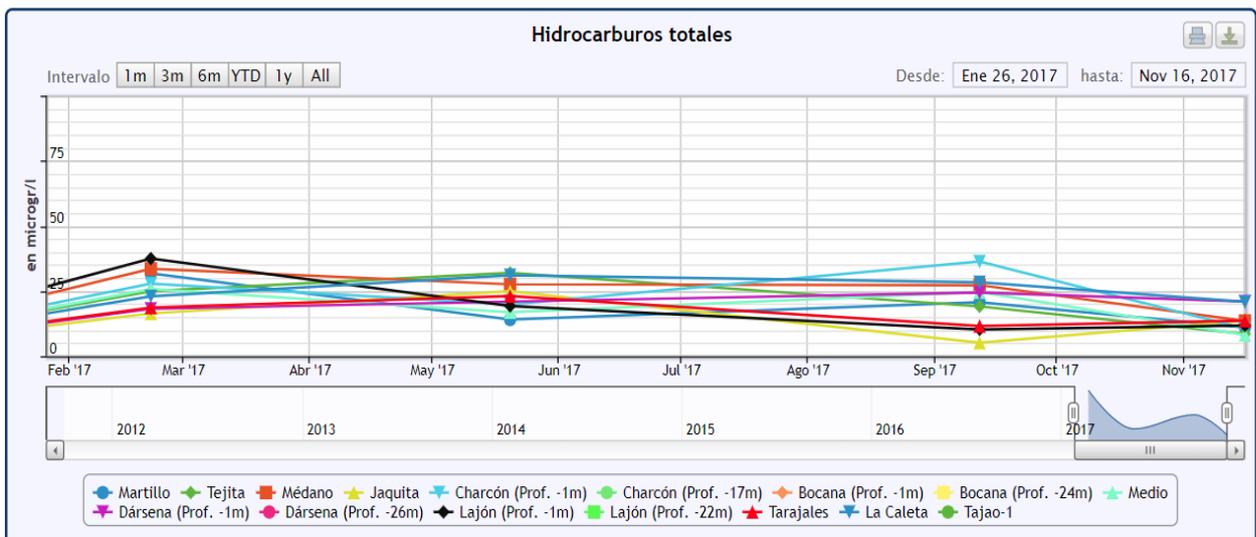


Figura 78. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el año 2017 trimestre a lo largo de la costa de Granadilla

Metales pesados (As, Cr, Zn, Cu), tolueno, PAHs, benceno y TBT: Para el arsénico, cromo, y cobre todos los valores están por debajo del límite de detección de 0,001mg/l, en lo que respecta al cinc se obtienen valores picos de 0,045 mg/l y valores medios de 0,025 mg/l. Si comparamos estas concentraciones de cinc con los valores recogidos en el anexo V del RD 817/2015 de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (ver Anexo 5.4) se observa que la media anual de este parámetro no supera los 0,06 mg/l = 60 µg/l recogidos en esta normativa (Figura 79).

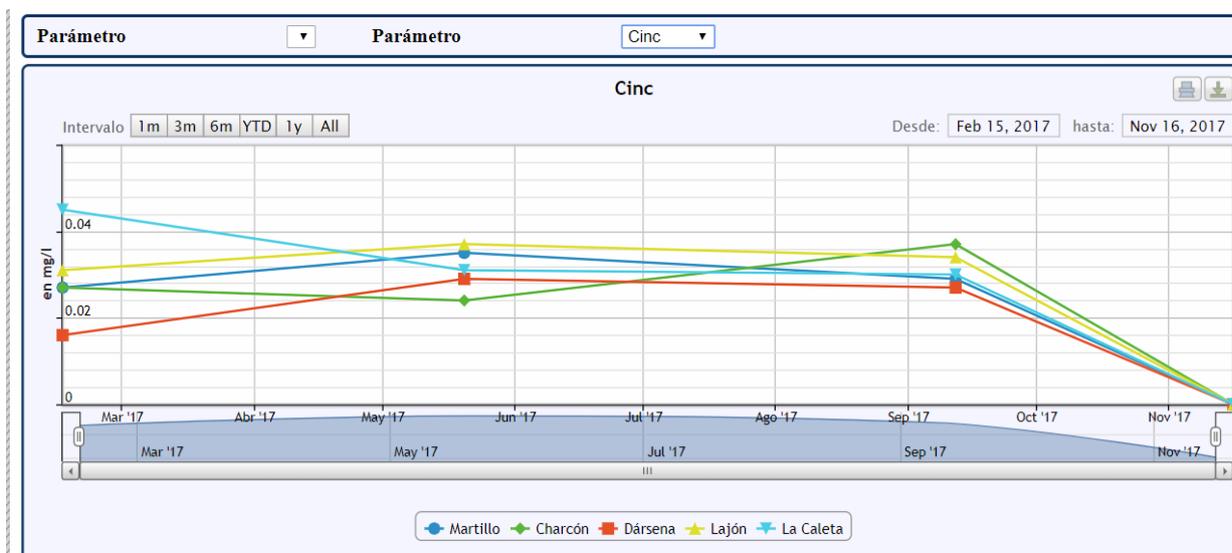


Figura 79. Distribución espacial de la concentración de Zn en agua en 2017 en las 5 estaciones muestreadas

En ninguno de los muestreos programados se detectaron concentraciones de tolueno, PAHs, benceno y TBT superiores al límite de detección del instrumental (0,001 µgr/l). Esto es indicativo de la ausencia de contaminación procedente de hidrocarburos o metales pesados, aunque esta situación podría cambiar en los próximos años debido al mayor tráfico marítimo.

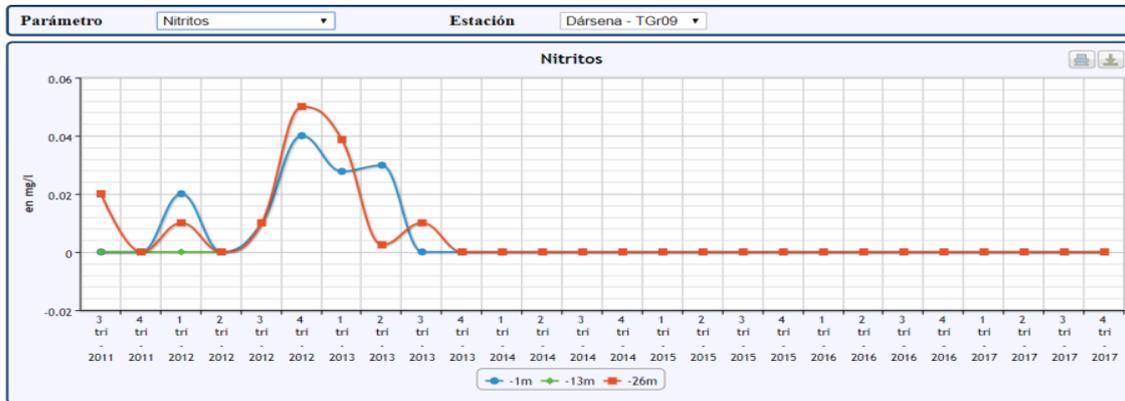
Cabe recordar el incidente puntual ocurrido el 4 de mayo de 2017 (ver apartado 3.2.7) cuando la dársena recibió una descarga aérea puntual de carbonilla procedente de la vecina central térmica de UNELCO. Se tomó una muestra de la carbonilla para analizar su composición y se emitió un informe de incidencia disponible en la web (OAG Inc_2017.2) a la vez que se contactó con UNELCO, quien informó el día 5 de mayo a la Viceconsejería de Medio ambiente de lo ocurrido. Al día siguiente las corrientes habían sacado dicha carbonilla de la dársena y el sábado las aguas ya se veían completamente limpias.

La muestra analizada en el laboratorio de InDrops, en Santiago de Compostela, reflejó la presencia 568 mg/kg de un conjunto de 16 PAHs: acenafteno; acenaftileno; antraceno; venzo-a-antraceno; venzo-b-fluoranteno; venzo-k-fluoranteno; venzo-g,h,i-perileno; venzo-a-pireno; criseno; dibenzo-a,h-antraceno; fluoranteno; fluoreno; indeno-1,2,3-c,d-pireno; naftaleno; fenantreno y pireno.

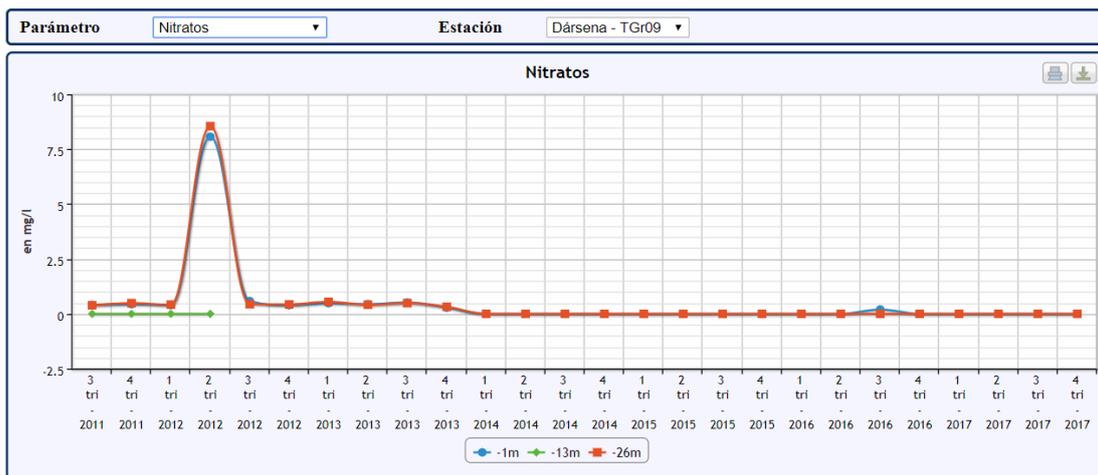


Las gráficas que siguen muestran la evolución temporal de todos los parámetros en la estación TGr09 situada en la dársena del puerto y sirven de resumen general (Figura 80).

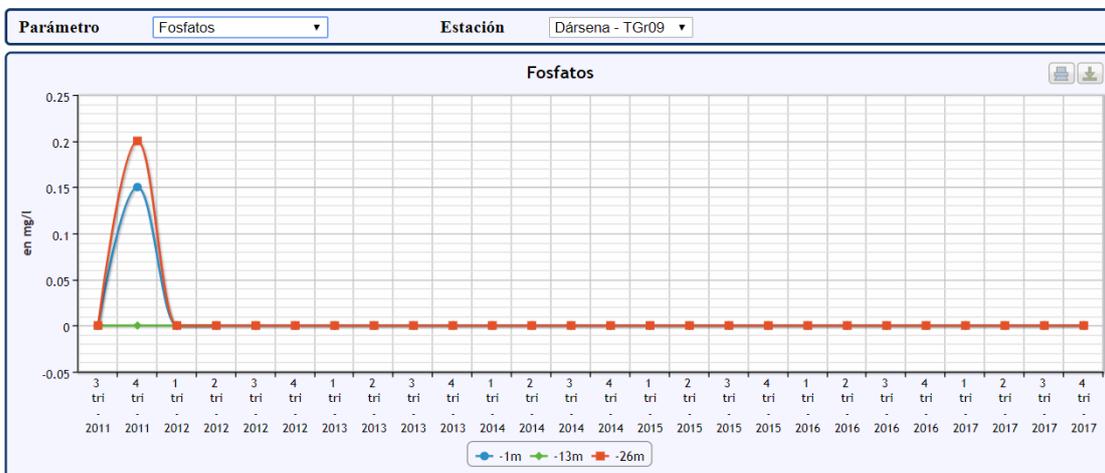
Nitritos



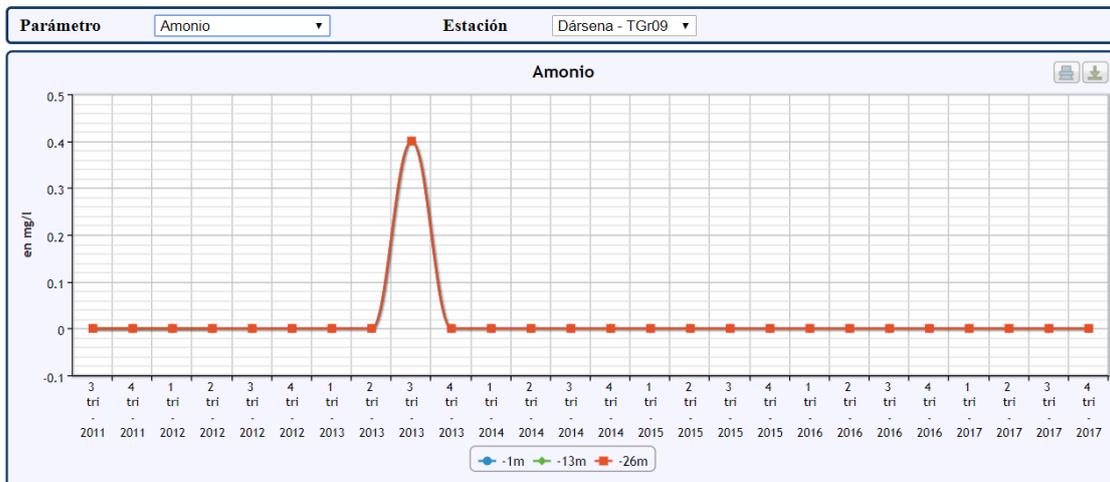
Nitratos



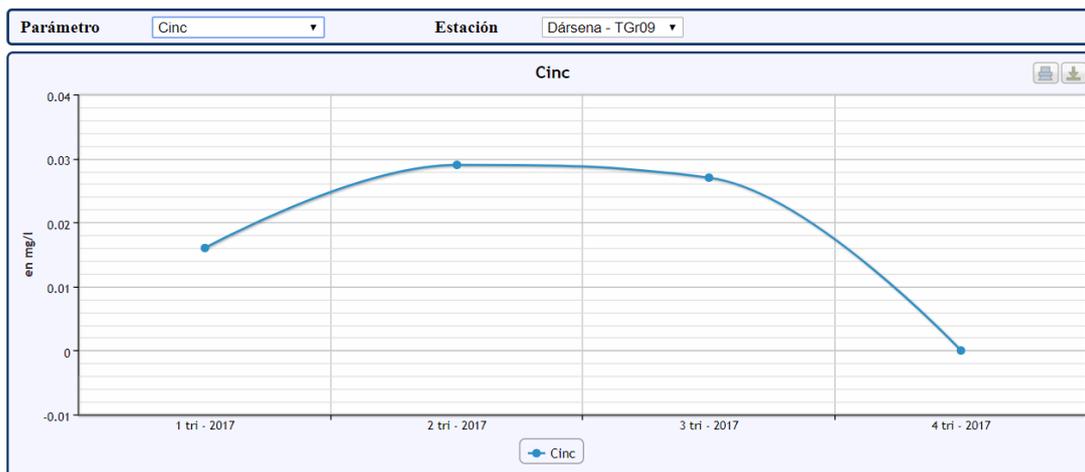
Fosfatos



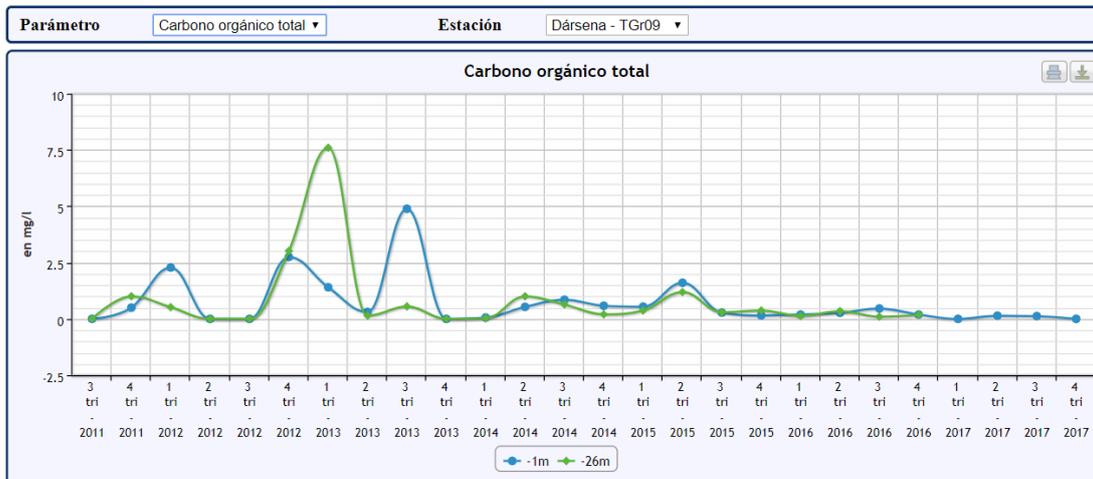
Amonio



Cinc

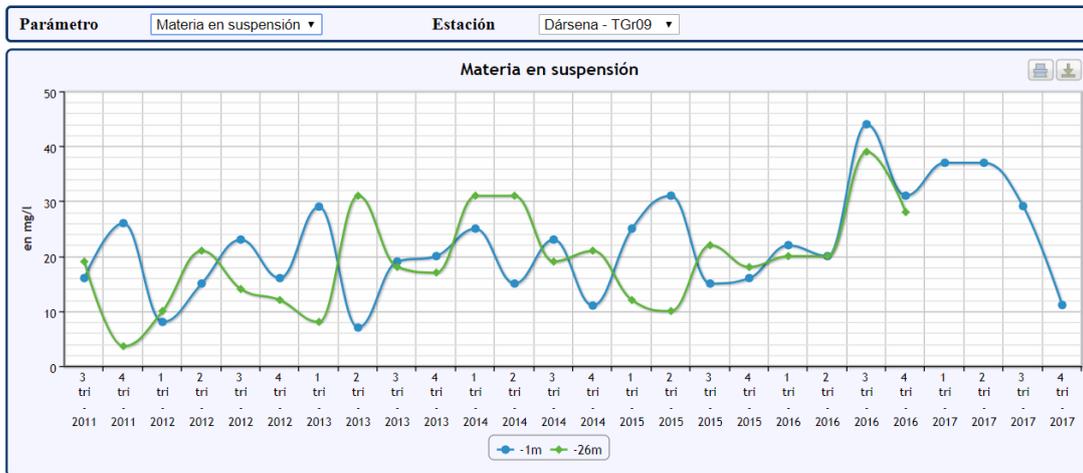


Carbono orgánico total

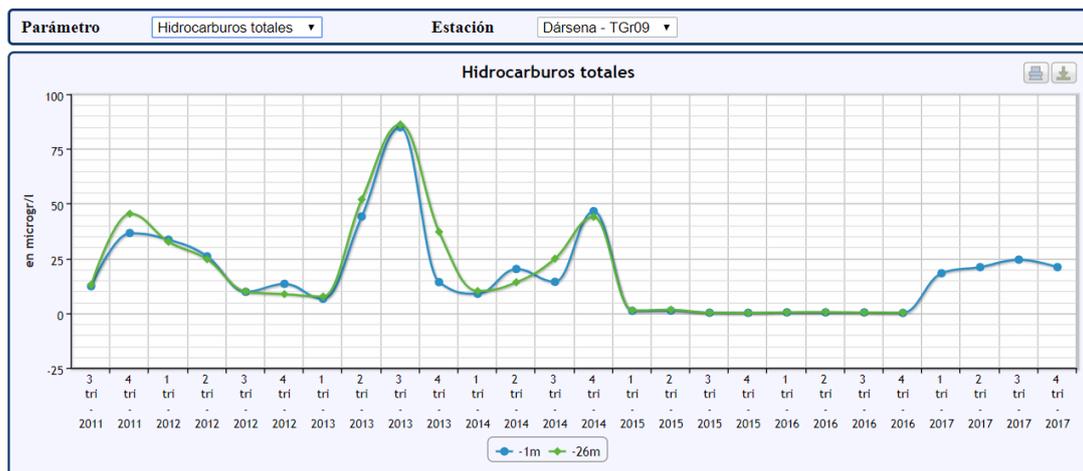




Materia en suspensión



Hidrocarburos totales



Aceites y grasas

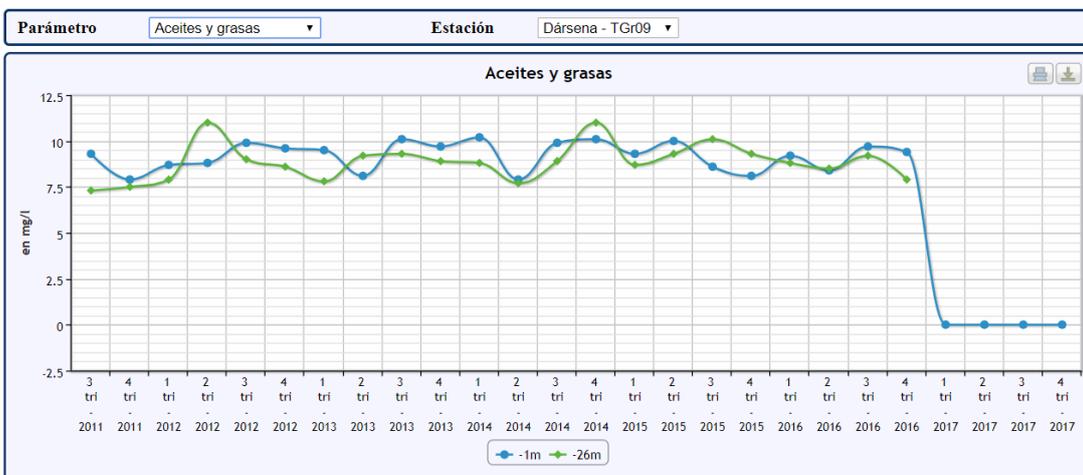


Figura 80. Evolución en 2017 de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 “Dársena”

3.5.3 Contaminación microbiológica

Desde años anteriores se llevaba a cabo un seguimiento de la concentración de enterobacilos en las aguas de baño de la zona. El PVA de Granadilla en fase de obras incluía muestreos en las aguas de baño que podían verse afectadas por la construcción. A partir de 2017 se reduce dicha determinación microbiológica a las dos estaciones más influenciadas por el puerto (TGr09-Dársena y TGr10-Medio). El muestreo incluye la monitorización anual de colibacilos totales y fecales y se realiza, a diferencia de cómo venía haciéndose anteriormente, con periodicidad mensual. En el 2017 se pudieron muestrear todo los meses a excepción de julio que no se pudo salir por mala mar (Figura 81).

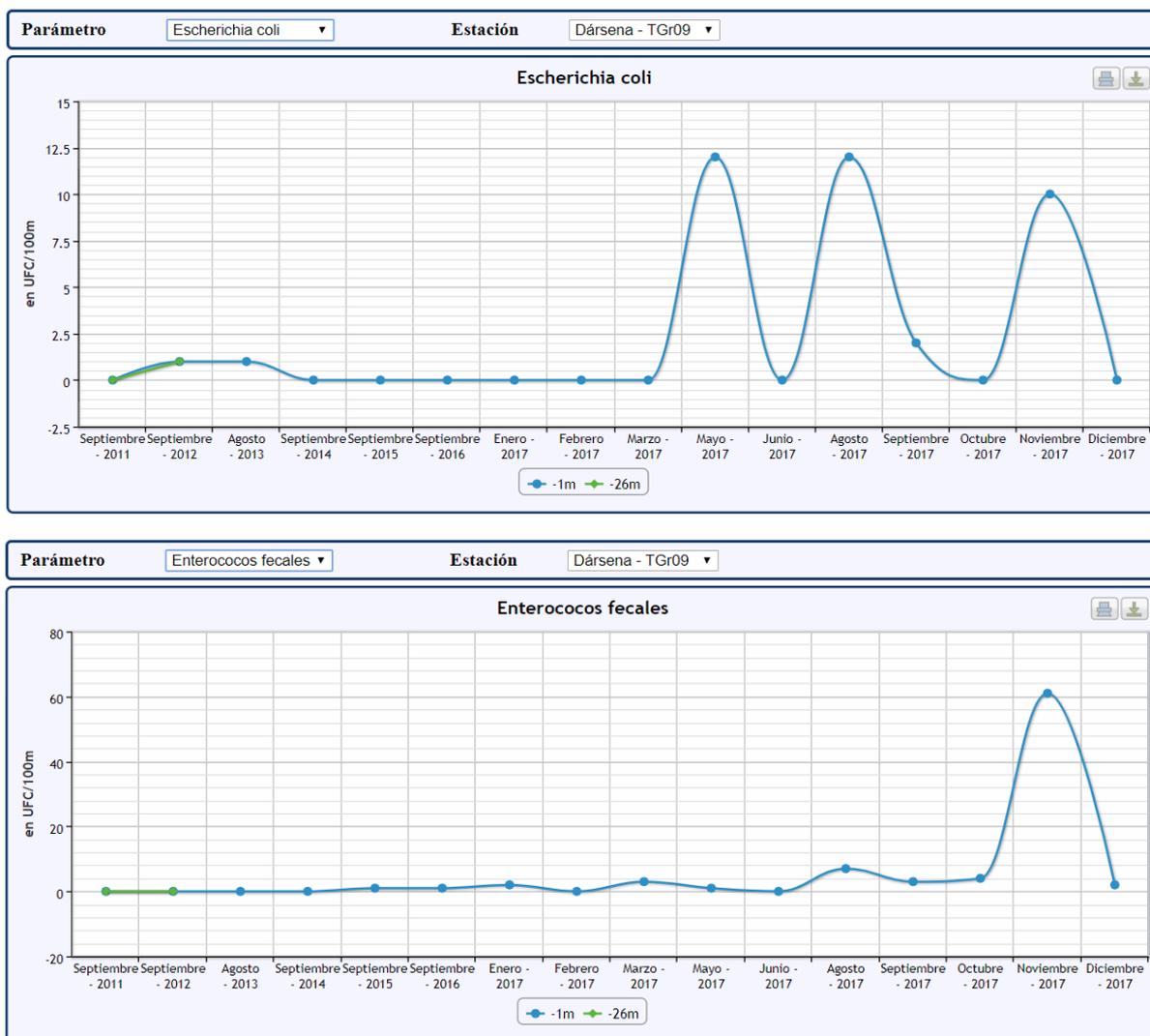


Figura 81. Evolución de concentraciones de *Escherichia coli* y de *Enterococos fecales* en la TGr09-Dársena

En aguas marinas libres y no contaminadas lo normal es la ausencia de enterobacilos, o concentraciones inferiores a 35 UFC/100. A efectos prácticos, no deberían registrarse concentraciones de enterococos superiores a 185 UFC/100 ml ni de *Escherichia coli* superiores a 500 UFC/100 ml (Directiva 2006/7/CE).

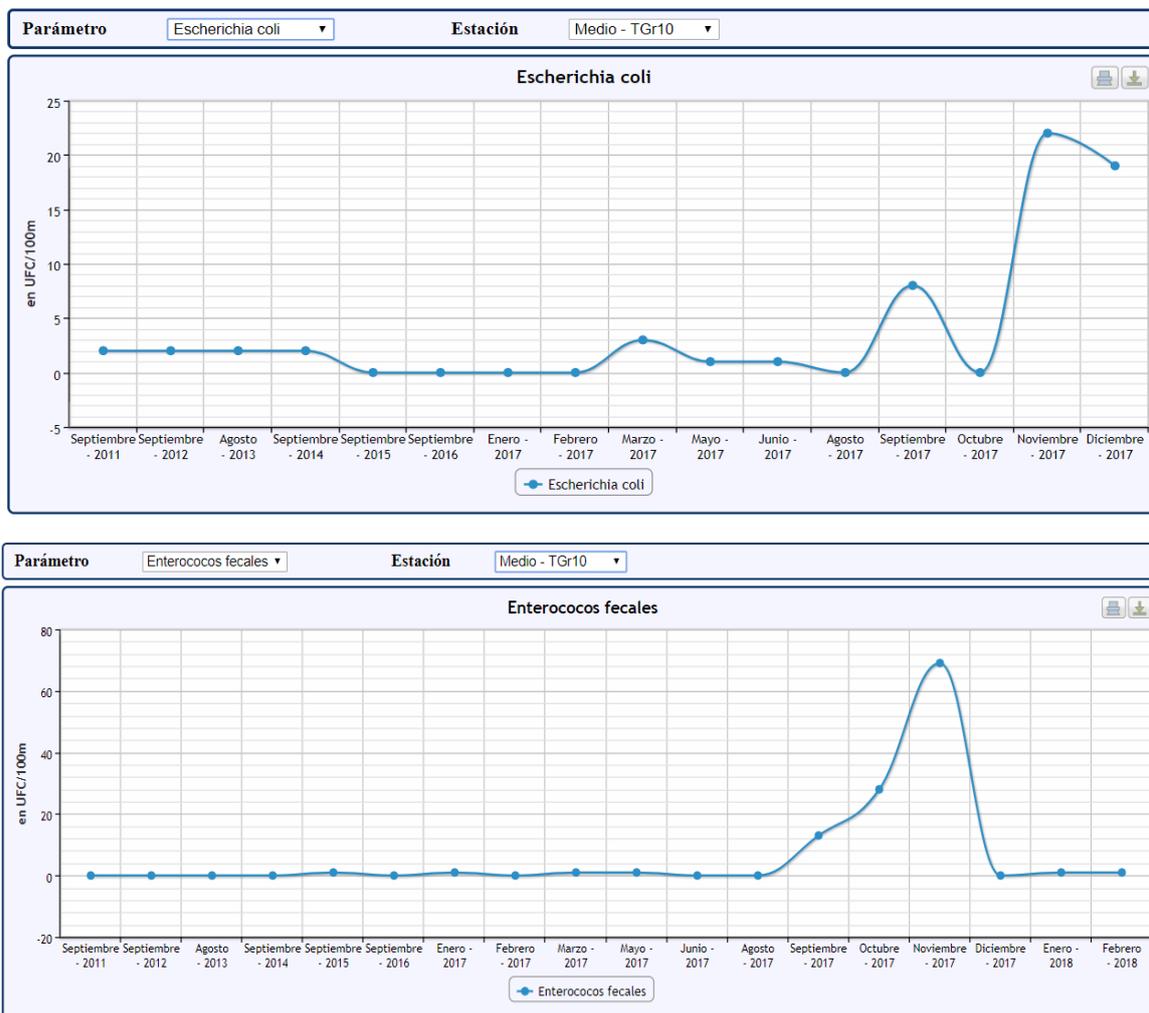


Figura 82. Evolución de concentraciones de *Escherichia coli* y de *Enterococos fecales* en la TGr10-Medio

En 2016 no se encontró contaminación microbiológica en ninguna de las estaciones. En noviembre de 2017 se han obtenido valores pico tanto para enterococos como para *E. coli* (69 UFC/100 y 22 UFC/100 ml respectivamente), sin alcanzar los límites de la normativa. No es previsible que estos picos se repitan a medida que el tráfico de embarcaciones aumente en el nuevo puerto, siempre que se cumpla el MARPOL y no se produzcan vertidos.

3.5.4 Calidad de los sedimentos

Además de monitorizar la tasa de sedimentación en los distintos sectores de la costa de Granadilla, el plan de vigilancia en fase operativa (2017-2021) plantea un seguimiento de la composición granulométrica y química de los sedimentos, así como de la eventual presencia de contaminantes, con la excepción de los microbiológicos que fueron descartados en esta fase operativa. Se ha incluido en este PVA la inclusión de tres metales: cobalto (Co), vanadio (V) y Estaño (Sn) así como los sólidos minerales y volátiles presentes. El muestreo es cuatrimestral y se hace en las mismas once estaciones que se emplean para la calidad de aguas.

3.5.4.1 Granulometría

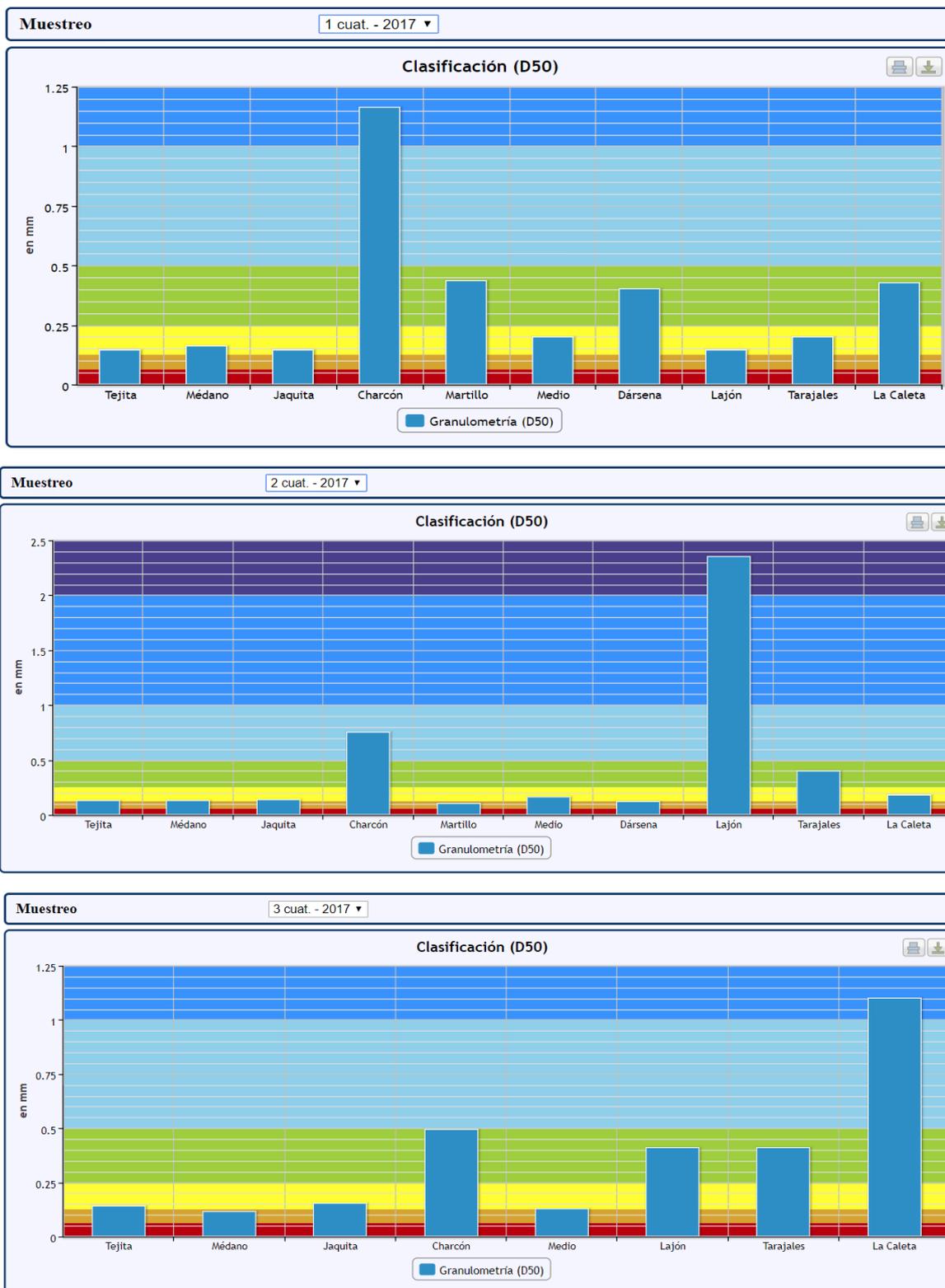


Figura 83. Clasificación D50 de los sedimentos por cuatrimestres de 2017

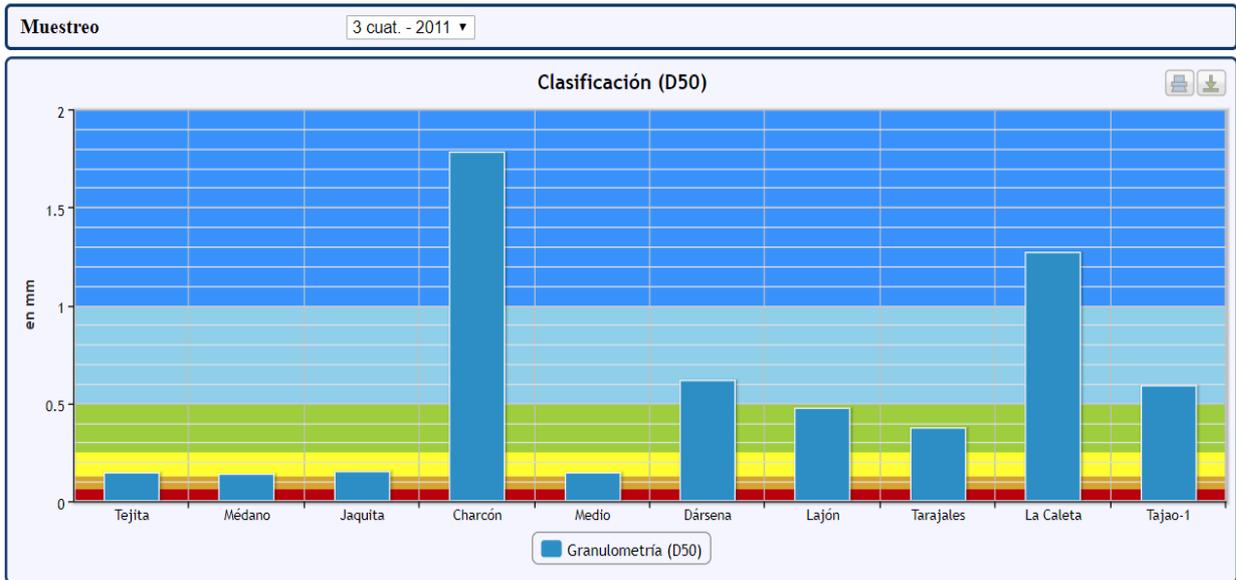


Figura 84. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)

Las gráficas que anteceden muestran para 2011 (Figura 84) y 2017 (Figura 83) la clasificación de las estaciones de muestreo según la granulometría dominante. El valor D50 que hace referencia al diámetro de las partículas que correspondería al 50% en una gráfica de frecuencias acumuladas.

Cabe destacar que, tal y como ha sucedido en años anteriores, las fluctuaciones de la granulometría en casi todas las estaciones son notables, salvo en la Tejita y Médano, posiblemente debido a su situación más resguardada del NE. En general, la granulometría actual es menor en comparación con 2011 (Figura 85).

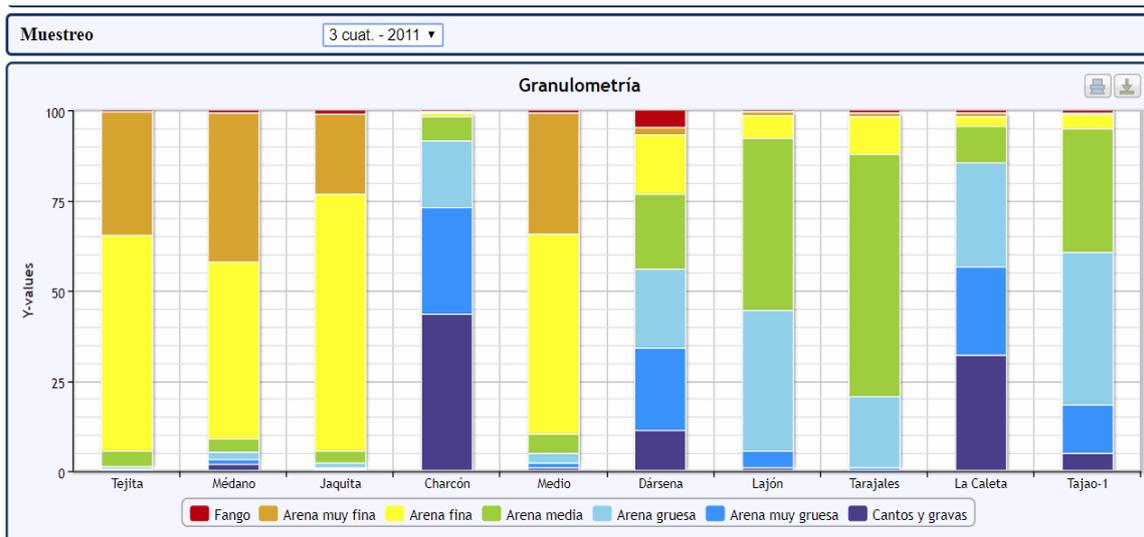


Figura 85. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia)

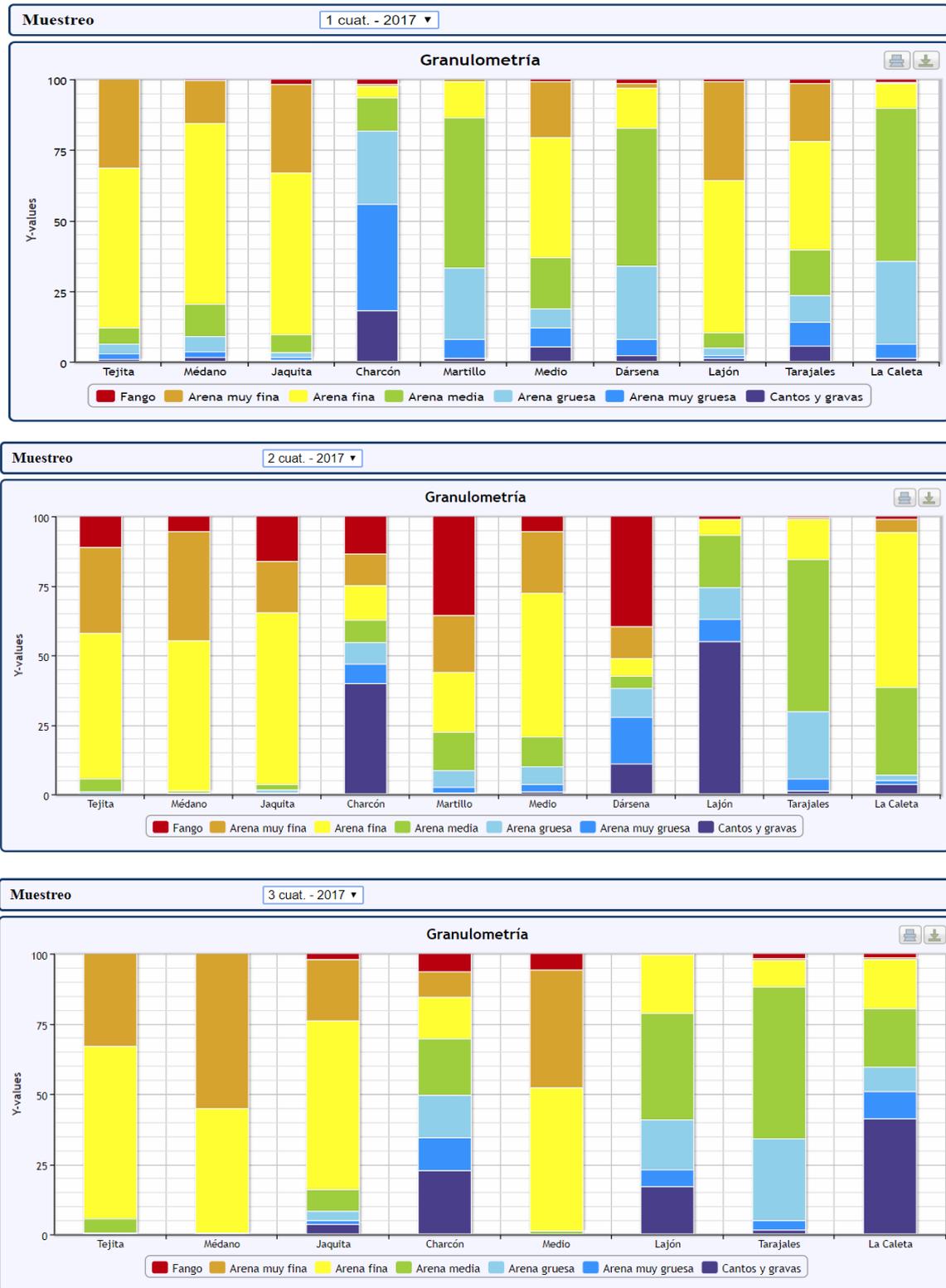


Figura 86. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2017: 1º cuatrimestre, medio segundo cuatrimestre, abajo tercer cuatrimestre



En la Figura 86 se muestra la composición granulométrica de 100 gramos de sedimentos en los tres cuatrimestres del 2017. Como generalidad se puede decir que predominan los fondos de arenas finas en la mayoría de las estaciones a excepción de Charcón (TGr14) y Dársena (TGr09), donde la composición es cambiante. Cabe destacar en el segundo cuatrimestre la mayor abundancia de fangos en las estaciones más cercanas al puerto: Martillo (TGr40), Dársena (TGr09) y Medio (TGr10).

En el tercer cuatrimestre no aparece la estación Martillo ni Dársena ya que no se pudo realizar el muestreo por cuestiones de incompatibilidad del procedimiento de recogida de muestras con operatividad del puerto.

3.5.4.2 Parámetros químicos

Además de la analítica química ordinaria de los sedimentos, se determina también la presencia de hidrocarburos y PAHs, TBT y DBT como principales contaminantes. El plan de vigilancia en fase operativa incluyó además la determinación de tres metales adicionales (cobalto, estaño y vanadio) de interés para el seguimiento de un puerto en fase de explotación. Así mismo, desde este año 2017 se están determinando los sólidos minerales y sólidos volátiles presentes en los sedimentos.

En 2012, tras el inicio en 2011 de los vertidos de materiales al mar, varios parámetros de los sedimentos (materia orgánica, carbono orgánico, fosfatos) incrementaron sus concentraciones respecto de los valores de referencia, lo cual es bastante lógico ya que la fracción fina de los vertidos es transportada y acaba sedimentando en el fondo. Esta tendencia se prolongó en 2013 y 2014 aunque de manera algo menos intensa –pero siempre por encima de los valores de referencia– lo que atribuimos al menor contenido de finos en los vertidos. Luego, las riadas de diciembre de 2013 aportaron material sedimentario en cantidad importante y con su propia composición, cambiando la tendencia previa, que ya en 2015 parece volver a instalarse, con ligeras bajas en 2016, salvo por los fosfatos y el nitrógeno (Figura 87).

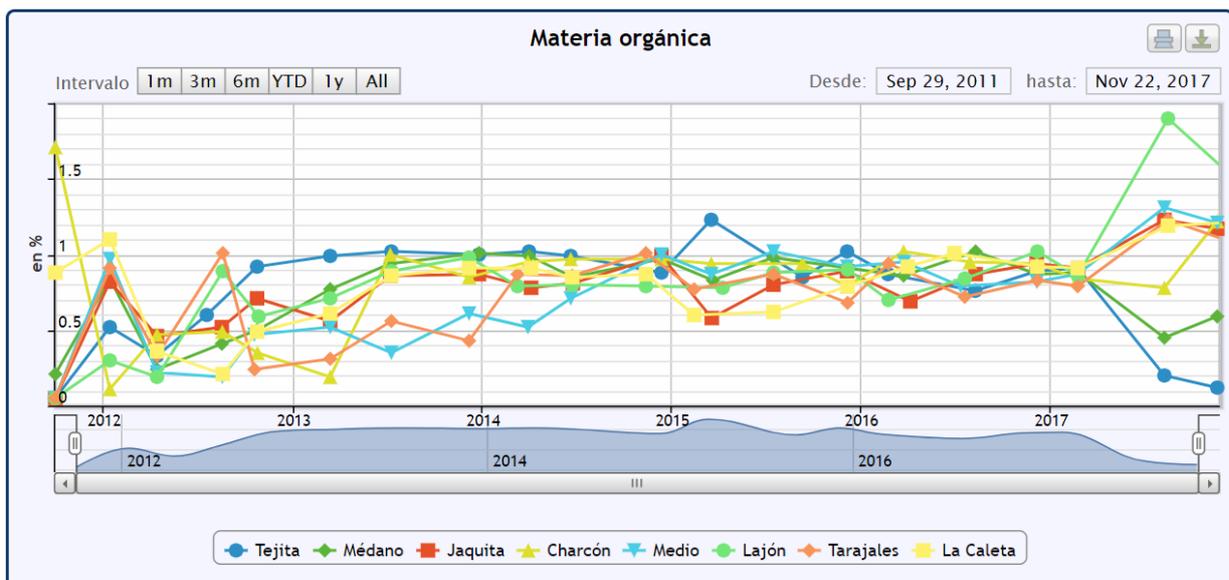


Figura 87. Variación temporal (2011-2017) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de Granadilla

Materia orgánica. En el 2017 se detecta un aumento en las medias de materia orgánica y por lo tanto de COT total, de hidrocarburos totales y de nitrógeno Kendhal (NTK) obtenidos en 2016 (0,97% y 5,65 g/kg frente a 0,89% y 5,19 g/kg, respectivamente) (Tabla 17).

Tabla 17. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2017.
Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior

Sedimentos	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Componentes y nutrientes	2017	2017	2017	2017	2017
Partículas D ₅₀	mm	0,11	0,39	2,36	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,12	0,97	1,90	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	0,70	5,65	11,02	-
Fosfatos	mg/kg	0	5,65	11,41	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	41	250,64	1355	<1,5
Contaminantes	2017	2017	2017	2017	2017
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,71	2,42	7,49	<1
Componentes y nutrientes	2016	2016	2016	2016	2016
Partículas D ₅₀	mm	0,13	0,36	1,62	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,69	0,89	1,05	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	4,0	5,19	6,09	-
Fosfatos	mg/kg	0,38	4,40	24,90	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	6	125,39	395	<1,5
Contaminantes	2016	2016	2016	2016	2016
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,37	0,81	1,55	<1
Componentes y nutrientes	2015	2015	2015	2015	2015
Partículas D ₅₀	mm	0,14	0,50	3,59	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,58	0,86	1,30	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	3,36	4,97	7,54	-
Fosfatos	mg/kg	0	1,87	15,20	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	13	131,36	309	<1,5
Contaminantes	2015	2015	2015	2015	2015
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,23	0,90	1,73	<1



Hidrocarburos totales. Se observa un aumento en la concentración media respecto a los dos años anteriores (2017: 2,42 mg/kg, 2016: 0,81 mg/kg y 2015: 0,90 mg/kg). No se llega a los valores del 2011 pero se debe de observar dicha evolución (Figura 88).

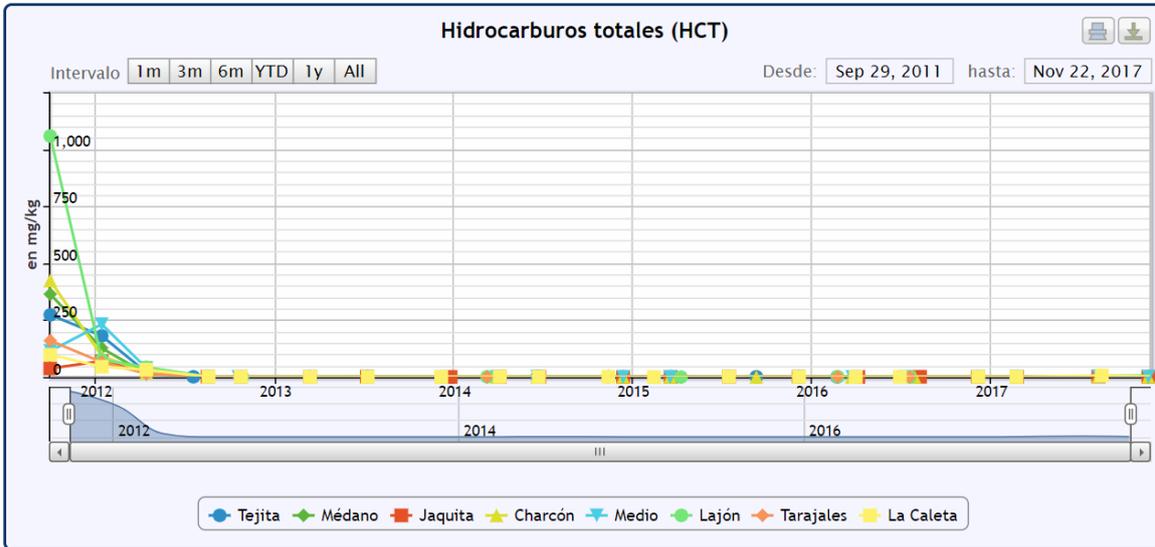


Figura 88. Variación temporal (2011-2017) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

Nitrógeno total. Se ha roto la tendencia descendente en sus valores promedios de años anteriores: 250,64 mg/kg en 2017; 125,39 mg/kg en 2016; 131,36 mg/kg en 2015 y 171,7 mg/kg en 2014. Con los valores máximos ha habido un aumento considerable (1.355 mg/kg en 2017 frente a 395 mg/kg en 2016), por encima incluso del obtenido en 2014 (1.299,2 mg/kg). Estos valores máximos corresponden a la zona portuaria (TGr09 Dársena en 2017 y TGr11 Bocana en 2016), sin que hayan coincidido con dragados ni vertidos. Se desconoce su origen (Figura 89).

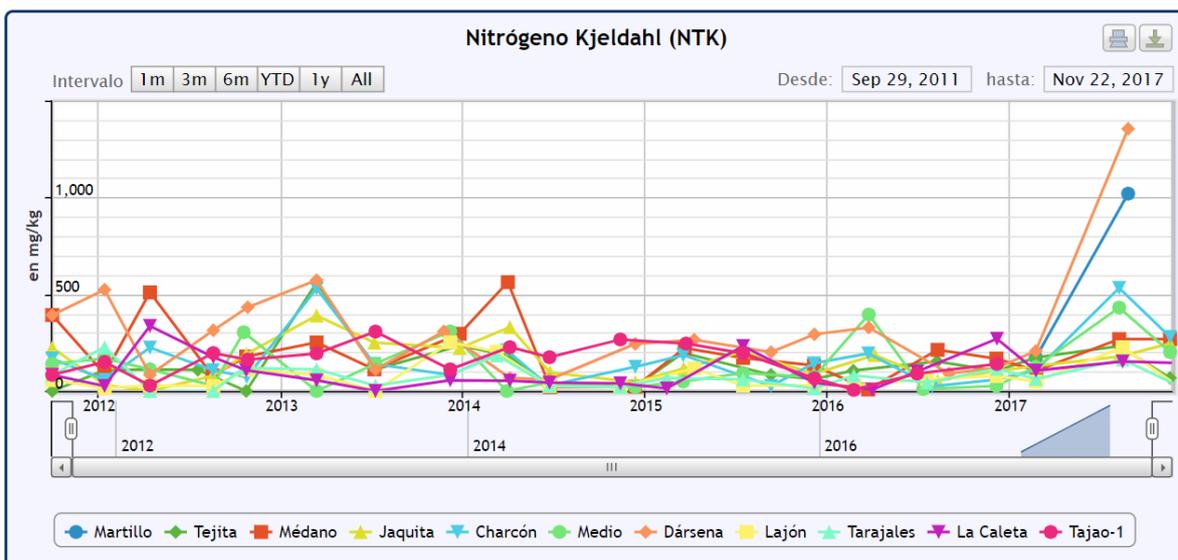


Figura 89. Variación temporal (2011-2017) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla

Fosfatos: se observa descenso de los valores promedio respecto al año anterior (2,51 frente a 4,40 mg/kg de 2016). Se aproximan a valores de 2015 y 2014 (1,87 mg/kg en 2015 y 1,83 mg/kg en 2014). El pico de 11,41 mg/kg registrado en la estación Tejita (TGr22) no alcanzó el pico del año anterior pero se encuentra entre los valores más altos registrados desde 2011 (Figura 90).

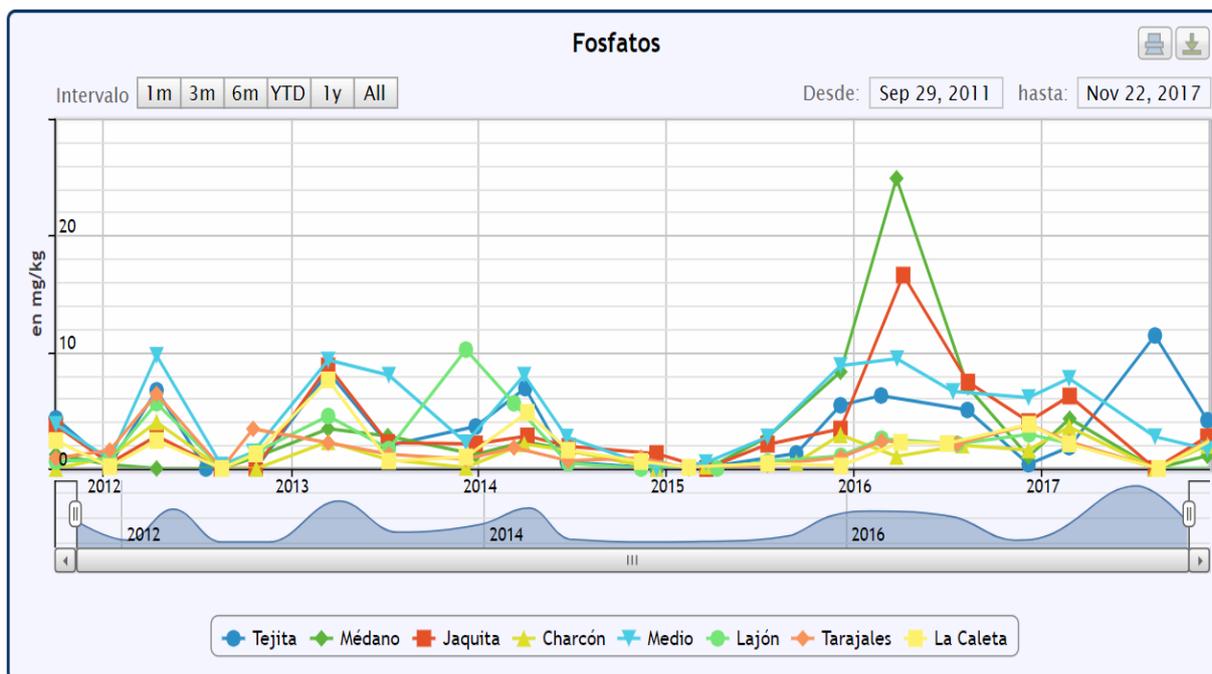


Figura 90. Variación temporal (2011-2017) de fosfatos en sedimentos Granadilla

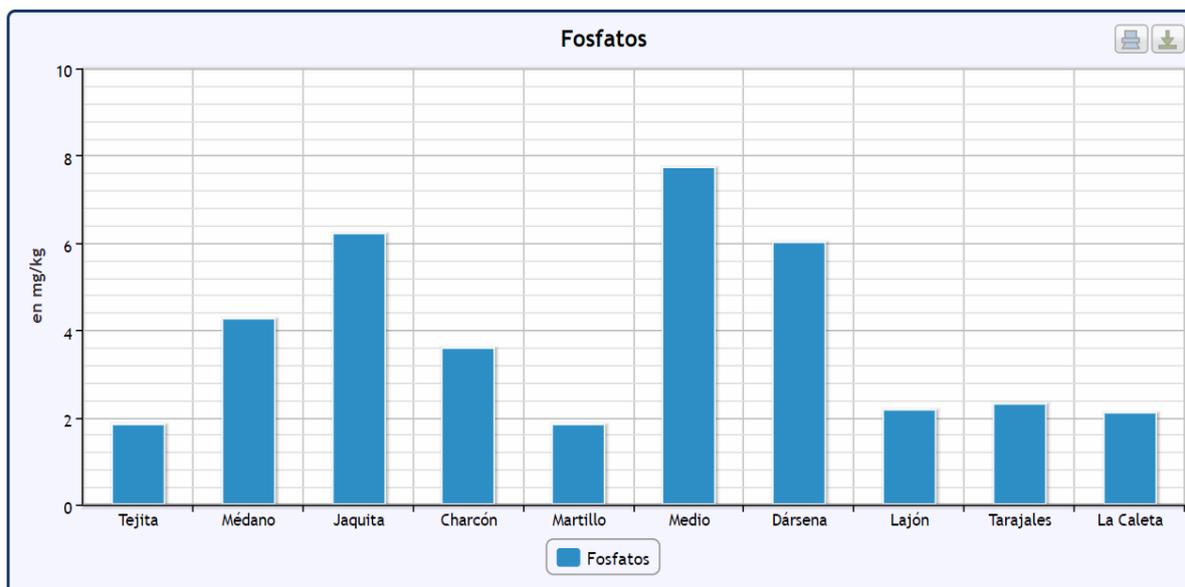


Figura 91. Variación del contenido de fosfatos a lo largo de la costa de Granadilla en el primer cuatrimestre de 2017



Al igual que en los años previos, en 2017 siguen sin detectarse restos de contaminantes orgánicos (PAHs, TBT, DBT y MBT) lo que es coherente con su ausencia también en la columna de agua.

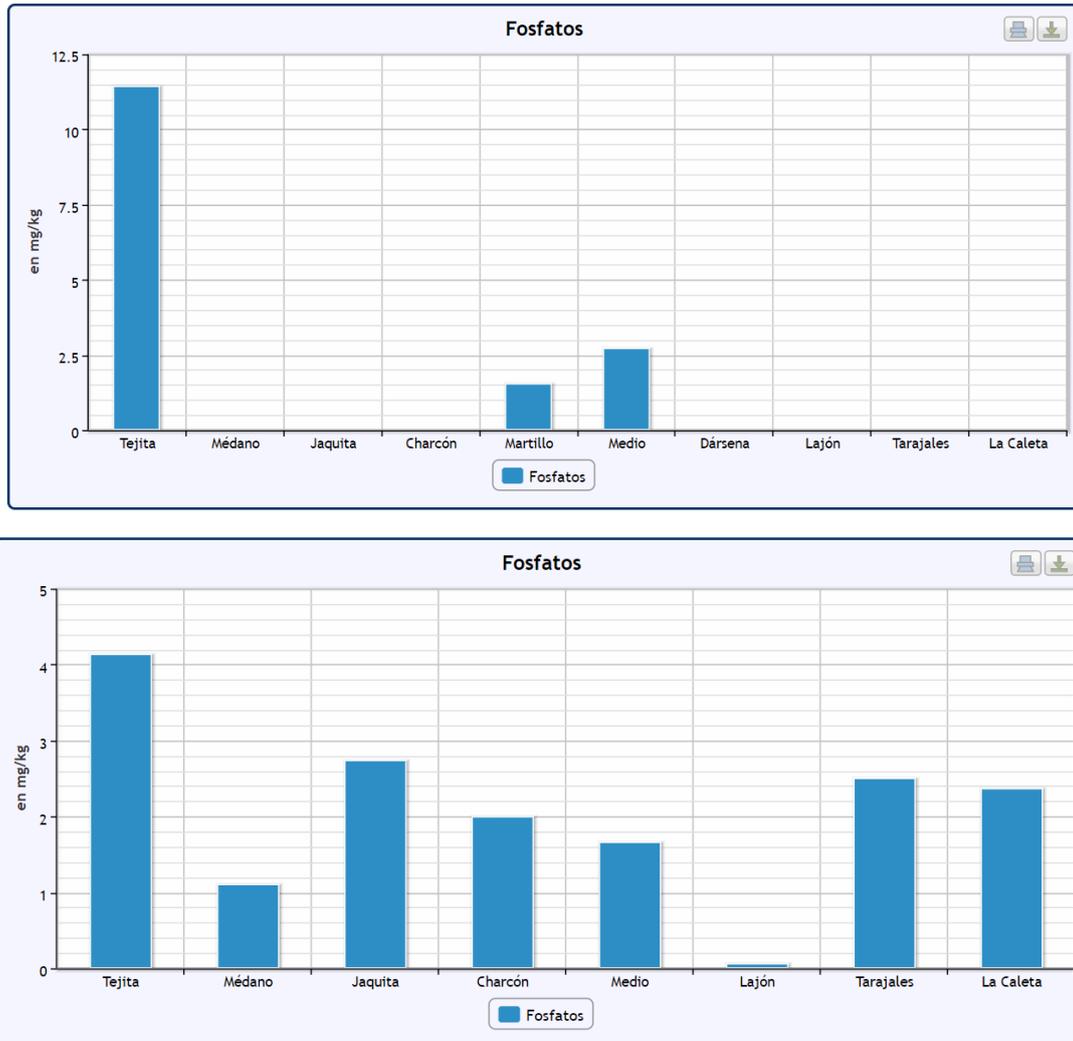


Figura 92. Variación del contenido de fosfatos a lo largo de la costa de Granadilla en el primer cuatrimestre (arriba), segundo (medio) y tercero (abajo) de 2017

3.5.4.3 Metales pesados

Los metales pesados disueltos precipitan en un medio básico (pH 8,3-8,4) por lo que su seguimiento se ha descartado en agua y centrado en los sedimentos, que es donde se acumulan. La frecuencia de muestreo es ahora de tres veces al año y a partir del último cuatrimestre del año se ha comenzado a determinar Cobalto (Co), estaño (Sn) y Vanadio (V). En la Tabla 18 se comparan los valores medios, máximos y mínimos de las concentraciones obtenidas, con los de referencia (tercer cuatrimestre de 2011), señalándose en verde los que han disminuido y en

rojo, los que han aumentado. No se tiene valor de referencia de arsénico en sedimentos; se anota el obtenido en agua.

Tabla 18. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2013-2017

Metales pesados - 2014	unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	0,1	1	1,8	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	0,1	0,32	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,01	0,14	0,32	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	0	0,26	0,87	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	0,04	0,17	0,48	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	0	0,35	1,8	[12,5 – 17,5]*
Metales pesados - 2015	unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	0	1,69	4,72	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0,03	0,20	0,70	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0	0,14	0,39	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	0	1,26	3,79	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	0,08	0,30	0,79	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	0,13	0,8	1,74	[12,5 – 17,5]*
Metales pesados - 2016	unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	2,85	12,97	21,70	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	0,78	1,84	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,27	2,17	4,17	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	1,40	11,04	22,40	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	1,22	4,23	7,95	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	2,01	7,26	12,40	[12,5 – 17,5]*
Metales pesados - 2017	unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	5,6	48,28	156,80	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0,05	0,41	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	2,85	4,87	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,92	4,59	11,50	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	5,31	24,89	53,10	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	2,14	28,48	147,80	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0,01	0,30	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	2,58	6,96	14,90	[12,5 – 17,5]*
Cobalto	mg/kg	5,11	9,47	14,20	-
Estaño	mg/kg	0,11	0,29	0,51	-
Vanadio	mg/kg	19	31,96	45,50	-



Figura 93. Concentración de cinc, cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla

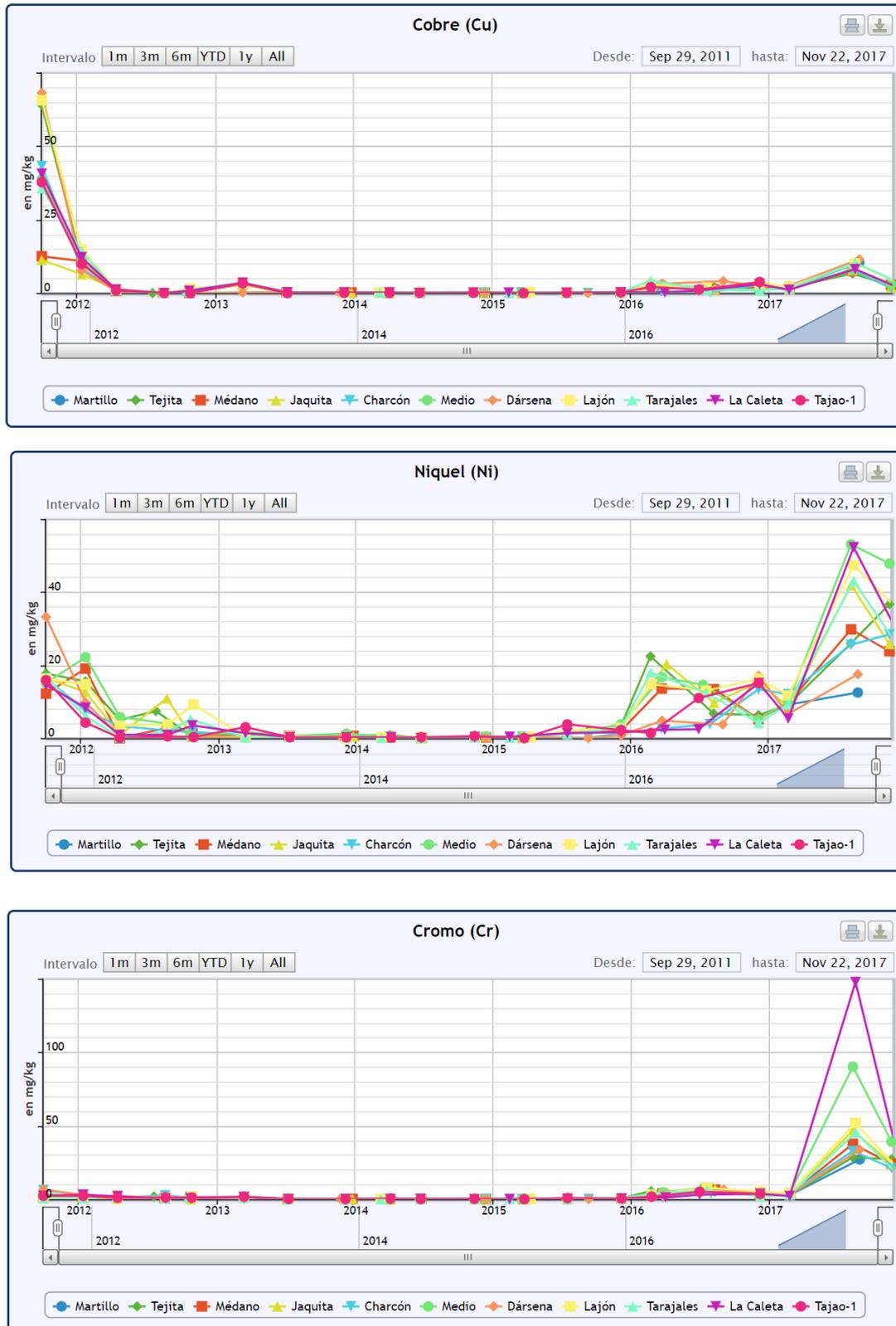


Figura 94. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla

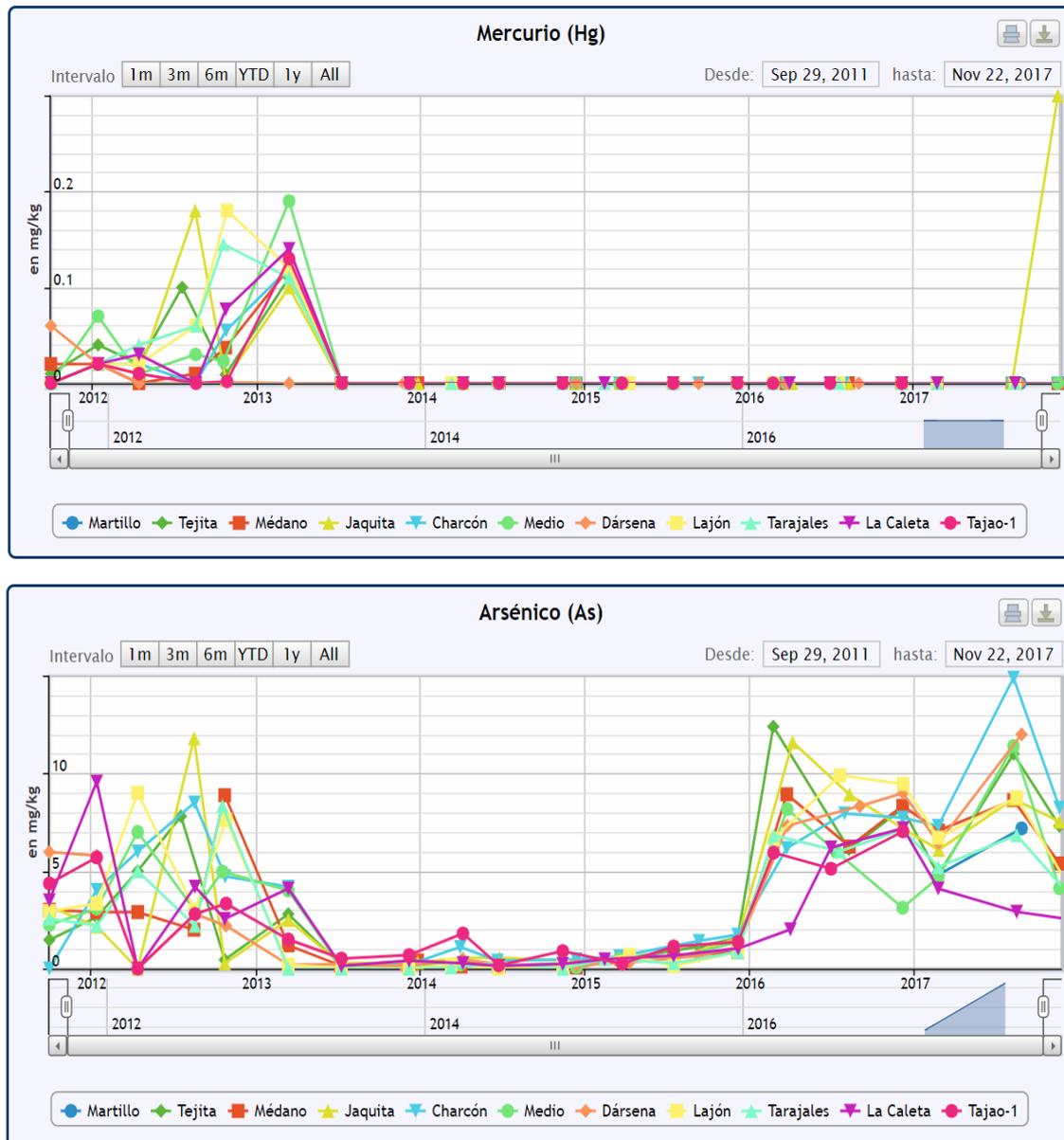


Figura 95. Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla

En 2017 se ha registrado un aumento notable la presencia de todos los metales pesados, menos el arsénico que se mantiene con valores similares. Los valores medios del Zn y Cr han superado los valores de referencia y lo mismo han hecho los valores máximos de Zn, Cu y Cr. Se desconocen los motivos de este incremento.

La normativa española y la estrategia marina publicada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente no establecen valores de referencia para los metales por lo que los valores obtenidos se vienen contrastando con los del tercer trimestre 2011 (Zn, Cu y Cr) son la referencia a efectos de la presente vigilancia, pero quizás fuera preferible comparar con los valores límites recogidos en fuentes extranjeras, siendo la más restrictiva –y por lo tanto la escogida– la del Ministerio de Medio Ambiente de Canadá (ver Tabla 19).

Tabla 19. ICSM = Valores índice de calidad de sedimentos marinos por debajo de los cuales no se esperan efectos adversos al medio ambiente. NEP = Niveles con efectos biológicos probables, e incidencia (%) de efectos biológicos debido a las concentraciones definidas por estos valores

Sustancia	ICSM	NEBP	% < NEP	ICSM<%<NEP	% > NEP
Arsénico	7,24 mg/kg	41,6 mg/kg	3	13	47
Cadmio	0,7 mg/kg	4,2 mg/kg	6	20	71
Cinc	123 mg/kg	315 mg/kg	5	3	2
Cromo	52,3 mg/kg	160 mg/kg	4	15	53
Cobre	18,7 mg/kg	108 mg/kg	9	22	56
Estaño					
Mercurio	0,13 mg/kg	0,70 mg/kg	8	24	37
Plomo	30,2 mg/kg	112 mg/kg	6	26	58

Tomados de CCME (*Interim Sediment quality Guidelines*), de Canadá.

En 2017, únicamente el cinc y el cromo superan los valores índice ICSM en una ocasión en la estación TGr04 Caleta (156,80 mg/kg para el Zn y 147,8 mg/kg para el Cr), en el muestreo realizado en agosto de 2017, pero ambos metales presentan valores por debajo del NEP, con 271 mg/kg y 160 mg/kg respectivamente. El resto de valores registrados están por debajo de dichos índices. La estación Caleta es la más alejada por el norte de los posibles puntos de contaminación próximos al puerto.

En informes previos atribuimos la reducción masiva de los metales pesados, sobre todo en las estaciones más próximas a la zona industrial de Granadilla, al posible efecto beneficioso de la vigilancia sobre presuntos vertidos clandestinos, aunque esta hipótesis pierde credibilidad a la luz de los datos registrados en 2016 y 2017. Estos metales pueden provenir de pinturas y su fabricación, pero también de carpinterías metálicas y otras fuentes. El hecho de que el incremento afecte a todas las estaciones, especialmente las ubicadas al norte del puerto, descarta que se trate de una fuente local, como el polígono industrial de Granadilla o la estación de UNELCO, y sugiere un origen más al norte de la celda de Granadilla; quizá el Polígono Industrial de Güímar o la propia refinería.

3.5.5 Evaluación general del medio físico

3.5.5.1 Aguas

Al final de cada ejercicio el OAG hace una valoración general del estado de conservación de las aguas según los sectores establecidos, generando mapas sintéticos que se pueden consultar en la página web en un visor de carrusel (secuencia histórica). El sistema de categorías elegido⁴ se emplea en vigilancia de la calidad de las aguas y obedece a criterios combinados de estado,

⁴ Davies, J., Baxter, J., Bradley, M., Connor, D., Khan, J., Murray, E., Sanderson, W., Turnbull, C. & Vincent, M. (2001). *Marine monitoring handbook March 2001*. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee.



origen, dinámica ecológica y extensión. Al comienzo de las obras en el mar, con grandes aportes de materiales, en el sector denominado Puerto la clasificación fue “desfavorable en declive”; durante 2012 y 2013 se evaluó como “desfavorable sin cambios”, situación que se prolonga hasta el final del primer semestre de 2014 pero, ya en el segundo semestre de este mismo año, se cambió a la categoría de “desfavorable recuperándose”. En diciembre de 2015 se consideró “favorable recuperada” y así se ha mantenido hasta diciembre de 2017:

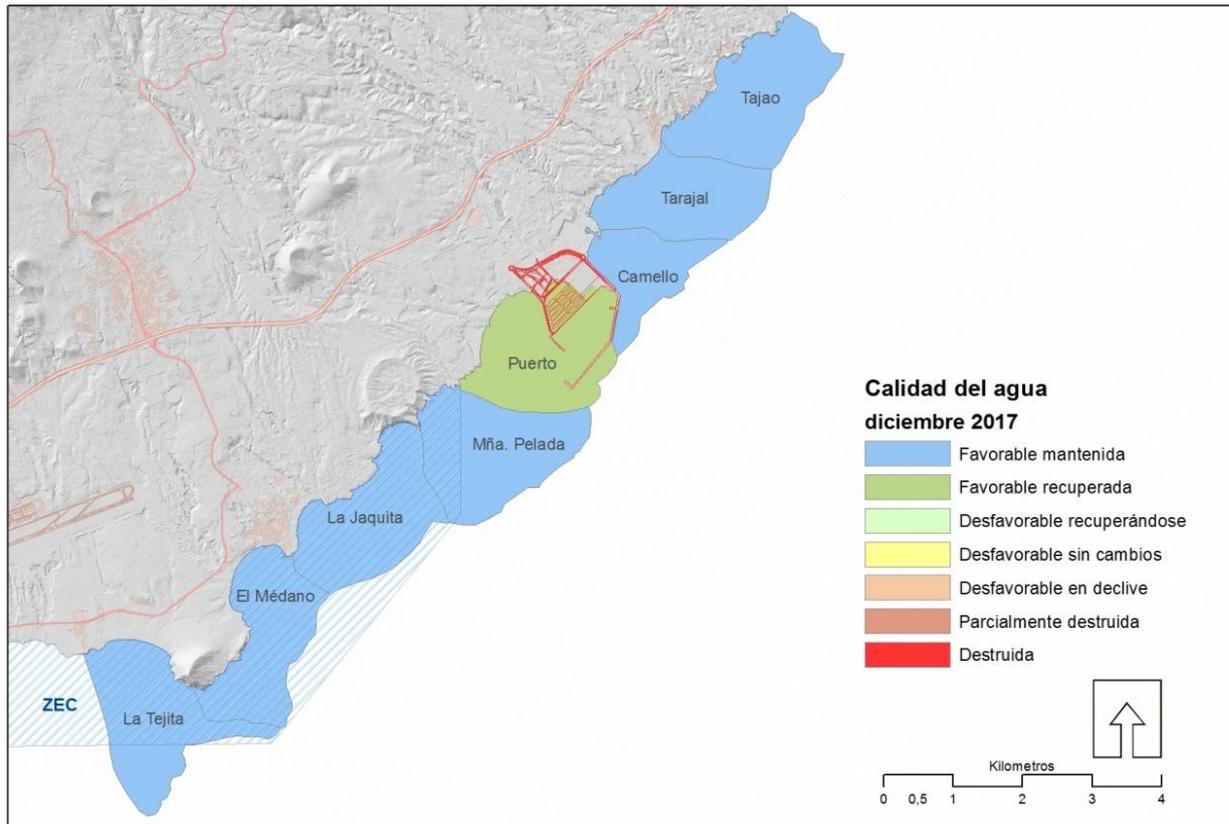


Figura 96. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2017

En el caso de los demás sectores vigilados, los cambios en los valores que se usan para evaluar el estado de las aguas no comprometen la condición de favorable. Así por ejemplo, en los sectores al SW del puerto se ha elevado la producción biológica (incremento en clorofila) y la calidad de las aguas sigue correspondiendo a “favorable”. El epíteto “mantenida” hace referencia a que ése era su estado inicial y que no se ha llegado a él por recuperación desde una situación de “desfavorable”.

3.5.5.2 Sedimentos

Los valores de los parámetros químicos analizados están dentro de la normalidad. Los aumentos en concentración registrados en años previos se atribuyen a los nutrientes minerales (nitrógeno, fósforo) incorporados por los vertidos de material durante la construcción del puerto, lo mismo que los incrementos ocasionales en materia orgánica (p.ej. Dársena) cuando los vertidos contenían restos de suelo vegetal.

En 2016 se aprecian unos valores medios de componentes y nutrientes similares al 2015, salvo los metales pesados que en su mayoría aumentan, aunque sin rebasar los valores de referencia. La presencia de carbono orgánico en las zonas próximas a poblaciones (p.ej. Tajao, El Charcón y La Jaquita) tiene su origen presumiblemente en aguas residuales urbanas, pero no alcanzan valores que puedan tener efectos preocupantes más allá de favorecer a las especies nitrófilas. En 2017 la mayoría de los parámetros se mantienen en torno a valores muy parecidos a los años anteriores, a excepción de la concentración de metales pesados, materia orgánica, carbono orgánico total y nitrógeno de Kjeldahl, que experimentan en el último cuatrimestre del año un aumento significativo en todas las estaciones, superando en algunos casos los valores de referencia. Al tratarse de un cambio tan reciente y solo en algunos parámetros, es pronto para saber si esa tendencia de aumento se mantiene o si se trata de un aumento puntual, y por ello se mantiene la categorización de los sectores para 2017:

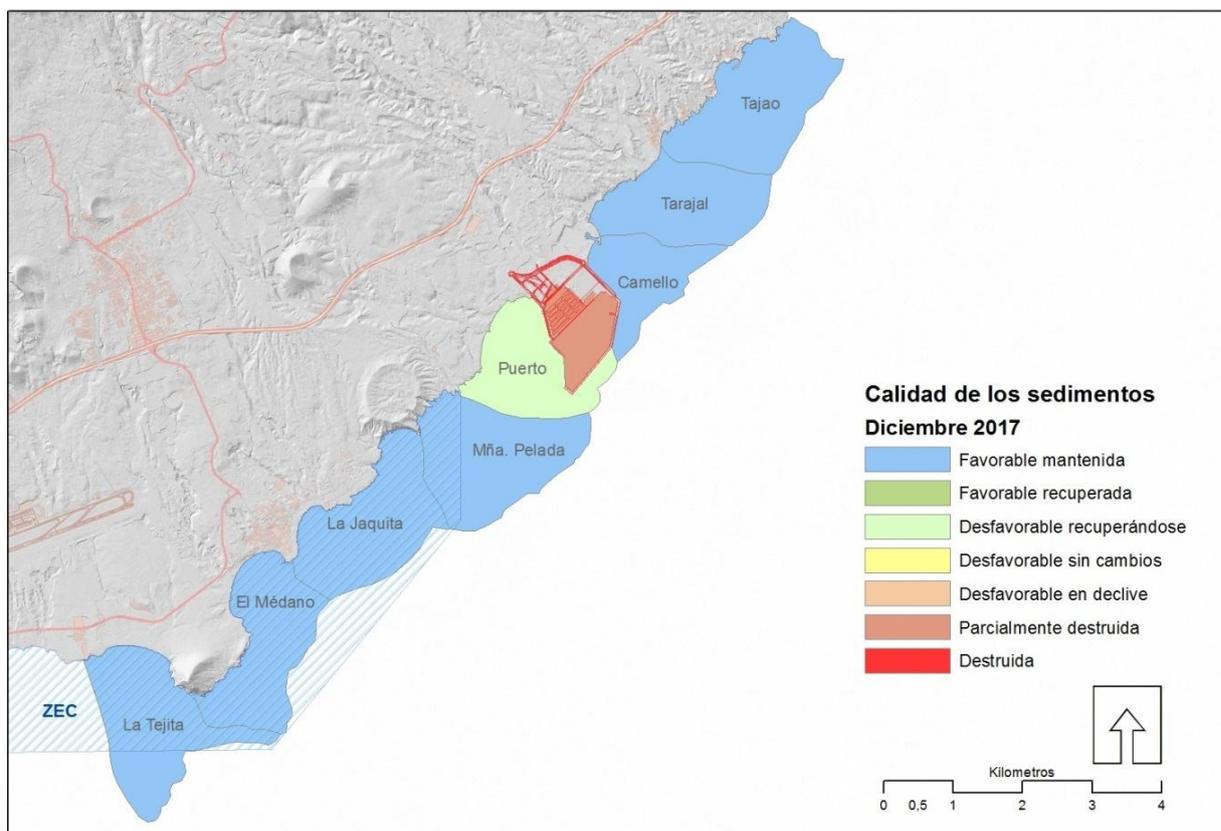


Figura 97. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2017

Los sedimentos en el interior de la dársena han sido dragados en buena parte y presentan en general un fuerte recubrimiento de fangos, situación que no es equiparable a la que reina en el exterior, donde los fondos reciben ahora mucho menos deposición de finos y van recuperando sus características iniciales. Cabe esperar que durante 2018 y por fuera de la dársena, el sector “Puerto” se termine de recuperar, a no ser que, por su proximidad a la dársena portuaria, las inherentes operaciones portuarias lo impidan.



3.6 Biodiversidad marina

El seguimiento del estado de conservación de las comunidades marinas en la zona de influencia del puerto de Granadilla se ha centrado en las comunidades intermareales (de charcos), las bentónicas (de fondo) y las pelágicas (mar libre), además de prestar especial atención al estado de salud del sebadal y a la contaminación en los seres marinos. El seguimiento es de carácter semestral en todos los casos.

En la fase de explotación del puerto desaparecen algunas presiones importantes (como los vertidos de materiales al agua) pero surgen nuevos riesgos. Interesa particularmente ver la eventual recuperación de sectores alterados durante las obras (p.ej. infauna en el sector Puerto y sebadales colindantes), constatar el efecto arrecife artificial de las nuevas infraestructuras, y aunque el PVA original no lo contempla, conocer la capacidad de recuperación del máerl y procurar detectar la aparición de nuevas especies importadas con el tránsito marítimo vía *fouling* o en las aguas de lastre. Este último riesgo es posiblemente el más relevante desde el punto de vista ecológico, porque de asentarse una especie exótica, su efecto sería persistente y podría ser pernicioso. Otros riesgos son los derivados de derrames y mareas negras, muy aparatosas y tremendamente perjudiciales.

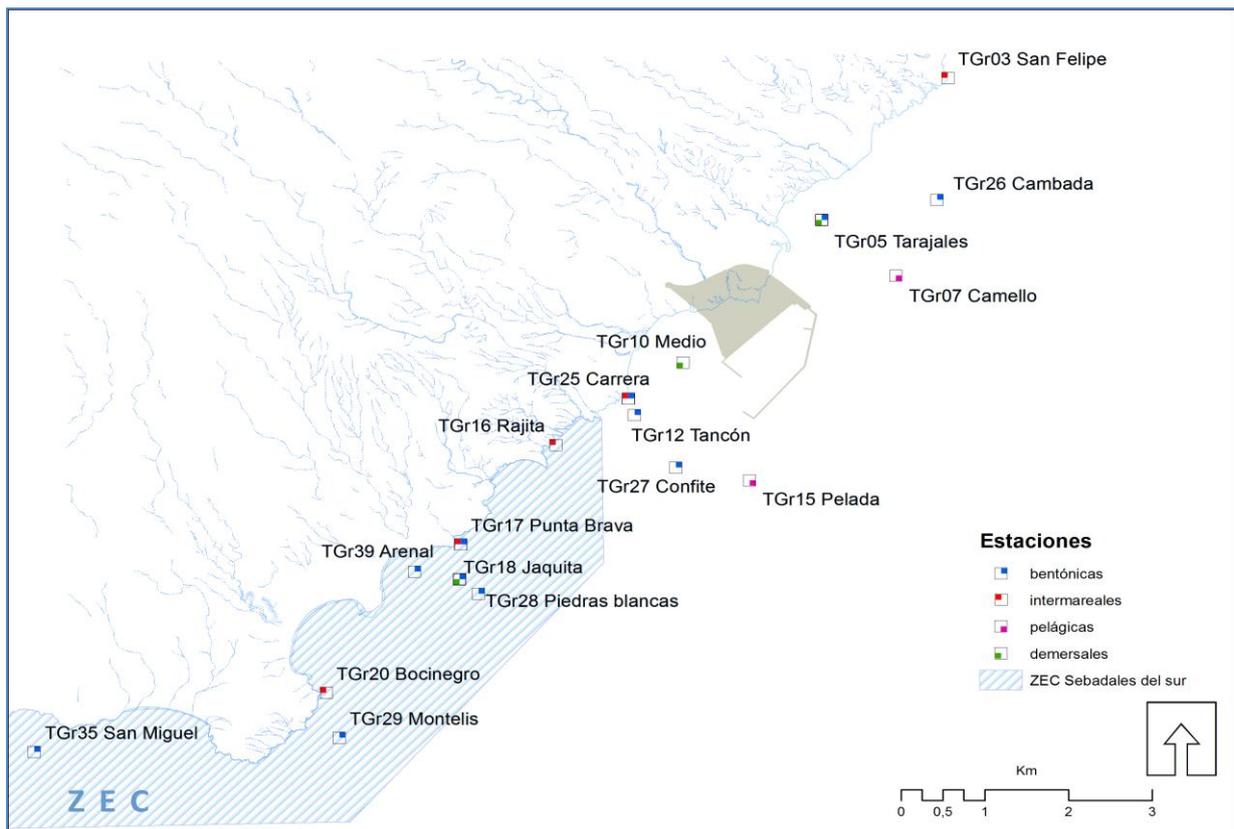


Figura 98. Estaciones de muestreo intermareales, demersales, bentónicas y pelágicas

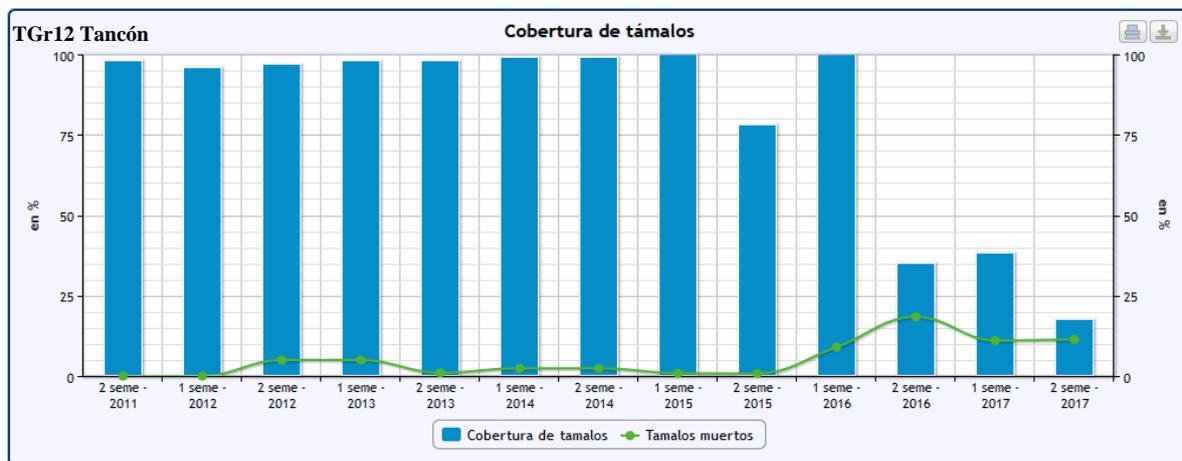
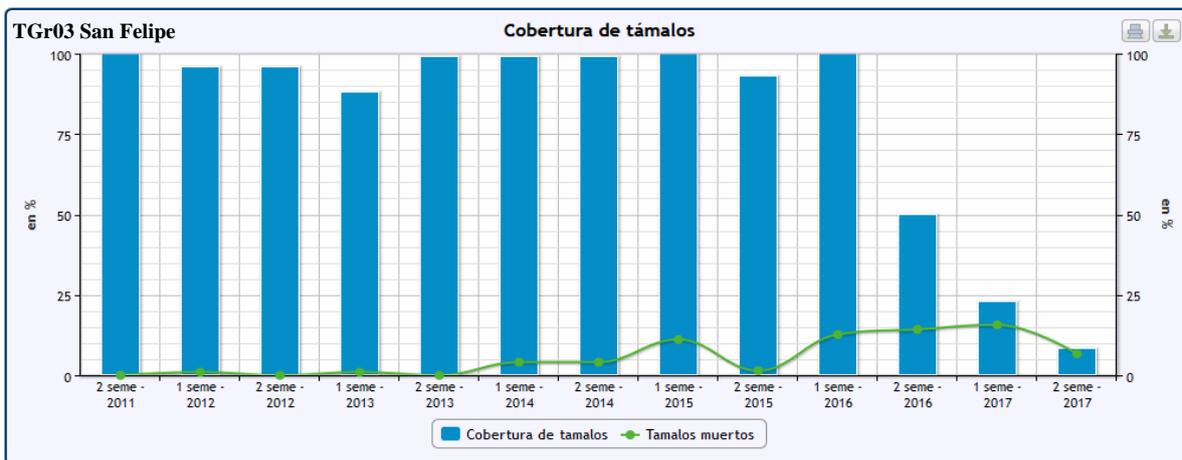
Dada la amplitud y extensión de esta sección, la información relativa a la biodiversidad marina se presenta en la página web del OAG en cuatro apartados:

1. Seguimiento de las especies indicadores del estado de la comunidades biológicas supra e intermareales, demersales /bentónicas y pelágicas.
2. Bionomía de los fondos y sus variaciones
3. Dedicado especialmente al estado de desarrollo de los seabadales (estado de “salud”).
4. Sobre especies exóticas invasoras que puedan arribar al puerto.

Además de los transectos bionómicos que se vienen realizando de forma regular (dos al año), el OAG genera cartografía bentónica a partir de las imágenes de satélite WorldView2, solo que sin una regularidad garantizada. La bondad del análisis depende mucho del estado de la mar en el momento de tomar la imagen. Por ello se escogen las mejores imágenes de entre todas las obtenidas, o se adquiere alguna imagen suelta adicional en caso de que la haya.

3.6.1 Comunidades supramareales

El seguimiento de las comunidades supramareales se realiza en cinco estaciones en una localización fija (cuadrículas de 50x50 divididas 100 veces) registrando la cobertura de tálamos (*Chthamalus stellatus*) y el porcentaje de ejemplares vivos/muertos (TGr03 San Felipe, TGr12 Tancón, TGr16 La Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro. Las estaciones que dejan de muestrearse en esta fase operativa son dos: TGr24 Las Lisas y TGr21 Chinchorro (Figura 99).



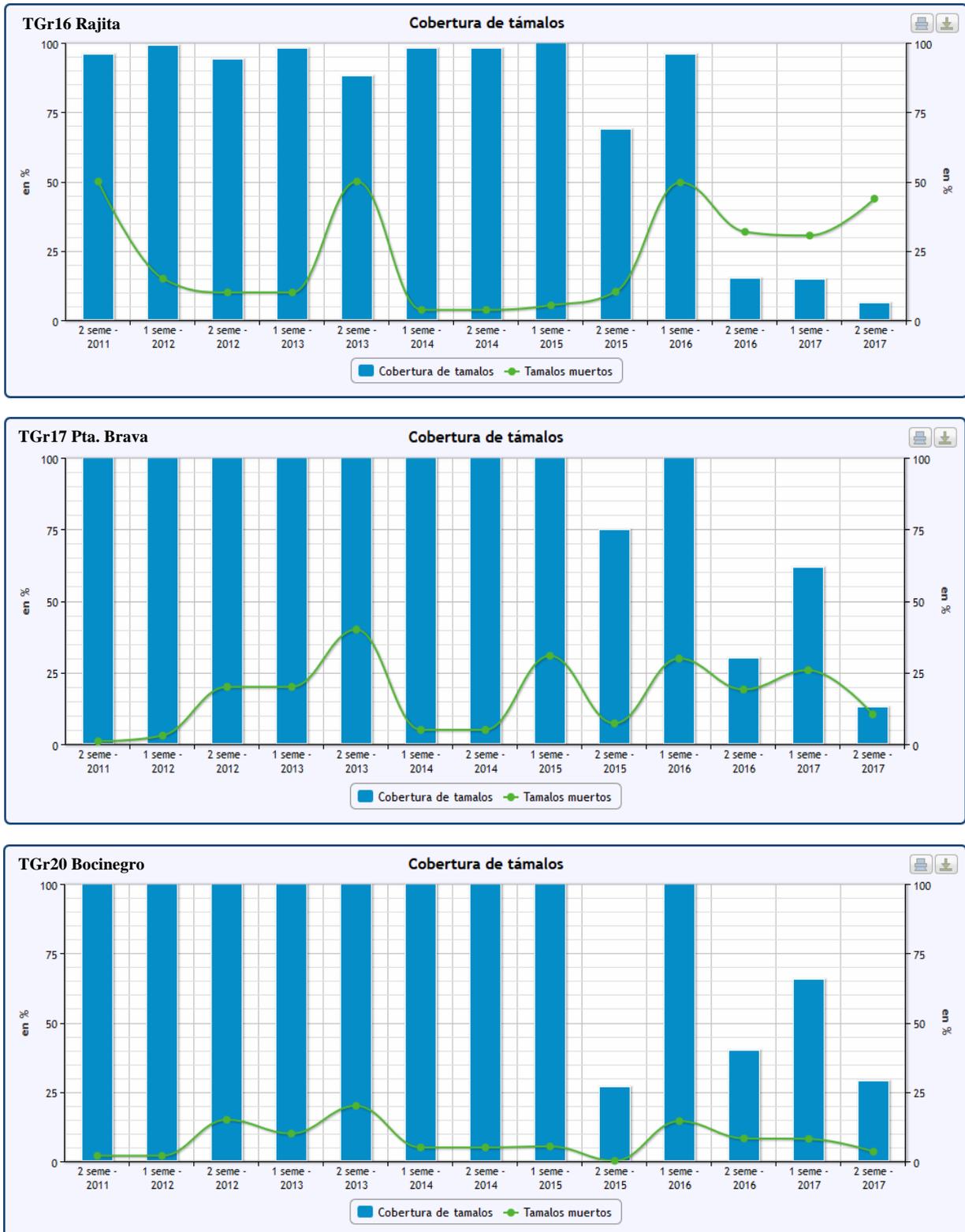


Figura 99. Cobertura y mortandad de tálamos en las estaciones: TGr03 San Felipe, TGr12 Tancón, TGr16 Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro

Las gráficas de esta sección –que se cuelgan en la web del OAG– muestran la cobertura de tálamos de cada estación en porcentaje (barra) y el porcentaje aproximado de ejemplares muertos (línea) (Figura 100). En 2017 la especie muestra su fenología característica. Aunque hay una disminución drástica en cobertura, no se aprecia influencia atribuible al puerto, al ser generalizada en todas las estaciones. A fecha de redacción de este informe (marzo 2018), durante la recogida de datos para este año, se ha observado una mortalidad masiva en *Diadema*, pudiendo estar relacionadas ambas mortalidades (la de *Diadema* se supone causada por *Vibrio sp.*). Durante 2018 se investigarán ambas especies para poder esclarecer estos fenómenos.

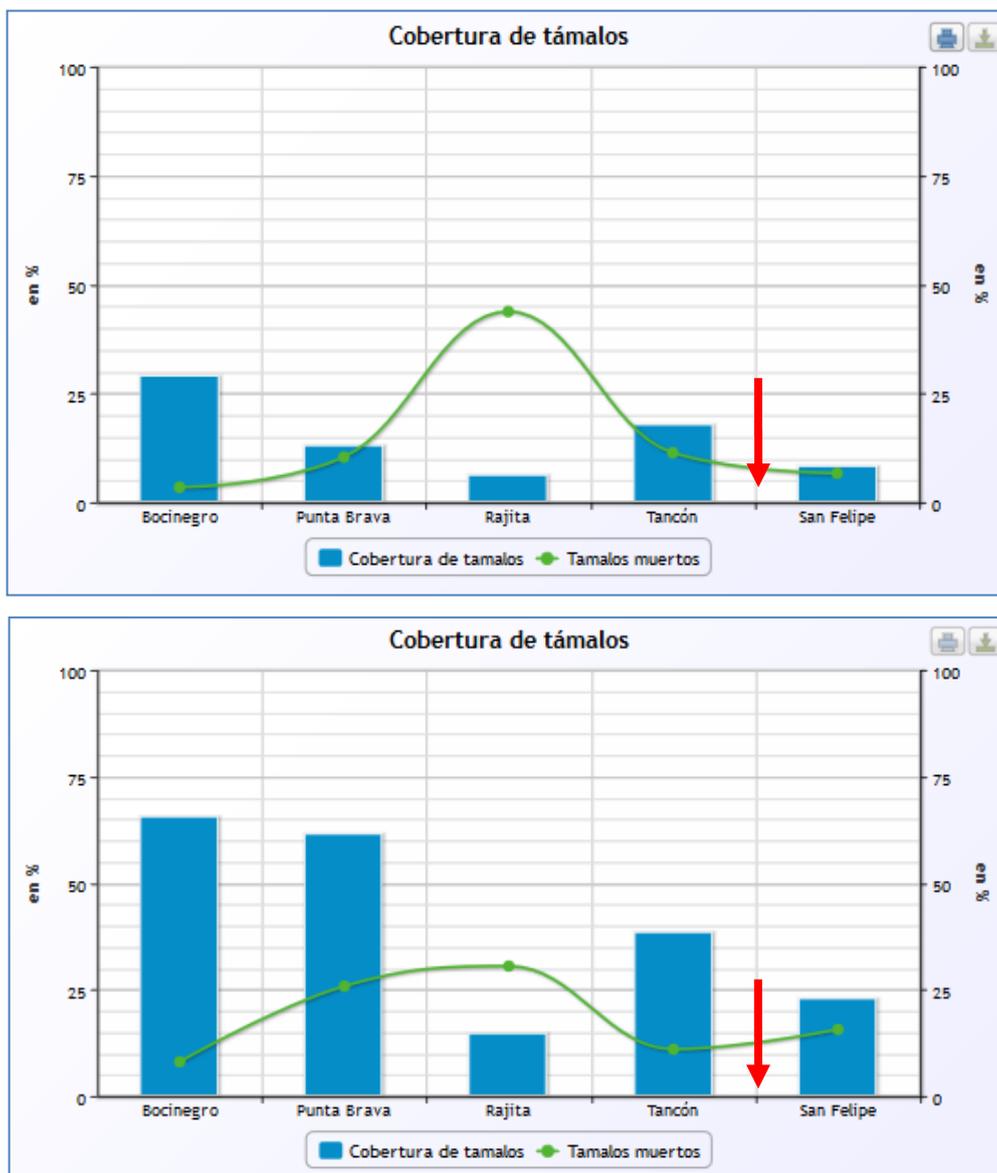


Figura 100. Cobertura y mortandad de tálamos a lo largo de la costa de Granadilla en 2017; 1º semestre (izquierda) en marzo-abril y 2º (derecha) semestre, en agosto. La posición del puerto marcada en rojo



3.6.2 Comunidades intermareales

El seguimiento de las comunidades intermareales en fase operativa se realiza en cinco estaciones escogidas de las siete establecidas en la fase de construcción. En ellos se mide la cobertura algar total empleando igualmente una cuadrícula de 50 x 50 cm (Figura 101). La posición de la cuadrícula es fija para poder comparar y detectar si hay variaciones en el tiempo. Aunque aquí no quede reflejado, también se anota la especie dominante por si se produjera una sustitución de la misma debido a influencias antrópicas.

El estado inicial de referencia, fijado en noviembre de 2011 al poco de iniciarse las obras, corresponde a una situación natural presuntamente normal, con coberturas algas del 100%, salvo la estación Tancón (90%). Los inventarios de 2017 se realizaron en marzo (1er semestre) y en agosto (2º semestre). Se adjuntan gráficas de evolución espacial (Figura 102) y temporal (Figura 104).



Figura 101. Sucesión ecológica en TGr03 San Felipe: 2016 (izquierda) y 2014 (derecha)

- La estación TGr03 San Felipe se recupera de los bajos valores de cobertura de 2016 (27% para el primer semestre y 37,7% para el segundo), pasando a valores del 100% y del 81,2% en los mismos semestres. Esta estación ha sufrido bastantes cambios en su diversidad algar (Figura 101), estando constituida al inicio de los muestreos por un césped de *Cystoseira sp.* bastante consolidado (2013). Pasó (2014) a albergar comunidades de *Dictyota sp.* de manera casi exclusiva y de *Padina pavonica*, *Lobophora variegata*, *Hydroclathrus clathratus*, *Conaria sp.*, *Dictyota sp.*, entre otras, en 2016 y 2017. Al ser una de las estaciones más alejadas del puerto, tomada como control, nada tienen que ver estos cambios con éste, siendo la desaparición de *Cystoseira* un hecho ya constatado científicamente para muchas otras partes del litoral canario.
- La estación TGr12 Tancón continúa con su peculiar comportamiento, con fuertes picos de crecimiento en los primeros semestres y de decrecimiento en los segundos. Con respecto a 2016 disminuyó su cobertura en el primer semestre (85% en 2016 frente a 65,7% en 2017), aumentando sin embargo, en el segundo semestre (34% en 2016 frente a 61,6% en 2017). En este charco también ha habido una fuerte regresión de las algas talosas iniciales. Esta estación se caracteriza por estar constituida por céspedes muy tupidos de *Padina pavonica* y *Lobophora variegata*

- La estación TGr17 mantiene también su tendencia a estar en el 100% de cobertura o muy próxima a este máximo (100% en el primer semestre de 2017 y 80,2% en el segundo). En el segundo semestre de 2015 ya sufrió un pequeño retroceso en su cobertura, que fue rápidamente repuesto y mantenido, hasta este segundo semestre de 2017 donde también ha disminuido (80,2%).
- En la estación TGr20 Bocinegro ocurrió un fenómeno de similares características, retroceso hasta el 32% en el segundo semestre de 2015 y pequeño retroceso ahora también, en el segundo semestre de 2017 (79,2%). La comunidad mayoritaria sigue estando constituida mayoritariamente por *Padina pavonica* y *Lobophora variegata*.

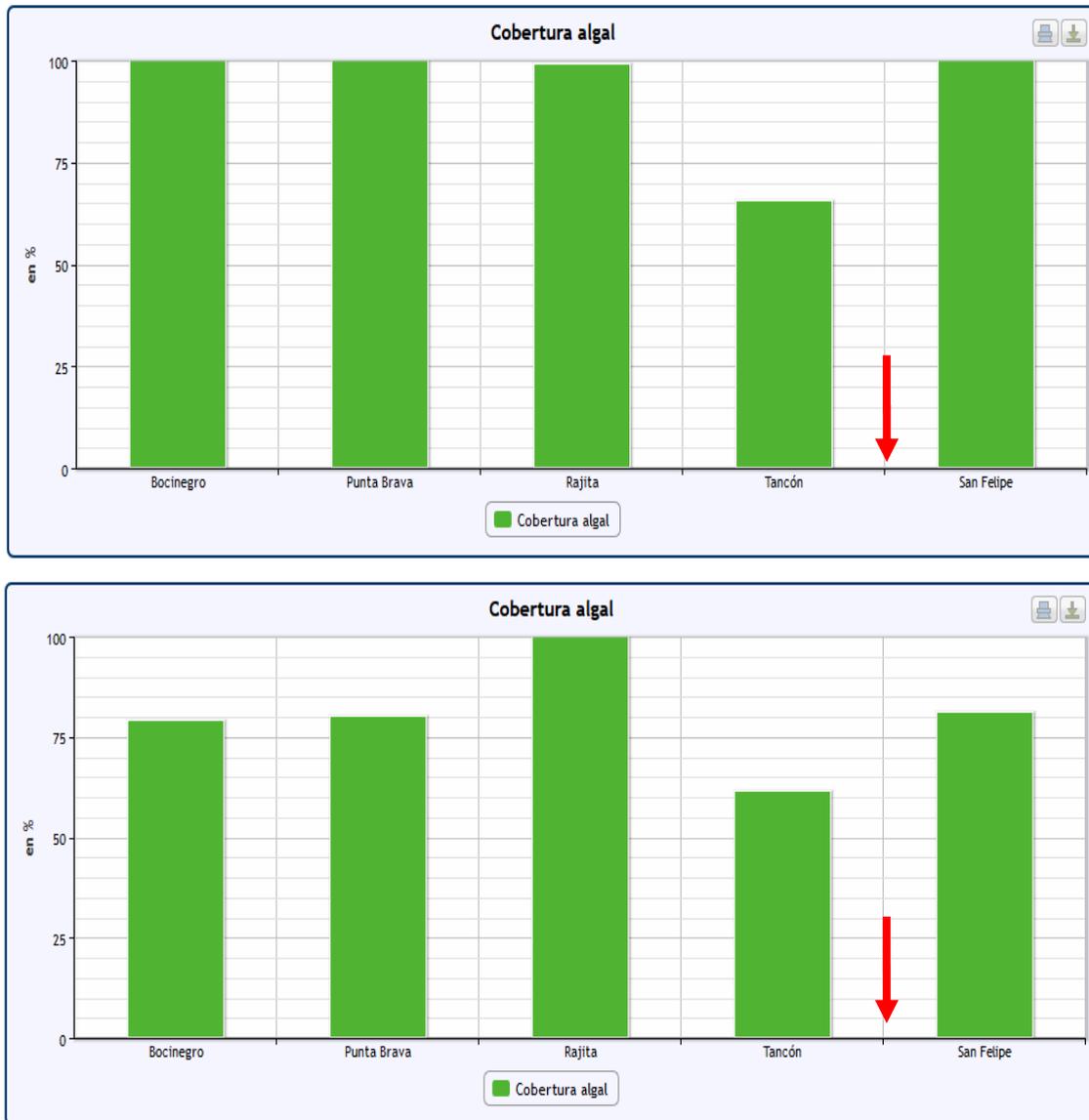


Figura 102. Cobertura algal a lo largo de la costa de Granadilla en 2017; 1º semestre (izqda.) en marzo y 2º (dcha.) semestre, en agosto. La posición del puerto marcada en rojo

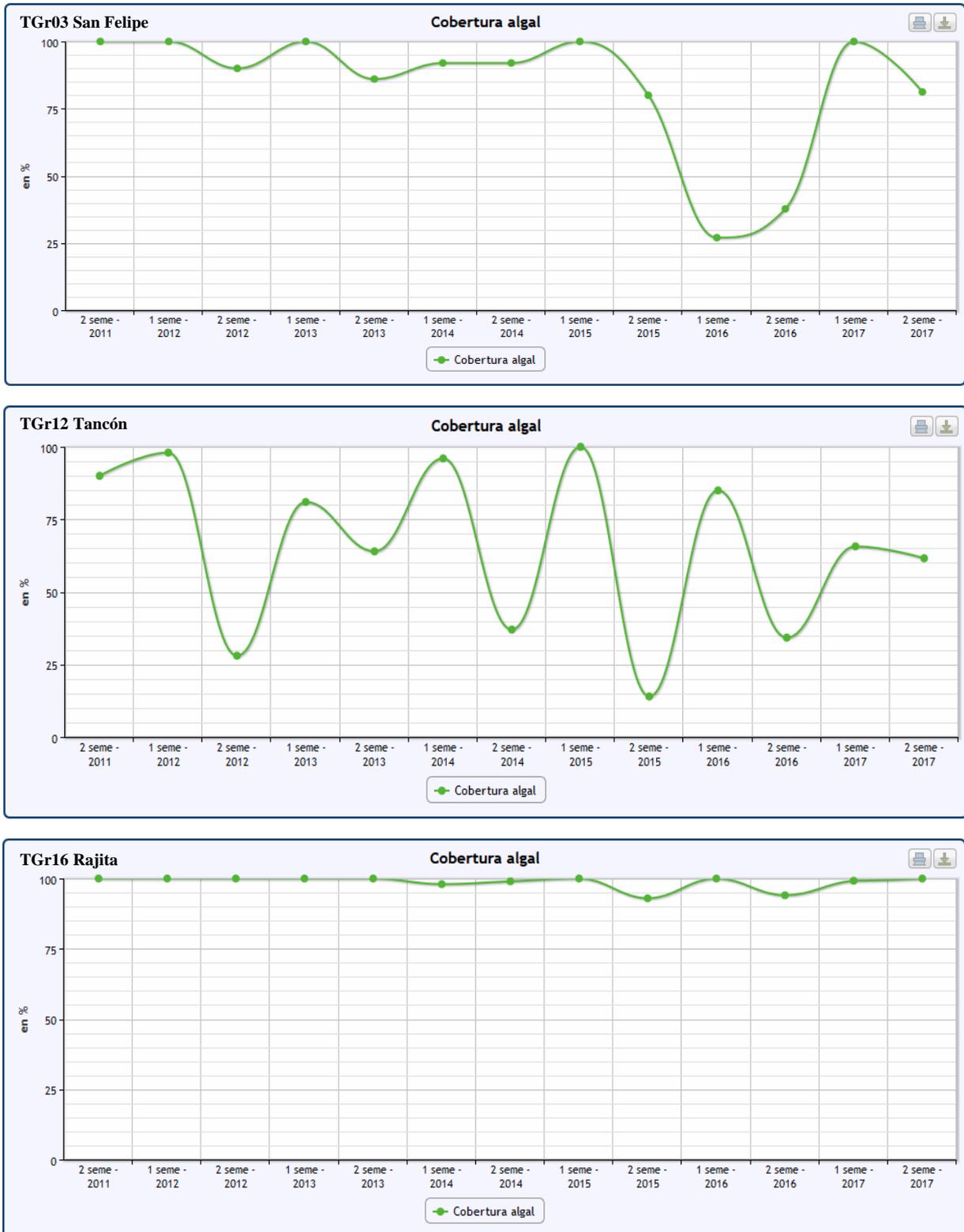


Figura 103. Evolución 2011-2017 cobertura algal en la estaciones (de arriba abajo): TGr03 San Felipe, TGr12 Tancón, y TGr16 Rajita

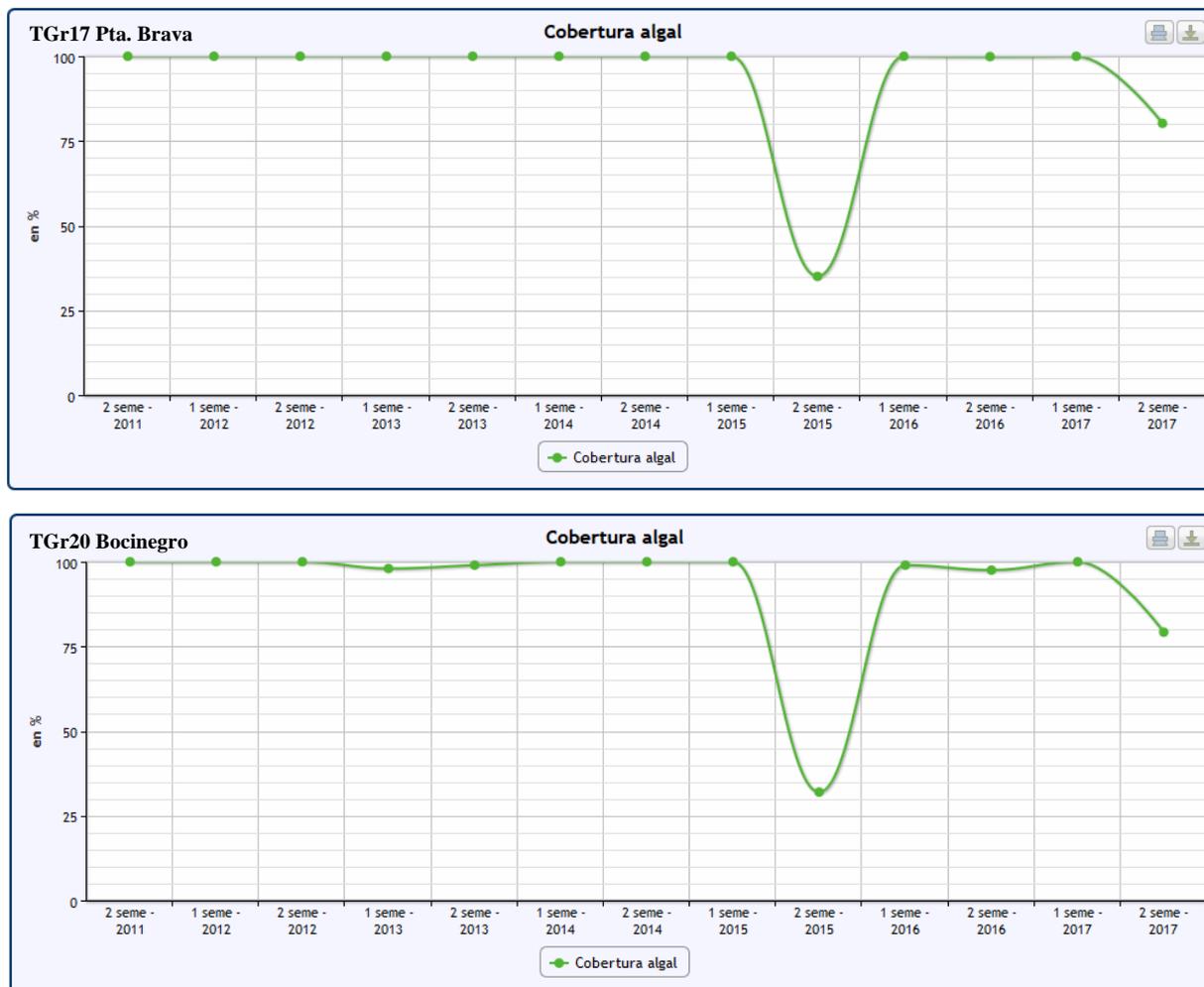


Figura 104. Evolución 2011-2017 cobertura algal en la estaciones (de arriba abajo): TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro

3.6.3 Comunidades de peces litorales

En la fase operativa se continúa monitorizando los peces como grupo representativo idóneo para detectar cambios en la biodiversidad local. En el caso de las especies bentónicas y demersales el muestreo se realiza en tres estaciones fijas (TGr05, TGr10 y TGr18, columnas azules), contando desde el fondo todas las especies presentes en una columna de agua de unos 5,6 m de radio (100 m²) durante dos minutos (con réplicas). El conteo de las especies pelágicas (estaciones TGr07 y TGr15, columnas rosadas) se hace con cámara a 20 m sobre un fondo de 50 m durante dos minutos; se repite una vez, y luego se baja hasta el fondo y se sube hasta la superficie. El área a considerar en estas observaciones es de 5,6 metros de radio. La diversidad de especies se expresa con el índice de Margalef, según la fórmula $S = N^k$, donde $k = \ln S / \ln N$, siendo S el número de especie y N el número de individuos. El PVA en fase operativa plantea que dentro de la dársena portuaria se realizará un recorrido en V con el *rov* grabando con la cámara de video que lleva. Se empieza desde el martillo del dique exterior, hasta el fondo de la dársena y vuelta para terminar en el martillo del contradique. Cuando el *rov* pedido llegue, se comenzará con estos muestreos. En la Tabla 22, al final, se muestran los valores de referencia.



Tabla 20. Campaña de peces litorales en la costa de Granadilla (1º semestre 2017).

Especie	Nombre científico	TGr05 Tarajales	TGr10 Medio	TGr18 Jaquita	TGr7 Camello	TGr15 Pelada
Aguja	<i>Belone belone gracilis</i>				0	0
Anguila jardinera	<i>Heteroconger longissimus</i>					
Araña costera	<i>Trachinus draco</i>	0	0	0		
Barriguda mora	<i>Ophioblennius atlanticus</i>					
Besuguito	<i>Pagellus acarne</i>	0	0	0		
Boga	<i>Boops boops</i>	0	0	0	0	0
Bicuda	<i>Sphyræna viridensis</i>				0	0
Breca	<i>Pagrus pagrus (juvenil)</i>	0	0	0		
Cabrilla	<i>Serranus atricauda</i>	0	0	0		
Chopa	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0	0	0		
Chucho amarillo	<i>Dasyatis pastinaca</i>	0	0	0		
Chucho negro	<i>Teniura grabata</i>	0	0	0		
Doncella	<i>Coris julis</i>					
Dorada	<i>Sparus aurata</i>					
Fula blanca	<i>Chromis limbatus</i>					
Fula negra	<i>Abudefduf luridus</i>					
Gallinita	<i>Canthigaster capistratus</i>	0	0	0		
Gallo	<i>Balistes carolinensis</i>					
Gallo azul	<i>Aluterus scriptus</i>				0	0
Guelde	<i>Atherina presbyter</i>				0	0
Herrera (juveniles)	<i>Lithognathus mormyrus</i>					
Jurel	<i>Pseudocaranx dentex</i>				0	0
Medregal	<i>Seriola dumerilii</i>				0	0
Mojarra	<i>Diplodus annularis</i>	0	0	0		
Palometa	<i>Trachinotes ovatus</i>	0	0	0	0	0
Pejepeine	<i>Xyrichtys novacula</i>	1	0	0		
Pejerey	<i>Pomatomus saltator</i>				0	0
Pejeverde	<i>Thalassoma pavo</i>					
Peto	<i>Acanthocybium soladri</i>				0	0
Rascacio canario	<i>Scorpaena canariensis</i>					
Pejerratón	<i>Myliobatis aquila</i>					
Pejetrompeta	<i>Aulonostomus strigosus</i>					
Sama (juveniles)	<i>Pagrus auriga</i>					
Sardina	<i>Sardina pilchardus</i>				0	0
Salema	<i>Sarpa salpa</i>					
Salmonete	<i>Mullus surmuletus</i>					
Sargo	<i>Diplodus sargus</i>					
Seifía	<i>Diplodus vulgaris</i>	0	0	0		
Tamboril de hondura	<i>Sphoeroides marmoratus</i>	5	4	5		
Tamboril espinoso	<i>Chilomycterus atringa</i>					
Tapaculo	<i>Bothus podas</i>	0	0	0		
Verrugato (juveniles)	<i>Umbrina canariensis</i>					
Vieja	<i>Sparisoma cretense</i>	2	0	1		
Total ejemplares		8	4	6		
Índice de Margalef		0,53	0,0	0,39		

Tabla 21. Campaña de peces litorales en la costa de Granadilla (2º semestre 2017).

Especie	Nombre científico	TGr05 Tarajales	TGr10 Medio	TGr18 Jaquita	TGr7 Camello	TGr15 Pelada
Aguja	<i>Belone belone gracilis</i>				0	0
Anguila jardinera	<i>Heteroconger longissimus</i>					
Araña costera	<i>Trachinus draco</i>	1	0	1		
Barriguda mora	<i>Ophioblennius atlanticus</i>					
Besuguito	<i>Pagellus acarne</i>	0	25	30		
Bicuda	<i>Sphyræna viridensis</i>				0	0
Boga	<i>Boops boops</i>	0	75	300		
Breca	<i>Pagrus pagrus (juvenil)</i>	0	0	0		
Cabrilla	<i>Serranus atricauda</i>	0	0	0		
Chopa	<i>Spondylisoma cantharus</i>	0	0	0		
Chucho amarillo	<i>Dasyatis pastinaca</i>	0	0	0		
Chucho negro	<i>Teniura grabata</i>	0	0	0		
Doncella	<i>Coris julis</i>					
Dorada	<i>Sparus aurata</i>					
Fula blanca	<i>Chromis limbatus</i>					
Fula negra	<i>Abudefduf luridus</i>					
Gallinita	<i>Canthigaster capistratus</i>	4	0	5		
Gallo	<i>Balistes carolinesis</i>					
Gallo azul	<i>Aluterus scriptus</i>				0	0
Guelde	<i>Atherina presbyter</i>				0	0
Herrera (juveniles)	<i>Lithognathus mormyrus</i>					
Jurel	<i>Pseudocaranx dentex</i>				0	0
Medregal	<i>Seriola dumerili</i>				0	0
Mojarra	<i>Diplodus annularis</i>	0	1	0		
Palometa	<i>Trachinotes ovatus</i>	0	0	0	0	0
Pejepeine	<i>Xyrichtys novacula</i>	2	0	0		
Pejerey	<i>Pomatomus saltator</i>				0	0
Pejeverde	<i>Thalassoma pavo</i>					
Peto	<i>Acanthocybium soladri</i>				0	20
Rascacio canario	<i>Scorpaena canariensis</i>					
Pejerratón	<i>Myliobatis aquila</i>					
Pejetrompeta	<i>Aulonostomus strigosus</i>					
Sama (juveniles)	<i>Pagrus auriga</i>					
Sardina	<i>Sardina pilchardus</i>				0	0
Salema	<i>Sarpa salpa</i>					
Salmonete	<i>Mullus surmuletus</i>					
Sargo	<i>Diplodus sargus</i>	0	0	10		
Seifia	<i>Diplodus vulgaris</i>	0	0	0		
Tamboril de hondura	<i>Sphoeroides marmoratus</i>	0	3	0		
Tamboril espinoso	<i>Chilomycterus atringa</i>					
Tapaculo	<i>Bothus podas</i>	4	0	0		
Verrugato (juveniles)	<i>Umbrina canariensis</i>					
Vieja	<i>Sparisoma cretense</i>		5	3		
Total ejemplares		11	109	350		20
Índice de Margalef		0,58	0,34	0,33		0

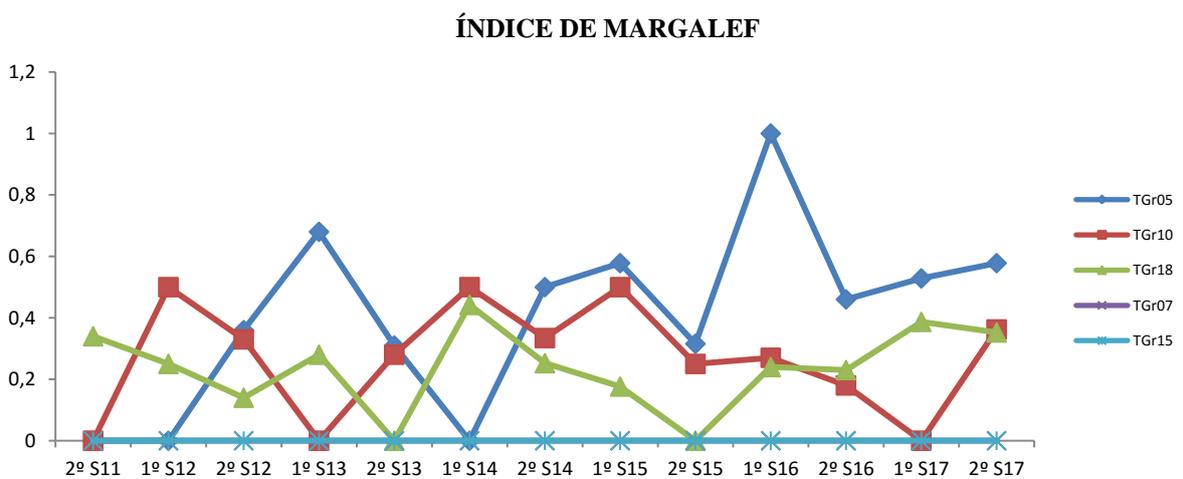
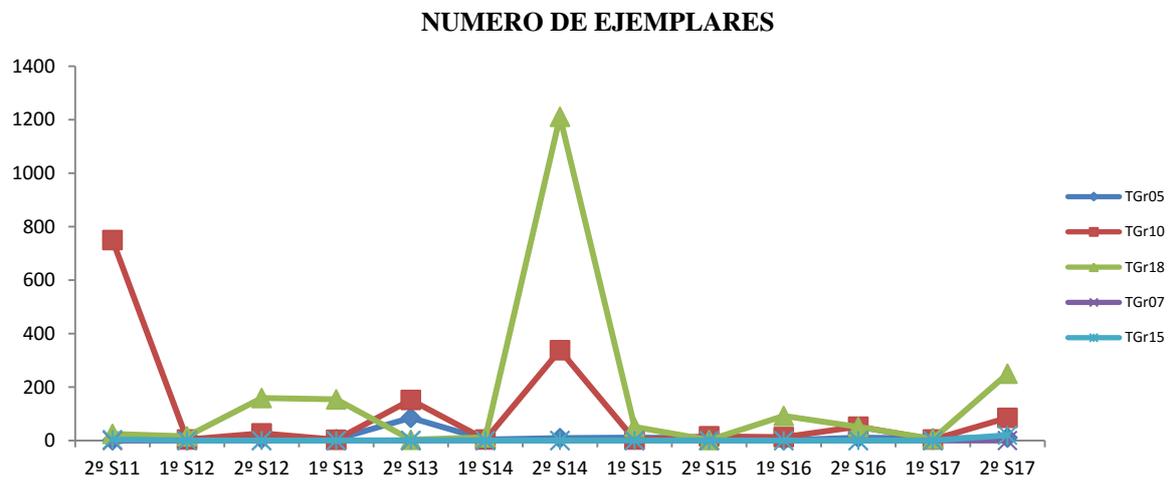
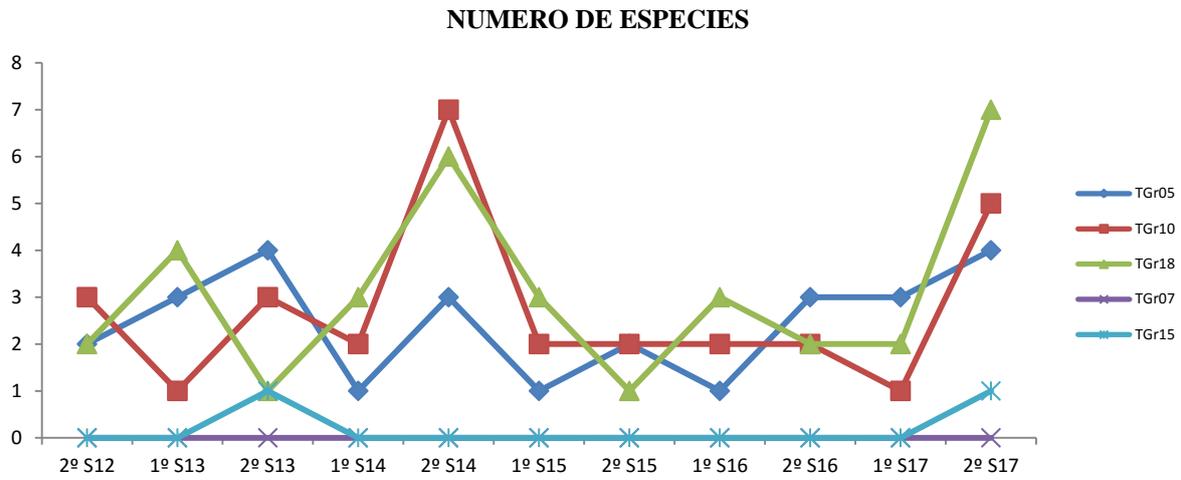


Figura 105. Evolución de la diversidad de peces litorales en la costa de Granadilla. TGr05, TGr10 y TGr18 son demersales; TGr07 y TGr15 son pelágicas

La diversidad (índice de Margalef) de peces demersales en las estaciones escogidas varía sensiblemente de año en año: en 2013 fue de 0,25 para subir en 2014 a 0,31 y 0,36, según el semestre. En el año 2015 su valor fue 0,42 en el primer semestre y 0,19 en el segundo. En 2016 su valor fue de 0,17 y 0,13 respectivamente. En este año 2017 sus valores fueron 0,37 en el primer semestre y 0,21 en el segundo. Dichos índices son media de los índices obtenidos para cada una de las 3 estaciones. Tanto para el año 2016 como para 2017, los valores se ven “lastrados” por la ausencia de peces en la estación TGr05. Habría que aumentar mucho la frecuencia de muestreo para estabilizar la varianza, sobre todo en las estaciones pelágicas, en las cuales la probabilidad de avistamiento es mucho más baja. Solo así, la evolución del número de especies por estación y su abundancia, podrían adquirir significado estadístico como para correlacionar con alguno de los otros parámetros que se registran (Figura 105).

De momento, se mantienen los avistamientos como algo más cualitativo y orientador de cara a detectar la posible aparición de especies no registradas hasta ahora en la zona, o la desaparición de aquéllas que son más fieles y frecuentes. Este seguimiento está siendo intensificado en la fase operativa de la vigilancia ambiental mediante buceo autónomo en la dársena portuaria, a la espera de la llegada del *rov* (*Remote Operated Vehicle*).

Tabla 22. Campaña de referencia de peces litorales en la costa de Granadilla (2º semestre 2011)

Especie	Nombre científico	TGr05 Tarajales	TGr10 Medio	TGr18 Jaquita	TGr7 Camello	TGr15 Pelada
Anguila jardinera	<i>Heteroconger longissimus</i>					
Araña costera	<i>Trachinus draco</i>					
Barriguda mora	<i>Ophioblennius atlanticus</i>					
Besuguito	<i>Pagellus acarne</i>	0	0	16		
Boga	<i>Boops boops</i>	0	>750	0		
Cabrilla reina	<i>Serranus cabrilla</i>					
Chopa	<i>Spondylisoma cantharus</i>					
Chucho amarillo	<i>Dasyatis pastinaca</i>					
Doncella	<i>Coris julis</i>					
Fula blanca	<i>Chromis limbatus</i>					
Fula negra	<i>Abudefduf luridus</i>					
Gallinita	<i>Canthigaster capistratus</i>					
Gallo	<i>Balistes carolinensis</i>					
Gallo azul	<i>Aluterus scriptus</i>	0	0	0	0	4
Mojarra	<i>Diplodus annularis</i>					
Pejepeine	<i>Xyrichtys novacula</i>					
Pejeverde	<i>Thalassoma pavo</i>					
Rascacio canario	<i>Scorpaena canariensis</i>					
Pejerratón	<i>Myliobatis aquila</i>					
Salema	<i>Sarpa salpa</i>					
Salmonete	<i>Mullus surmuletus</i>					
Sargo	<i>Diplodus sargus</i>					
Seiffa	<i>Diplodus vulgaris</i>					
Tamboril de hondura	<i>Sphoeroides marmoratus</i>	1	0	7		
Tamboril espinoso	<i>Chilomycterus atringa</i>					
Tapaculo	<i>Bothus podas</i>					
Pejetrompeta	<i>Aulonostomus strigosus</i>					
Vieja	<i>Sparisoma cretense</i>	0	0	2		
Total ejemplares		1	>750	25	0	4
Índice de Margalef		0	0	0,34	0	0



3.6.4 Comunidades bentónicas

Para monitorizar la evolución de las diferentes comunidades bentónicas presentes en Granadilla se ha elegido una especie representativa por cada biotopo (Figura 106), cuya presencia continuada es indicadora de un buen estado de conservación.

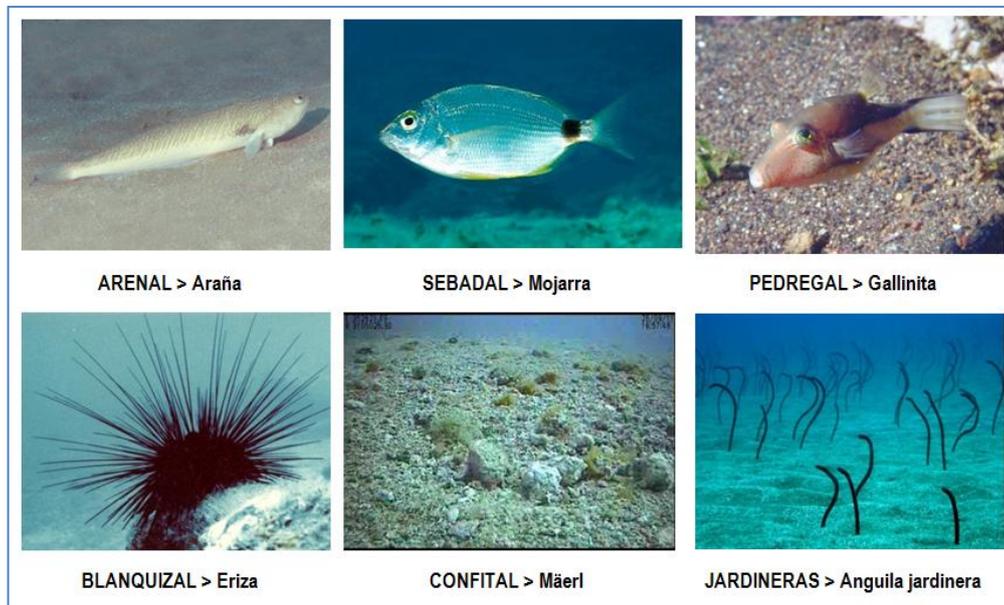


Figura 106. Especies indicadoras de las comunidades bentónicas

Salvo por el mäerl (ver 3.6.11), el muestreo consiste en hacer un transecto de 25 m de largo y contar los ejemplares de la especie elegida observados en una banda de 4 metros de ancho (100 m²). El muestreo se repite dos veces. Las anguilas jardineras, dada la profundidad a la que viven, se cuentan a partir de los transectos de video. En la Figura 106 se muestran las especies indicadoras elegidas. En la fase operativa se concentra este seguimiento en los sectores que cubren la zec Sebadales del Sur de Tenerife, habiéndose descartado las estaciones Chinchorro (TGr21) y Las Lisas (TGr24) y creándose una nueva, la TGr39 para el arenal.

La secuencia de datos desde 2011 hasta el presente apunta a que los vertidos de materiales tuvieron un mayor efecto sobre las comunidades de peces al comienzo de las obras, disminuyendo las especies indicadoras, con la excepción de la anguila jardinera, que aumentó su densidad en 2013 y aún más en 2014, posiblemente favorecida por los propios sedimentos.

En 2015 se observó en las estaciones con sebadal (TGr05 y TGr18) una mayor presencia de mojarras que en años anteriores (hasta 7 ejemplares en TGr05). Esta especie, aunque presente, no muestra una distribución regular además de ser algo huidiza ante la presencia humana. Tal vez, a medida que se ha reducido la cantidad de material vertido o ha mejorado su calidad, el efecto negativo sobre las comunidades que pudiera provocar la turbidez resulte ser menor, pero parece más bien tratarse de fluctuaciones generales de las biocenosis marinas no relacionadas con las obras. En 2017 el efecto arrecife, catalogado como impacto positivo, es de gran importancia. No así para estas estaciones, al estar alejadas del puerto, pero sí en todo el perímetro de éste. Los resultados obtenidos en 2017 se muestran en la tabla que sigue:

Tabla 23. Muestreo de especies indicadoras de los principales hábitats en la costa de Granadilla en 2017

1ª Campaña Abril 2017	Hábitat	TGr05	TGr18	TGr25	TGr26	TGr27	TGr28	TGr29	TGr35	TGr39	Lajón
Araña costera <i>Trachinus draco</i>	Arenal									1	
Mojarra <i>Diplodus annularis</i>	Sebadal	0	0								
Eriza <i>Diadema</i>	Blanquizal			55							
Maërl (% vivo) <i>Lithotamnion</i> spp.	Maërl				96%	76%	6%	98%	98%		
Anguila jardinera <i>Heteroconger</i>	Anguilera										106

1ª Campaña Septiembre 2017	Hábitat	TGr05	TGr18	TGr25	TGr26	TGr27	TGr28	TGr29	TGr35	TGr39	Lajón
Araña costera <i>Trachinus draco</i>	Arenal									1	
Mojarra <i>Diplodus annularis</i>	Sebadal	0	50								
Eriza <i>Diadema</i>	Blanquizal			49							
Maërl (% vivo) <i>Lithotamnion</i> spp.	Maërl				72%	99%	66%	76%	89%		
Anguila jardinera <i>Heteroconger</i>	Anguilera										139

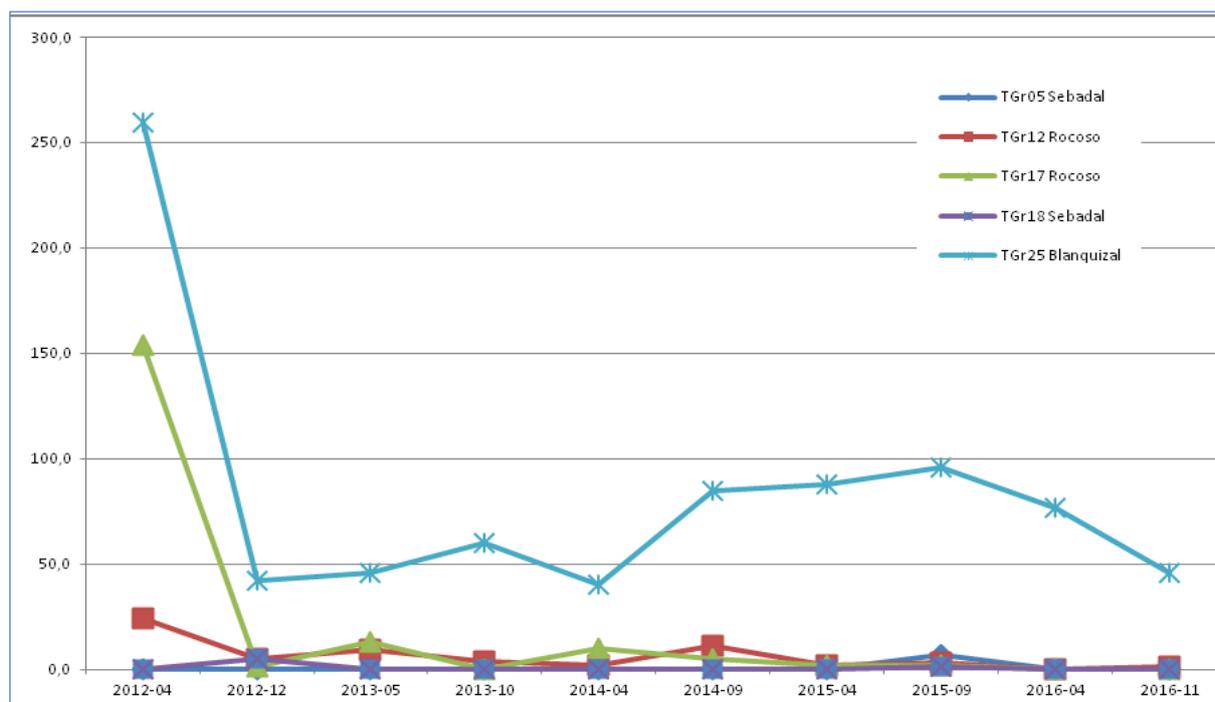


Figura 107. Evolución de las comunidades bentónicas en 7 estaciones de la costa de Granadilla (2012-2016)



3.6.5 Infauna

Los cambios en el sustrato marino al recibir nuevos sedimentos provenientes de las obras (proporción de fango, materia orgánica, arena, etc.) habrán de verse reflejados en la composición relativa de los grupos tróficos que conforman la infauna. Dentro de los variados grupos animales que la componen, el OAG seleccionó a los gusanos poliquetos como el grupo idóneo (fáciles de colectar, abundantes, muy variados, identificables, etc.) indicador de las condiciones generales que configuran la infauna o biocenosis del sustrato.

Para el PVA en fase operativa se mantiene la misma metodología, pero se monitorizan sólo las áreas que puedan mantenerse alteradas y aquellas donde se espera su recuperación, más una de control. Esto reduce el número de estaciones de doce a la mitad. Las estaciones que permanecen son: (TGr05, TGr08, TGr09, TGr10, TGr14, TGr18).

Se toman muestra de 2 Kg de sedimento en cada una de las 6 estaciones prefijadas y se pasan por un tamiz de 0,5 mm de luz de malla. Los ejemplares que quedan retenidos se determinan hasta el nivel de especie, siempre que sea posible. Posteriormente, las especies se agrupan en función de su papel trófico en la biocenosis (depredador, filtrador, etc.) partiendo del régimen de alimentación conocido para las especies que se han inventariado en la zona (datos tomados de Martín et al. (2000)⁵, Riera, R. (2004)⁶ y mismo autor (comunicación personal 2011-2017).

En las gráficas y tablas que siguen se muestra la composición de las biocenosis en cada estación según las dos campañas semestrales de 2017 (febrero y agosto), precedidas por las dos campañas del año anterior (2016) y del último semestre de 2011 (muestreos del 30/9/2011 y 3/10/2011) que se ha de tomar como referencia de la situación previa al inicio de los vertidos en la obra (4/10/2011).

Antes del inicio de las obras, las especies depredadoras dominaban en los sedimentos (85% al promediar todas las estaciones); luego han ido reduciéndose (37%) a la vez que aumentaban las detritívoras y las filtradoras, alcanzando en la segunda mitad de 2013 un 32% y 6 %, respectivamente. En las filtradoras es atribuible al aumento del plancton, y en las detritívoras, por contar con mayor aporte de materiales finos (lodos) y restos del propio plancton.

En 2014 se apreciaron cambios importantes a lo largo de todo el tramo de costa estudiado. Estos cambios fueron posiblemente consecuencia de las avenidas de los barrancos a finales de 2013, y la subsiguiente deposición masiva de sedimentos. Los detritívoros superaban el triple de su representación de referencia, destacando además un repunte de los filtradores en el segundo trimestre. Los predadores, por su parte, seguían con menos presencia que en la referencia (aprox. 50% frente al 80%).

En 2015 hubo algún cambio. En el 1º semestre la estación Tajao y en el 2º semestre Lajón y Medio vuelven a presentar la misma composición que tenían en 2011 (recuperación de depredadores). En el resto de las estaciones seguían dominando los detritívoros.

⁵ Martín, D., Pinedo, S. & Sardá, R. (2000). Distribution patterns and trophic structure of soft-bottom polychaete assemblages in a North-Western Mediterranean shallow-water bay. *Phleia* 53 (1): 1-17.

⁶ Riera, R. 2004. *Comunidad meiofaunal de las playas de Los Abrigos del Porís y de Los Cristianos en la isla de Tenerife. Estructura y dinámica de sus comunidades*. Tesis doctoral, Universidad de La Laguna, 486 pp.

Tabla 24. Régimen trófico de las especies de poliquetos encontradas en Granadilla con tamiz de 0,5 mm

Especie	Régimen	Especie	Régimen
<i>Aonides oxycephala</i>	Predador	<i>Periquesta canariensis</i>	Detritívoro
<i>Aponuphis bilineata</i>	Predador	<i>Phyllodoce mucosa</i>	Predador
<i>Aricidea assimilis</i>	Detritívoro	<i>Phyllodoce</i> sp.	Predador
<i>Armandia cirrhosa</i>	Detritívoro	<i>Pisione guanche</i>	Predador
<i>Cauleriella bioculata</i>	Filtrador	<i>Poecilochaetous serpens</i>	Detritívoro
<i>Capitomastus minimus</i>	Detritívoro	<i>Polyophtalmus pictus</i>	Detritívoro
<i>Chone filicauda</i>	Filtrador	<i>Prionospio steenstrupii</i>	Detritívoro
<i>Cirriformia tentaculata</i>	Filtrador	<i>Psamathe fusca</i>	Predador
<i>Cirrophorus perdidoensis</i>	Detritívoro	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	Predador
<i>Demonax brachychona</i>	Filtrador	<i>Protomistides</i> sp.	Predador
<i>Desdemonia</i> sp.	Filtrador	<i>Psammolyce arenosa</i>	Predador
<i>Exogone breviantennata</i>	Detritívoro	<i>Pseudomistides limbata</i>	Predador
<i>Eunice vittata</i>	Predador	<i>Questa caudicirra</i>	Detritívoro
<i>Grania</i> sp.	Detritívoro	<i>Sabellidae</i> sp.	Filtrador
<i>Glycera dayi</i>	Predador	<i>Saccocimus papillocercus</i>	Detritívoro
<i>Harmothoe</i> sp.	Predador	<i>Schoeredella laubieri</i>	Detritívoro
<i>Lanice conchilega</i>	Filtrador	<i>Scolaricia typica</i>	Detritívoro
<i>Lumbinerides acuta</i>	Predador	<i>Scoloplos (Leodamas)</i> sp.	Detritívoro
<i>Lumbrineris cingulata</i>	Predador	<i>Scoloplos armiger</i>	Detritívoro
<i>Lumbrineris latreillii</i>	Predador	<i>Sigalion squamatum</i>	Predador
<i>Maldanidae</i> sp.	Detritívoro	<i>Spio filicornis</i>	Predador
<i>Neantes rubicunda</i>	Predador	<i>Spio</i> sp.	Predador
<i>Nematonereis unicornis</i>	Predador	<i>Streptosyllis bidentata</i>	Detritívoro
<i>Nereis</i> sp.	Predador	<i>Streptosyllis campoyi</i>	Detritívoro
<i>Onuphis eremita</i>	Predador	<i>Streptosyllis</i> sp.	Detritívoro
<i>Orbinia latreillii</i>	Detritívoro	<i>Syllis</i> sp.	Predador
<i>Pelogenia arenosa</i>	Predador		

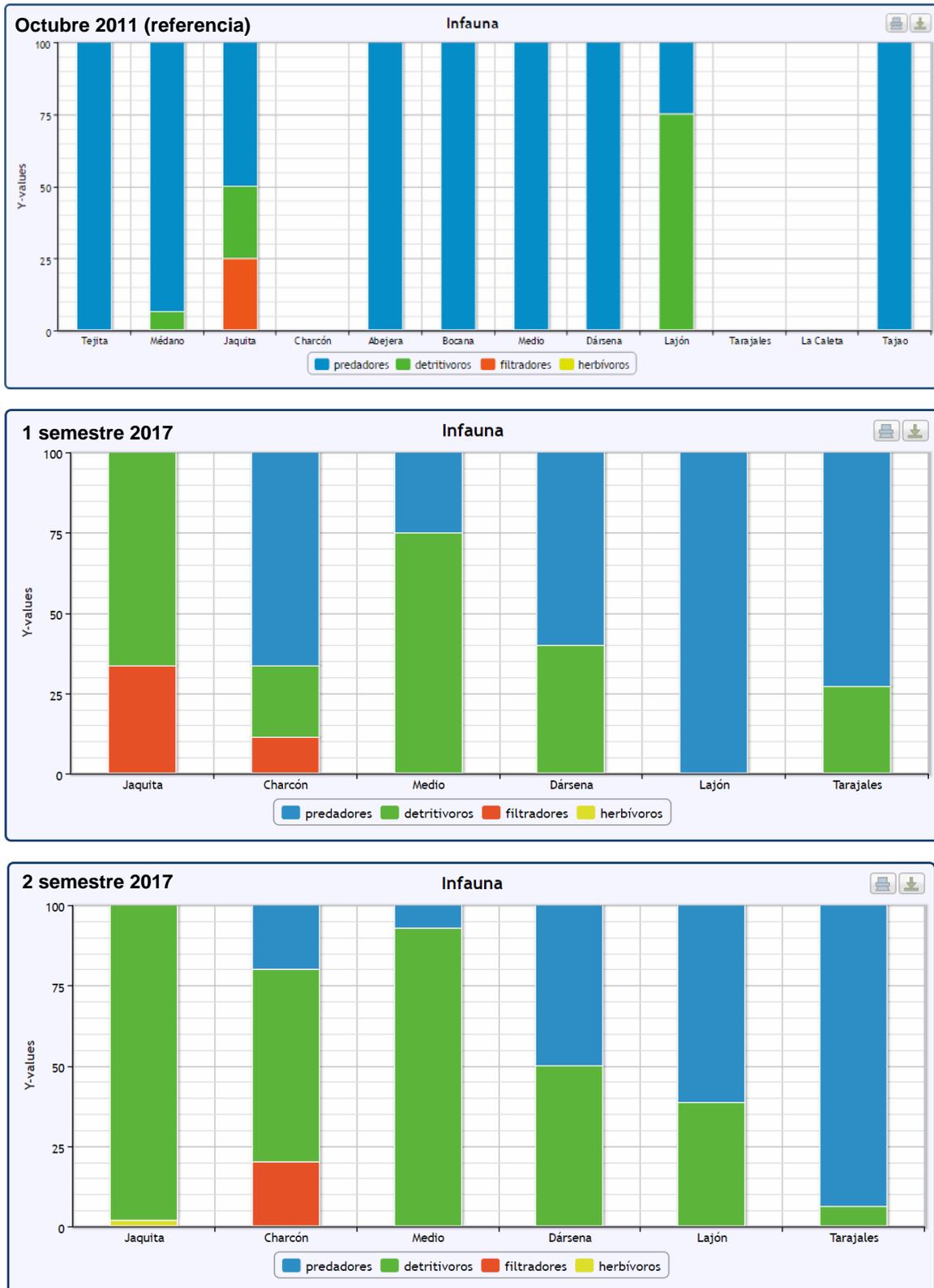


Figura 108. Perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en estaciones a lo largo de la costa de Granadilla. Referencia 2011 (arriba), 1^{er} semestre 2017 (medio) y 2^o semestre 2017 (abajo)

Tabla 25. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla: 2011 y 2016.

2º sem. 2011	TGr22	TGr19	TGr18	TGr14	TGr13	TGr11	TGr10	TGr09	TGr08	TGr05	TGr04	TGr02	Media
Predadores (%)	100	93	50	0	100	100	100	100	25	0		100	85,3
Detritívoros (%)	0	7	25	0	0	0	0	0	75	0		0	11,9
Filtradores (%)	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0		0	2,8
Total = 43 exx.	7	15	4	0	1	5	5	1	4	0		1	
Índice Margalef	0,36	0,51	0,79	-	0	0,4	0,68	0	1	-		0	0,41
1º sem. 2016	TGr22	TGr19	TGr18	TGr14	TGr13	TGr11	TGr10	TGr09	TGr08	TGr05	TGr04	TGr02	Media
Predadores (%)	0	9	38	35	38	57	33	20	78	70	73	73	50,92
Detritívoros (%)	100	91	25	54	63	43	42	60	22	30	27	24	44,04
Filtradores (%)	0	0	38	12	0	0	25	20	0	0	0	3	5,05
Herbívoros (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Total= 218 exx.	14	11	8	26	24	14	12	5	18	27	22	37	18,17
Índice Margalef	0,42	0,46	0,94	0,67	0,78	0,79	0,84	0,86	0,76	0,67	0,74	0,69	0,72
2º sem. 2016	TGr22	TGr19	TGr18	TGr14	TGr13	TGr11	TGr10	TGr09	TGr08	TGr05	TGr04	TGr02	Media
Predadores (%)	100	50	40	0	5	91	18	77	94	61	86	22	65,35
Detritívoros (%)	0	50	57	100	95	5	82	17	6	39	14	78	32,39
Filtradores (%)	0	0	3	0	0	3	0	7	0	0	0	0	2,25
Herbívoros (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Total= 355 ejemplares	4	12	30	3	21	92	22	60	16	28	44	23	29,58
Índice Margalef	0,79	0,56	0,71	1,00	0,59	0,55	0,58	0,63	0,65	0,66	0,63	0,66	0,67

Tabla 26. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla en 2017

1º sem. 2017	TGr18	TGr14	TGr10	TGr09	TGr08	TGr05	Media
Predadores (%)	0	67	25	60	100	73	62,50
Detritívoros (%)	67	22	75	40	0	27	33,33
Filtradores (%)	33	11	0	0	0	0	4,17
Herbívoros (%)	0	0	0	0	0	0	0,00
Total= 48 ejemplares	3	9	4	5	1	26	8,00
Índice Margalef	0,63	0,82	0,79	0,68	0,00	0,49	0,57
2º sem. 2017	TGr18	TGr14	TGr10	TGr09	TGr08	TGr05	Media
Predadores (%)	0	20	7	50	62	94	23,97
Detritívoros (%)	98	60	93	50	38	6	73,55
Filtradores (%)	0	20	0	0	0	0	1,65
Herbívoros (%)	2	0	0	0	0	0	0,83
Total= 120 ejemplares	51	10	28	2	13	16	20,00
Índice Margalef	0,53	0,78	0,48	1,00	0,76	0,70	0,71

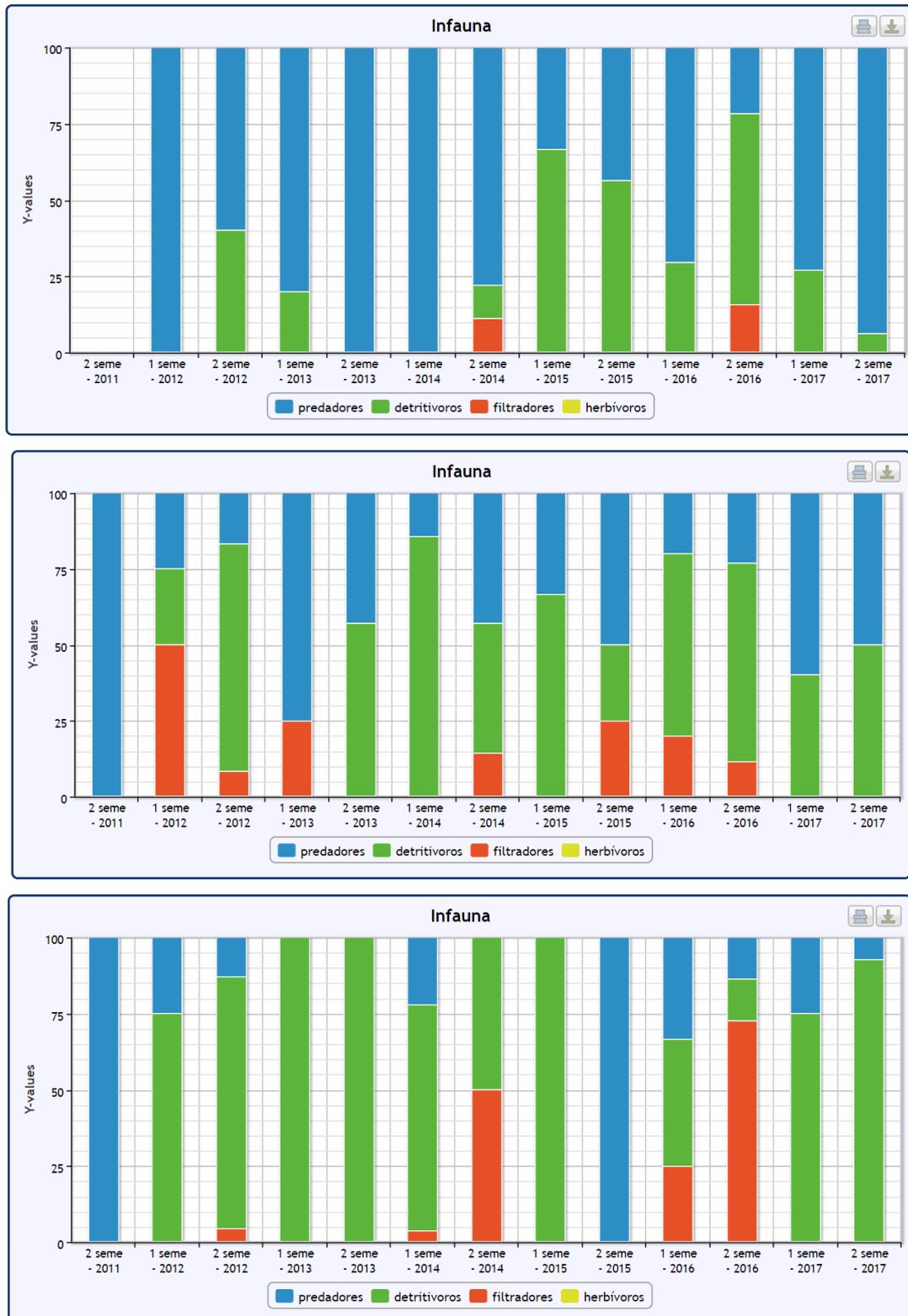


Figura 109. Evolución de los perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en el periodo 2011-2017: al norte del puerto (arriba = Tarajales), en el puerto (puerto = Dársena) y al sur del puerto (abajo = Medio)

En 2016 el número de ejemplares muestreados aumentó considerablemente (218 ejemplares en el primer semestre y 355 en el segundo), frente a los 24 del primer y 134 del segundo semestre de 2015, manteniendo la misma tendencia de mayoría de ejemplares predadores seguido de los detritívoros y, en menor medida, de filtradores. En 2016 es cuando se produce el mayor pico de ejemplares en los sedimentos.

En 2017, el número de ejemplares obtenidos en el primer (46) y segundo (120) trimestre es notoriamente inferior a los registrados en 2016: 96 y 159 ejemplares, respectivamente. La composición en poliquetos empieza a aproximarse a las condiciones previas a las obras del puerto.

3.6.6 Perfiles y cartografía bionómica

3.6.6.1 Transectos bionómicos

Los cinco transectos fijos dispuestos estratégicamente cubren ampliamente las comunidades objeto de seguimiento y los eventuales cambios que se produzcan. Para este año 2017 y coincidiendo con el inicio del plan de vigilancia en fase operativa se ha realizado un nuevo transecto, denominado Travieso, paralelo a la costa y que discurre en torno los 15 m de profundidad. Servirá para valorar el estado del seabadal en los límites de la ZEC/puerto. Dicho transecto tiene aproximadamente una longitud de 4 km y va desde las inmediaciones de la Montaña Roja hasta la boya del OAG (Figura 110).

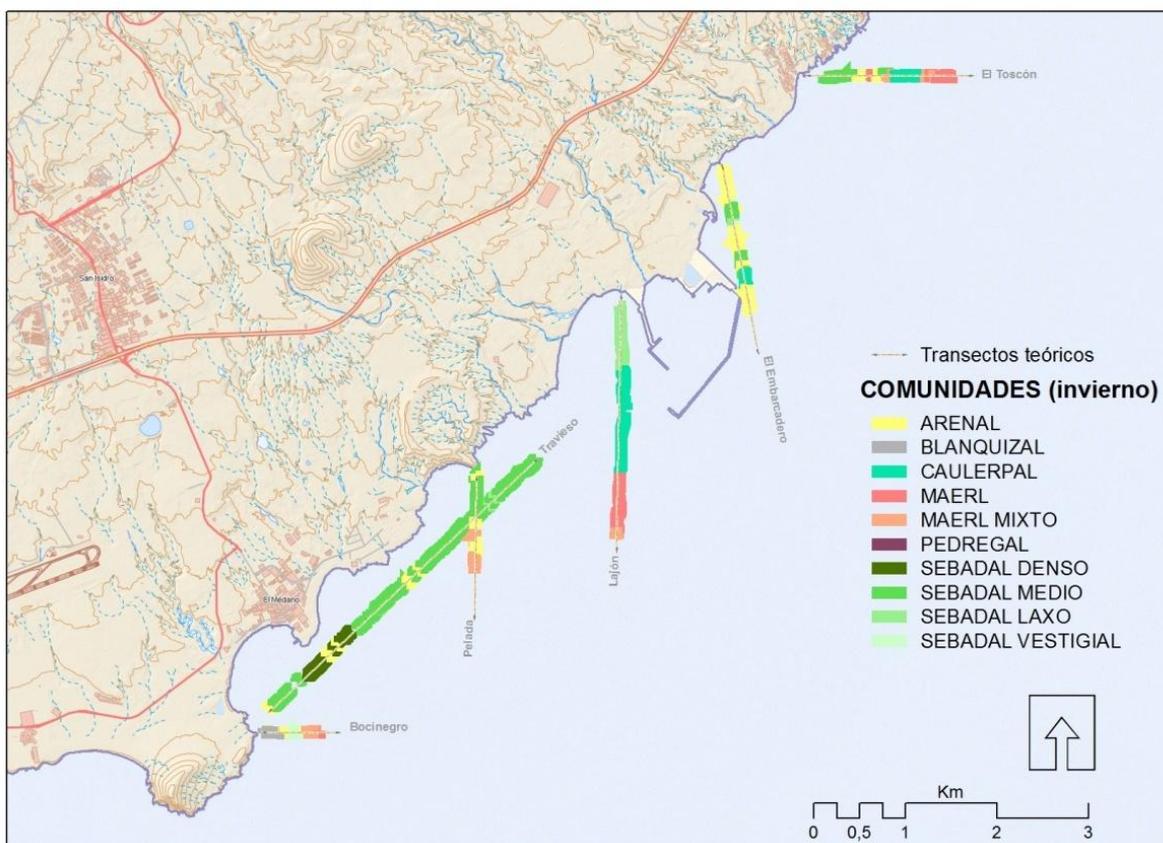


Figura 110. Transectos con su espectro bionómicos; invierno de 2017

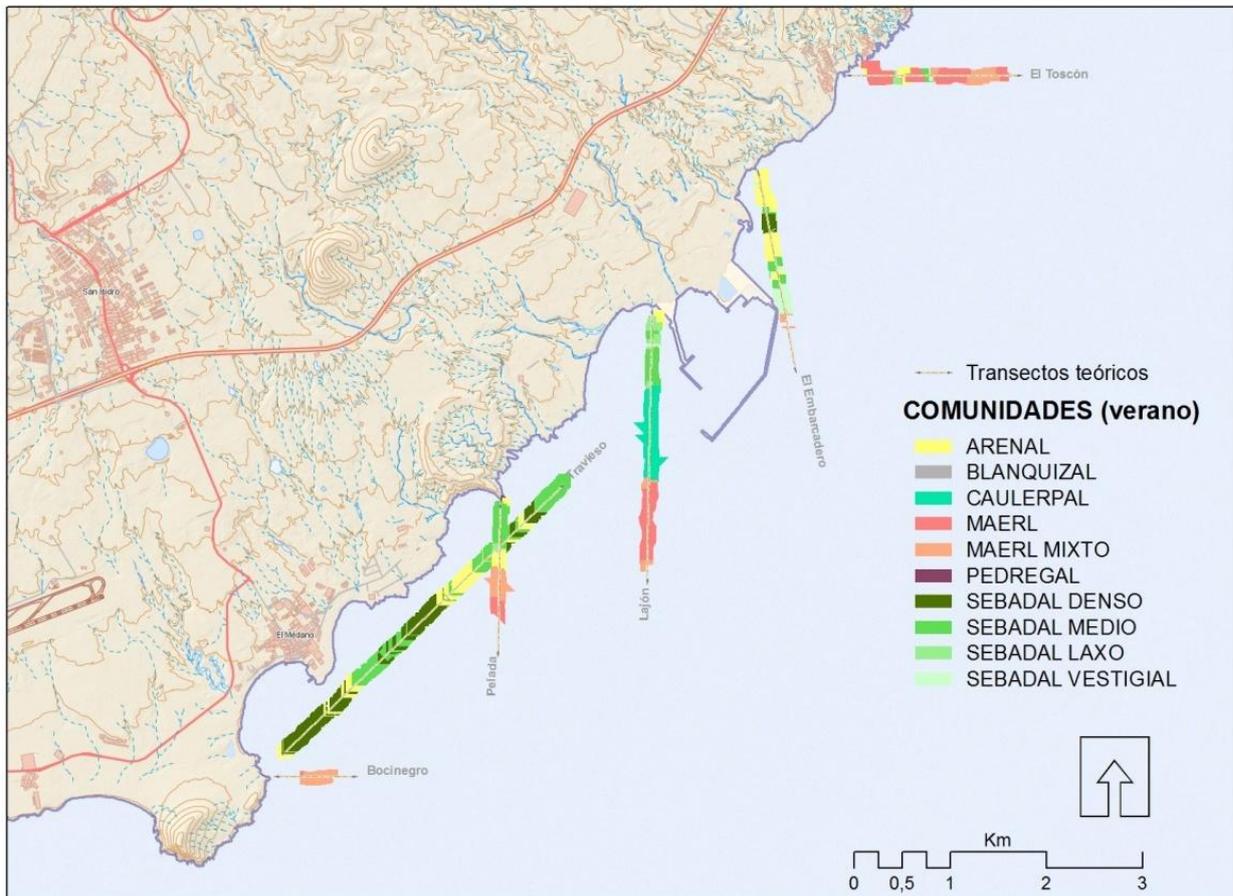


Figura 111. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2017

Se emplea una cámara de vídeo Sony montada en un patín que es arrastrado desde la embarcación del OAG, el Avatar. El programa “Mirafondos” –desarrollado por el OAG a tal fin– graba las imágenes con posicionamiento real. El patín lleva dos cámaras auxiliares *GoPro*: una con filtro rojo y otra sin filtro, que graban video y sacan fotos cada cinco segundos.

Las imágenes se interpretan posteriormente, clasificándose las comunidades vivas y los fondos por separado, para luego agregarlos según el esquema de hábitat adoptado. Se navega siguiendo el perfil preestablecido, desde tierra a mar adentro, hasta alcanzar la cota de -50 m. En el caso del transecto Travieso se han definido punto de inicio y final. El propósito es poder expresar en percentiles la evolución de cada hábitat (crecimiento, reducción, sustitución, etc.). Además, los vídeos conservan una valiosa información sobre las comunidades existentes.

Los transectos están programados para ser realizados en marzo (fenología invernal) y en septiembre (fenología estival). En 2017 se realizó el transecto de invierno en abril y el de verano en octubre (Figura 110, Figura 111).

Tabla 27. Tipos de hábitats bentónicos y su código

Sigla	Descripción
AL	Algar: Esta unidad y el blanquizal pueden coexistir sobre sustrato rocoso, y se prioriza por dominio visual en la imagen.
BL	Blanquizal: La inclusión del pedregal como otra unidad bionómica no es posible al no poderse observar el contenido infralapidícola.
AR	Arenal: Sustrato granular con predominio de contenido mineral.
SV	Sebadal vestigial: Brotes dispersos sin estar conectados aparentemente.
SL	Sebadal laxo: Son las densidades de las praderas más frecuentes, cuya diferencia e identificación está condicionada por la extensión a lo largo del transecto y del campo de visión.
SM	Sebadal medio: En ocasiones puede estar en maërl, y se prioriza la especie dominante en la imagen.
SD	Sebadal denso: Su presencia suele ser restringida y difícil de diferenciar del sebadal medio según la altura de la pradera y el ángulo de visión.
MA	Maërl: Se presenta con varios niveles de granulometría, de escasos cm de diámetro, denominados confites, y de varios cm en general de conformación redonda, denominados rodolitos. Ambos pueden estar vivos, de ligero color rosa, o muertos, de color blanco. En este apartado no se consideran otras especies de carácter vestigial.
MM	Maërl mixto: Aquí el maërl actúa como sustrato o hábitat de otras especies, vegetales y animales, de las que se pueden determinar en imagen unas siete especies: <ul style="list-style-type: none"> - SV/SL (Sebadal vestigial o laxo de escasa presencia) - HD (<i>Halophila decipiens</i>) - CP (el alga verde <i>Caulerpa prolifera</i>) - BV (el sabélido <i>Bispira viola</i>) - OC (presuntos montículos del equiúrido <i>Ochetostoma</i>) - SG (el erizo <i>Sphaerechinus granularis</i>) - AJ (la anguila jardinera <i>Heteroconger longissimus</i>)
C	Caulerpal: Se introduce esta categoría en este año 2017 debido a la presencia de algunas zonas dominadas por el alga verde <i>Caulerpa</i> . Principalmente suele aparecer formando caulerpales la especie <i>C. prolifera</i> aunque se pueden observar también otras especies del género. Se debe tener en cuenta que el sustrato presente normalmente es arena, aunque en algunas ocasiones aparece sobre fondo de maërl fino.

Los "hábitat" o comunidades bentónicas tipificadas a efectos de la vigilancia ambiental, son los que se muestran en la Tabla 27. Las transiciones entre unos y otros pueden ser suaves y ofrecer todo tipo de combinaciones. Las especies se acomodan allí donde las circunstancias se lo permiten, al margen de las etiquetas que queramos poner al resultado final. Además, no siempre es fácil seguir el transecto teórico con precisión debido a las condiciones del mar (corrientes, mareas, etc.), por lo que se debe asumir un error de +/- 25 metros.

Los fondos en la zona objeto de estudio son, por lo general, blandos o granulares, no rocosos ni con pedregales significativos, salvo en las áreas más pegadas a la orilla. La naturaleza del



sustrato comienza por ser volcánica pura (granulometría media) para ir adquiriendo con la profundidad (> -15 m) naturaleza calcárea debido a los bioclastos. A partir de los -20 m suele aumentar la granulometría notablemente con la presencia de elementos biológicos vivos de color rosa (anises) o blancos (confites y rodilitos, de varios centímetros de diámetro) (Figura 112).

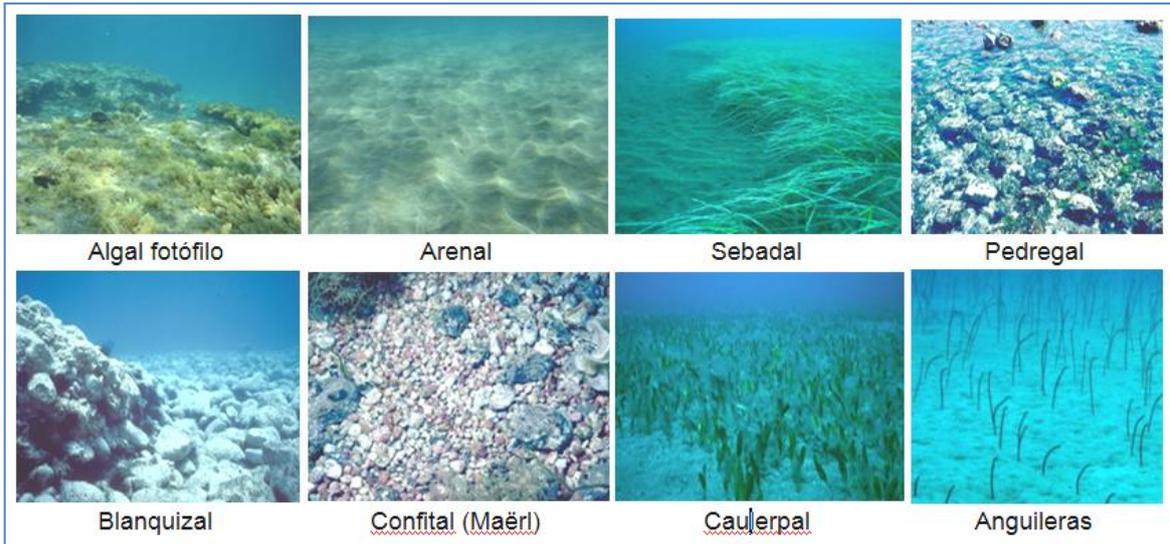


Figura 112. Aspecto de los distintos hábitats tipificados

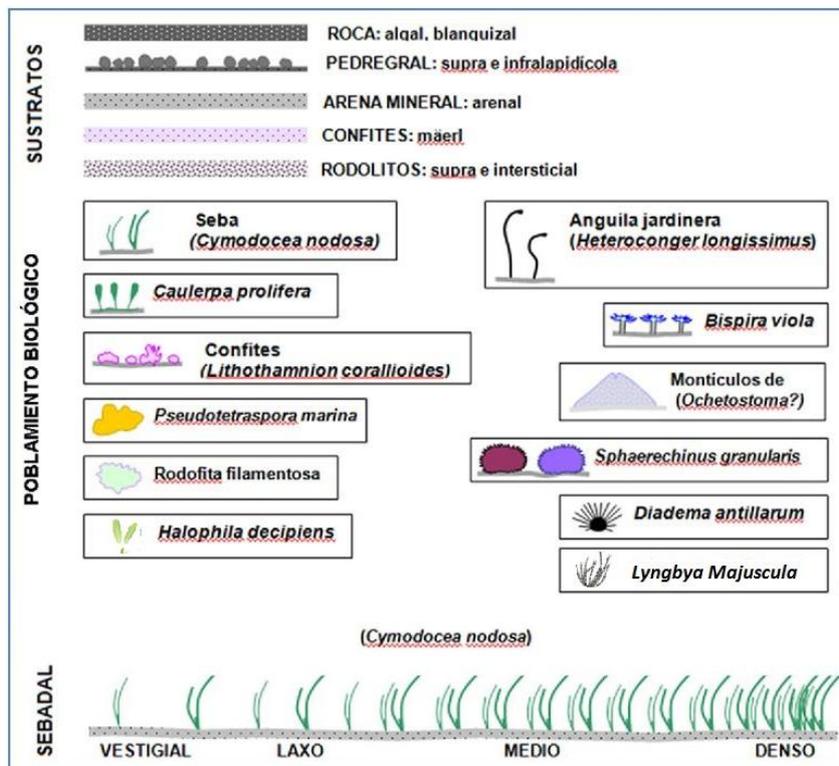


Figura 113. Simbología empleada en los diagramas bionómicos

Además de en perfiles bionómicos (Figura 119 - Figura 122), los resultados de cada transecto se resumen en diagramas sinópticos –uno invernal y otro estival– con simbología que representa las especies (Figura 113), la longitud planificada del transecto (la real puede variar ligeramente) y los comentarios más relevantes al pie. Este años se ha añadido un símbolo para la alga invasora *Lyngbya majuscula*, inexistente en los años previos.

TRANSECTO TOSCÓN (2.219 M, RUMBO 90°)

Tanto en verano como en invierno se observan fondos someros de arenal con *ripples* y sebadales de densidad laxa o media. A unos -14 m comienzan los fondos de *maërl* conjuntamente con arena y afloramientos rocosos; a partir de los -15 m el sustrato es *maërl*, apareciendo intercalado, aproximadamente a los -18 m, con sebadal de densidad media y a los -22 m con *Caulerpa prolifera* en manchones y algunos ejemplares de *Cymodocea nodosa* aislados. A partir de los -24 m cabe destacar la presencia junto de que parece una gran pradera de *Caulerpa racemosa* algo de seba vestigial. Por debajo de -30 m el sustrato es *maërl*, al principio con algo de *Caulerpa* vestigial y a mayor profundidad con rodolitos exclusivamente (Figura 114).

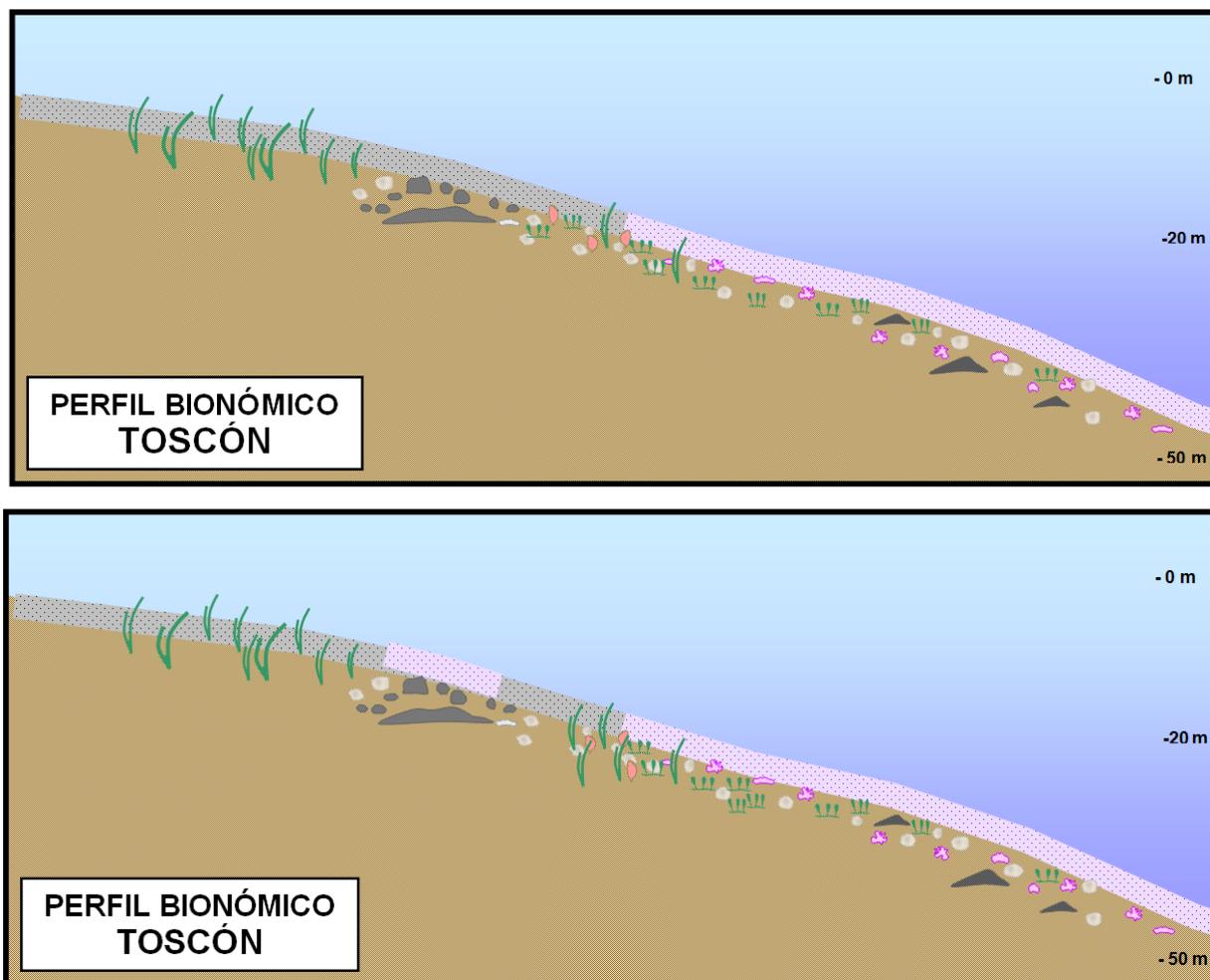


Figura 114. Transecto Toscón en 2017. Perfil bionómico invernal (arriba), estival (abajo)



TRANSECTO EMBARCADERO (1.740 M, RUMBO 169°)

En ambas campañas los fondos someros son arenales con amplias ondulaciones y desprovistos de sebas, que aparecen aproximadamente a -10 m en baja densidad (laxa), media y densa. Por debajo se suceden manchones de densidad media, densa y laxa con calvas más o menos extensas hasta -17 m, donde el fondo de arenal se eleva hasta -16 m, y al volver a subir, a -14 m aparecen manchones de sebadal medio y laxo. Seguidamente (-17 m) al sebadal lo acompaña *Caulerpa prolifera* y otras algas aparentemente rodofitas. Por debajo de -21 m se extiende un arenal con frecuentes depósitos de piedras angulosas de diverso tamaño (la mayoría pequeñas), proveniente del enrase de la obra de defensa del puerto en torno los -37 m. En el periodo estival se encuentran algunos ejemplares aislados de la fanerógama *Halophila decipiens* (Figura 115).

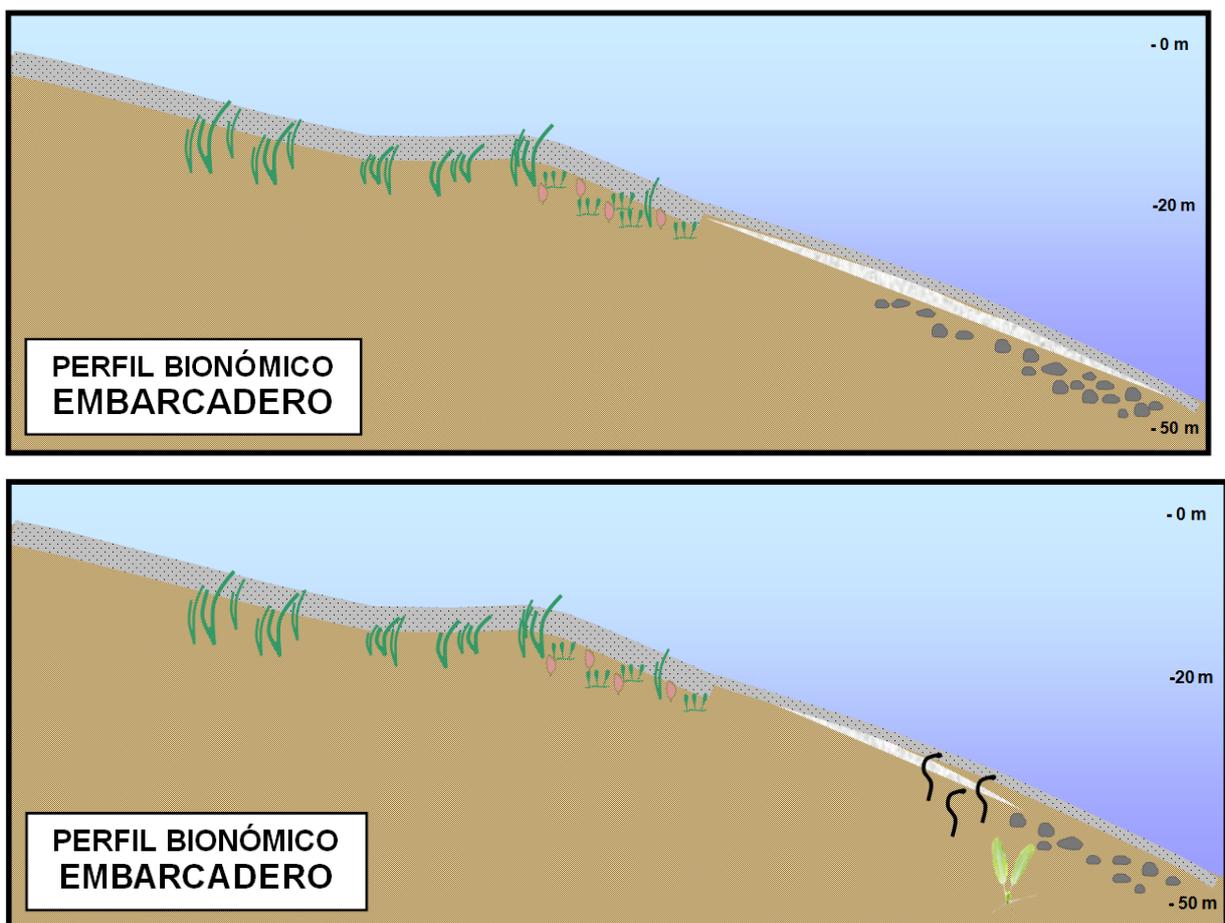


Figura 115. Transecto Embarcadero en 2017. Perfil bionómico invernal (arriba), estival (abajo)

TRANSECTO LAJÓN (3.124 M, RUMBO 180°)

En invierno, parece haber una degradación con respecto a épocas anteriores. Desde el comienzo se observa una pérdida sustancial del sebadal, epifitado principalmente por hidroideos, y el desarrollo desde el comienzo hasta unos -18 m de *Caulerpa racemosa*, siendo sustituida desde los -18 m por *Caulerpa prolifera*, que domina abundantemente estos fondos

hasta unos -23 m, ya en sustrato de *maërl*. Las anguilas jardineras solamente aparecen por debajo de -45 m, como es habitual en estas costas (Figura 116).

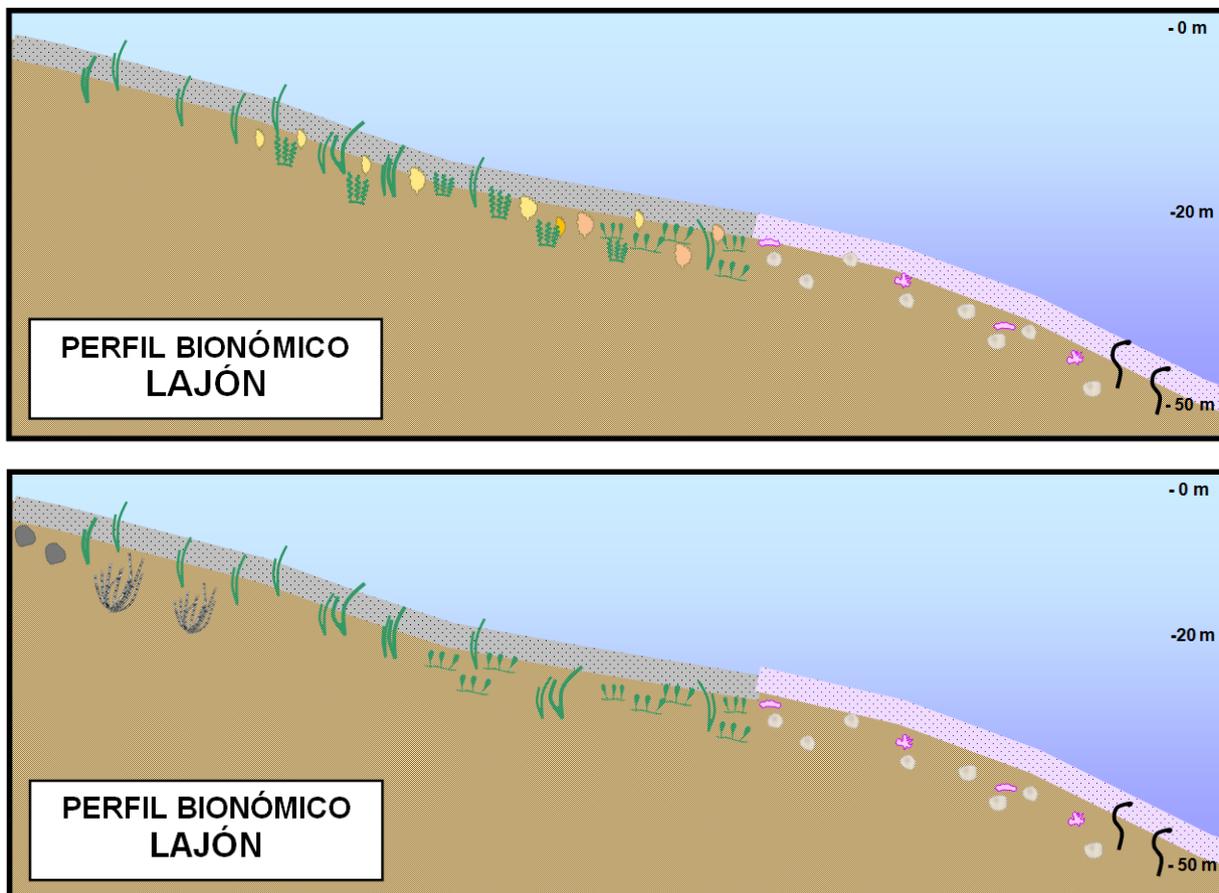


Figura 116. Transecto Lajón en 2017. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

En verano, sin embargo se observan algunos cambios especialmente en la zona menos profunda. Comienza el transecto con algunas rocas sueltas, posteriormente un fondo de arena con un tapiz de la cianobacteria *Lyngbya* sp. A partir de los - 5 m aparecen seadales laxos intercalados con seadales con densidad foliar media y con *Lyngbya* sp. en sus hojas. También se aprecia crecimiento de *Lyngbya* en el fondo arenoso. En torno los -18 m comienza a verse *Caulerpa prolifera* conjuntamente con la seba. Dominará en algunos tramos hasta aproximadamente -22 m. Finalmente, a partir de los -23 m se observa un predominio de *maërl* y anguila jardinera hasta el final del transecto.

TRANSECTO PELADA (1.567 M, RUMBO 180°)

En invierno, los fondos someros hasta unos -17 m presentan seadales de densidad media con arenales de diversa magnitud, siendo las calvas y amplios canales con los bordes erosionados, en “escalón”, bastante frecuentes. Por debajo baja la densidad del sebadal y aumenta progresivamente la materia granular calcárea en los arenales, con anguilas a partir de -20 m hasta el final del transecto. El fondo de *maërl*, y de rodolitos con densidad variable, comienza a partir de -24 m, y *Caulerpa prolifera* de -39 m hasta el final (Figura 117).



En verano se observa en el inicio del transecto una baja con piedras con tapiz algar pasando a fondo de arena a partir de los -3 m. Después de unos metros de observar un fondo exclusivo de arena comienza a aparecer seba dales medios y laxos hasta la cota aproximada de -20 m, a partir de la cual se desarrollan fondos de maërl con anguilas jardineras y de forma muy puntual *Caulerpa prolifera*.

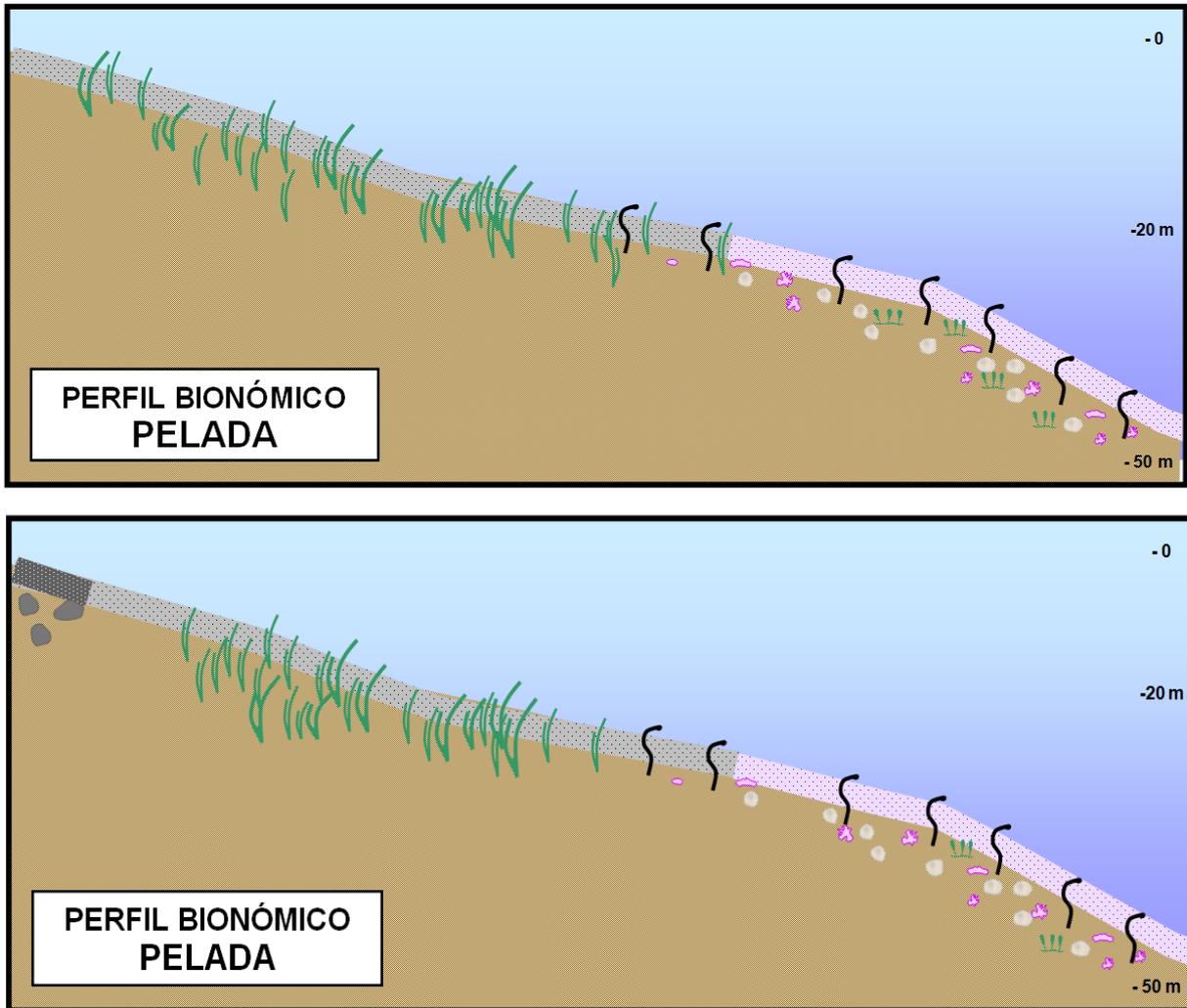


Figura 117. Transecto Pelada en 2017. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

TRANSECTO BOCINEGRO (596 m, rumbo 90°)

En los fondos someros, hasta unos 14-16 m de profundidad se desarrolla un blanquizal con una densidad de *Diadema africanum* dependiente de la presencia de irregularidades o refugios para esta especie, con un máximo hacia los -6 m, así como un algar de amplia cobertura pero escasa potencia formado por una especie filamentosa, parda o roja, indeterminada. Por debajo aparecen depósitos arenosos con material granular calcáreo. Hacia los -19 m aparece seba de forma laxa, así como *Caulerpa racemosa* y anguilas jardineras. En fondos de maërl, por debajo de 27 m de profundidad se observa a *Bispira viola*, por lo general en áreas discretas, y rodolitos entre unos -30 y -35 m. Por debajo el fondo es uniforme, sin apenas rodolitos, destacando hacia

-42 m la presencia sobre éstos de un alga que no ha podido ser determinada mediante las imágenes, de tono oscuro (Figura 118).

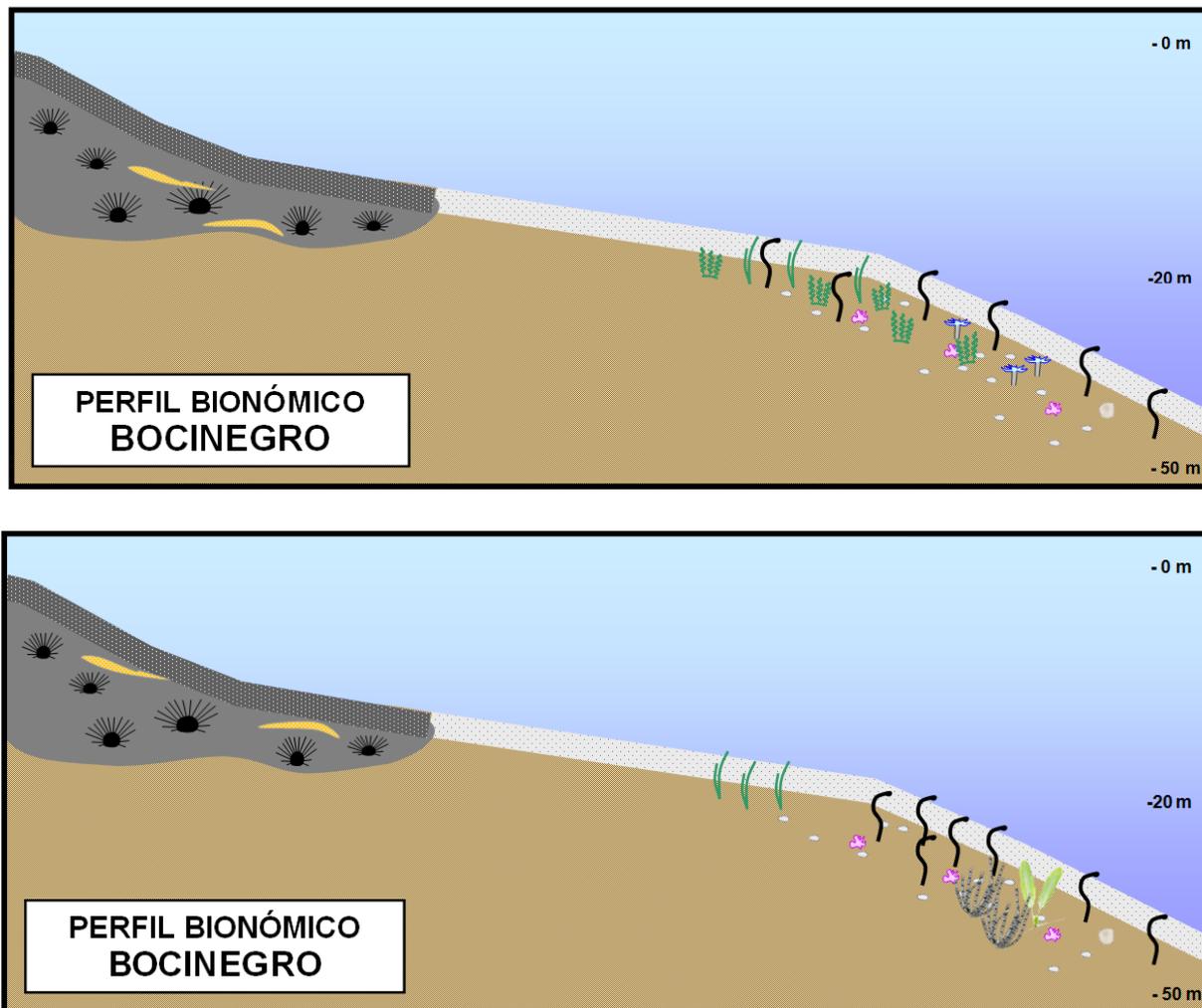


Figura 118. Transecto Bocinegro en 2017. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

En verano, los fondos someros, hasta unos -15 m de profundidad se observa una baja (roca) tapizada por algas y con bastantes erizos *Diadema*. Por debajo aparecen depósitos arenosos con material granular calcáreo que a medida que se avanza en profundidad formará un *maërl*. Hacia los -17 m es posible observar la presencia vestigial de sebadales. A partir de los -19 m aproximadamente se comienza a desarrollar un fondo de maërl con presencia de anguilas jardineras hasta el final del transecto (*Heteroconger longissimus*), así como de la de la cianobacteria invasora *Lyngbya majuscula* (vista por primera vez en la zona en las campañas de este año 2017). En estos fondos de maërl por debajo de los -24 m también se observa la presencia de la especie fanerógama marina *Halophila decipiens*.

TRANSECTO TRAVIESO (4.197 m, rumbo 30°)

El transecto Travieso, el más largo de todos, se incluyó en el plan de vigilancia en fase operativa para realizar un seguimiento de la ZEC sebadales sur de Tenerife en su extremo más



próximo al puerto. Al transcurrir siempre en la misma cota aproximada (10 - 20 m.) No tiene sentido su representación a modo de perfil, por lo que sus resultados se presentan solo como espectro bionómico.

Espectros bionómicos:

Los espectros bionómicos apilados son un modo de mostrar la evolución temporal de las comunidades que forman el fondo marino. Su comparación grosera es lo importante ya que, aunque se procura corregir las desviaciones del transecto en la medida de lo posible, no siempre se consigue del todo. Algunos cambios observados pueden, pues, deberse a desplazamientos de la cámara de vídeo arrastrada, y no a variaciones reales en las comunidades (Figura 119).

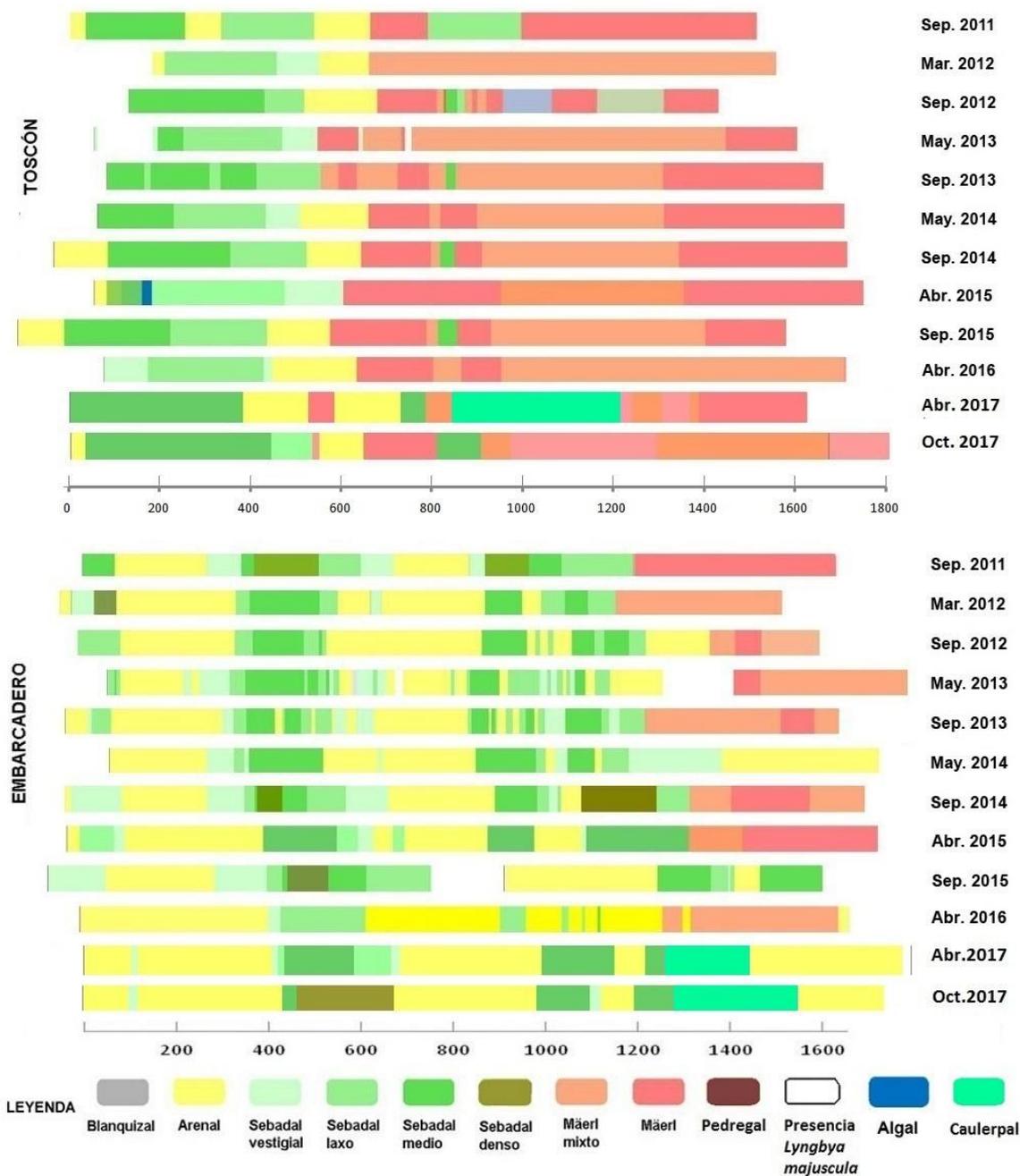


Figura 119. Espectros bionómicos de los transectos realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2017)

Al norte del puerto, en el transecto Toscón, desaparecieron los arenales durante 2013 y reaparecen en 2014. En el tramo de sebadal que se forma a unos 800 m de la costa y que en años anteriores se detectaba su presencia únicamente en la época estival, en 2017 se observa tanto en invierno como en verano. Destacar también en 2017 la presencia de un caulerpal de aproximadamente 350 m de longitud presente únicamente en invierno.

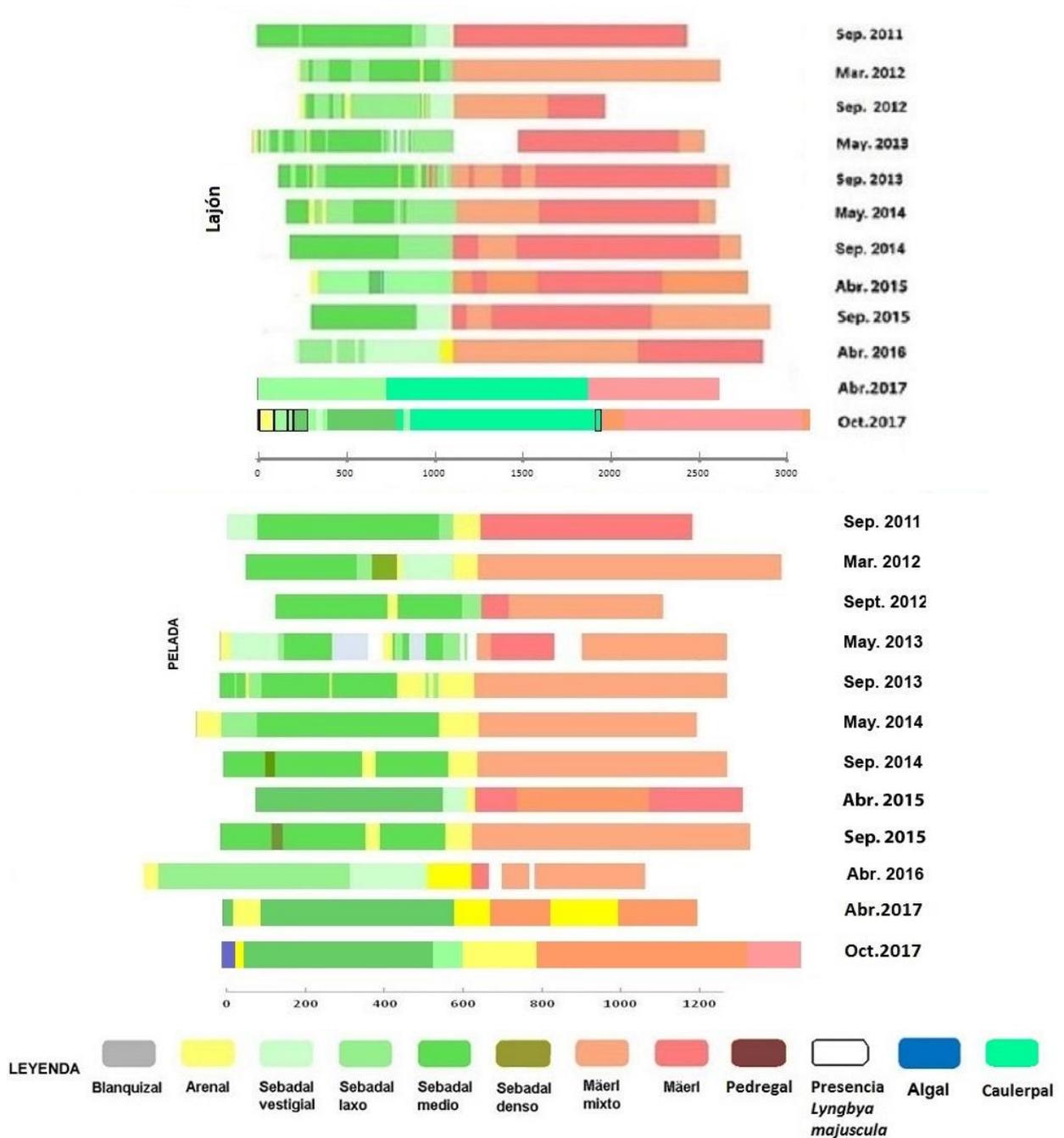


Figura 120. Espectros bionómicos del transecto Lajón y Pelada al sur de Granadilla (2011-2017)

En Embarcadero, a diferencia de años anteriores, vuelve a aparecer el sebadal antes situado entre 900-1.110 m pero un poco más alejado de la costa. Este desplazamiento puede deberse también a pequeñas variaciones en el seguimiento del rumbo con la cámara. Así mismo, cabe destacar la presencia de un caulerpal en torno a los 1.300 m en ambas campañas, que pudiera estar ocupando la zona de sebadal.

En Lajón y Pelada se apreciaron en 2016 una bajada de densidad de haces en el sebadal y la presencia de claros y canales con bordes erosionados. En 2017 se observa una ligera recuperación del sebadal en el inicio del transecto (ver punto 3.6.12). Sin embargo, se detecta un caulerpal en torno los 900 m del transecto con una extensión de aproximadamente 1000 m de longitud. Igualmente, cabe destacar la presencia en algunas zonas, especialmente al principio del transecto Lajón, de la cianobacteria *Lyngbya sp.* El área donde se extiende es de aproximadamente 250 m de longitud y es posible que siga en expansión. Se vigilará.

Cabe destacar que al principio del transecto Pelada, al igual que en Lajón, se ha observado una mejora importante del estado del sebadal.

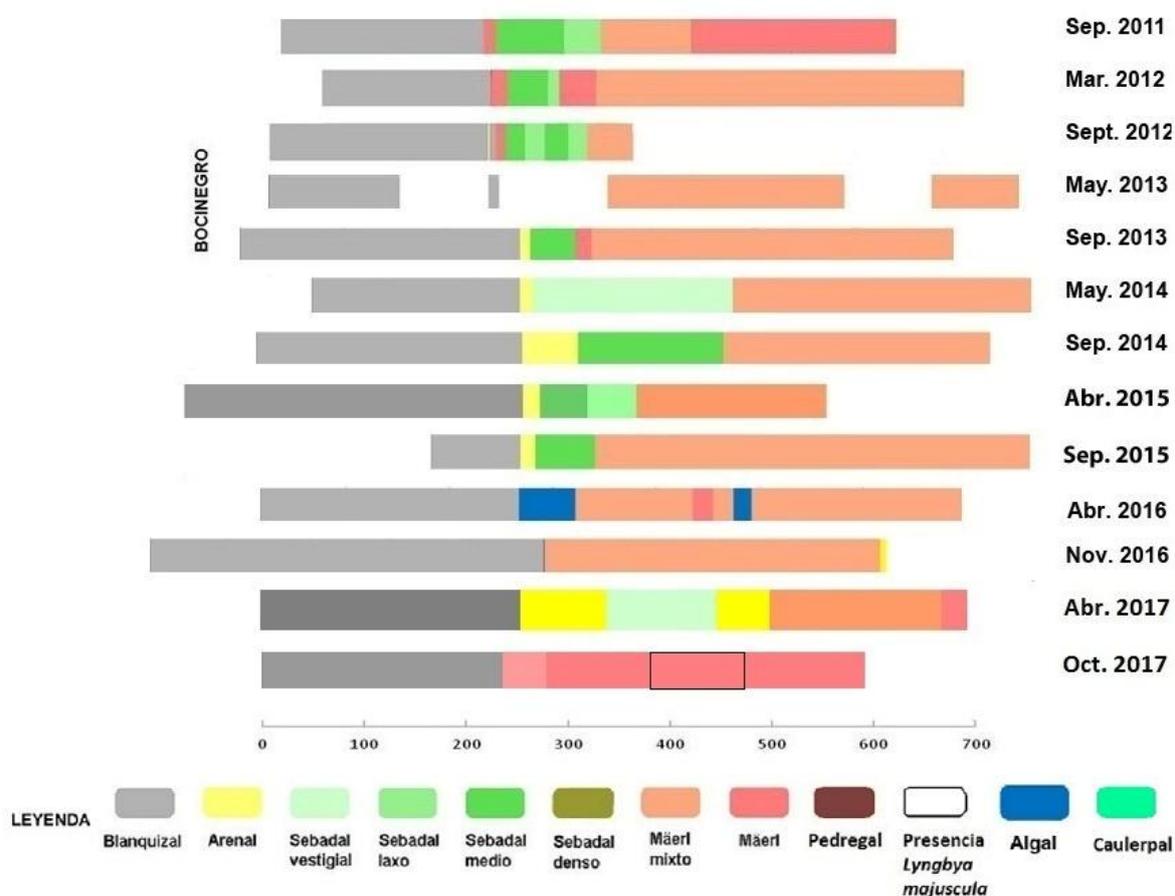


Figura 121. Espectros bionómicos del transecto Bocinegro, el más alejado al sur del puerto de Granadilla (2011-2017)

El sebadal que aparecía en Bocinegro una vez rebasado el blanquizal, no se encontró en el 2016 ni en 2017. La presencia de *Caulerpa* puede indicar un cambio de condiciones ecológicas y podría acabar por transformarse en un caulerpal.

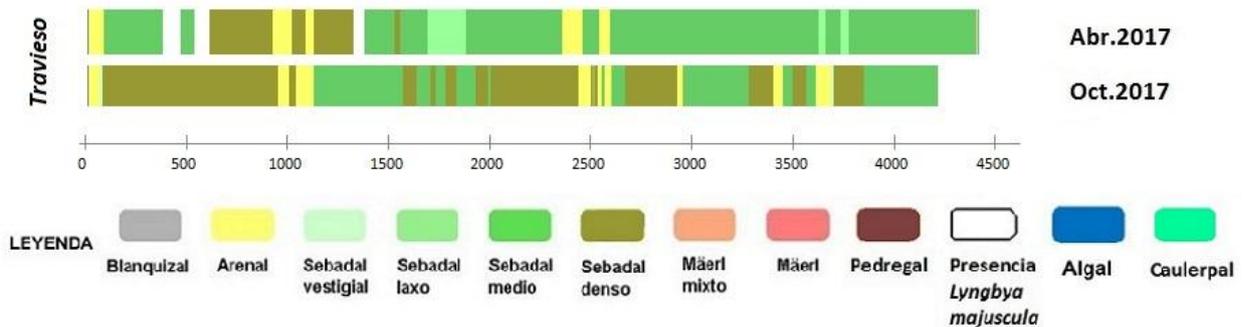
La dinámica de las comunidades en Bocinegro es notoria y se aprecia sobre todo en el primer tramo con fondos rocosos, donde persisten zonas con algas rojas o verdes, pero siempre con dominio de erizos, por lo que se sigue registrando como blanquizal.

Cabe destacar, en la época estival la presencia en una extensión aproximada de 90 m de longitud de *Lyngbya*. Al igual que en el resto de transectos donde se ha detectado dicha



cianobacteria se seguirá su evolución para ver la afección que puede producir en el entorno inmediato (Figura 121).

El transecto Travieso se realiza por primera vez este año y solo cabe mencionar la existencia de seadales de distinta densidad a lo largo de los casi 4.500 m de su longitud. Esta situación será la de referencia para evaluar su evolución en los próximos cuatro años (Figura 122).



3.6.7 Mapa bionómico

La cartografía bionómica se ha elaborado empleando algoritmos específicos desarrollados para las imágenes del satélite WorldView2 por el GPIT de la Universidad de Las Palmas. Los satélites WorldView2 y WorldView3 disponen de sensores especiales (azul mar y amarillo), aún así las condiciones de la superficie de las aguas han de ser excepcionalmente buenas (p.ej., superficie sin destellos, ángulo $> 85^\circ$, marea baja, etc.) para obtener resultados aceptables (Figura 123).

Cuando las imágenes son de buena calidad (ángulo óptimo de incidencia de la luz solar, ausencia de rizaduras en la superficie del agua, escasa turbidez, etc.) permiten discriminar entre sebadal laxo, medio y denso, lo mismo que entre el mäerl puro y mäerl mixto. Desafortunadamente, estas condiciones no son del todo previsibles cuando se ordena tomar una imagen, y esta no se puede devolver salvo que el porcentaje de presencia de nubes exceda el 15% de la cobertura, que es lo estipulado. El coste de una imagen a petición supera los 8.000 €.

Como situación de referencia se emplea mapa reelaborado con la imagen del 1 de diciembre de 2011 (Figura 123) empleando el mismo algoritmo que se aplicó a imagen la obtenida el 4 de octubre de 2013, que fue excepcionalmente buena, salvo por una pequeña zona con presencia de nubes que afecta a la zona de estudio y se señala en un recuadro en la Figura 123. En el mapa de 2011 se ha señalado una zona –precisamente alrededor del puerto– con información parcialmente comprometida, en este caso, por la presencia de turbidez. Los mapas correspondientes a los demás años en fase de obra se pueden consultar en el informe de 2016.

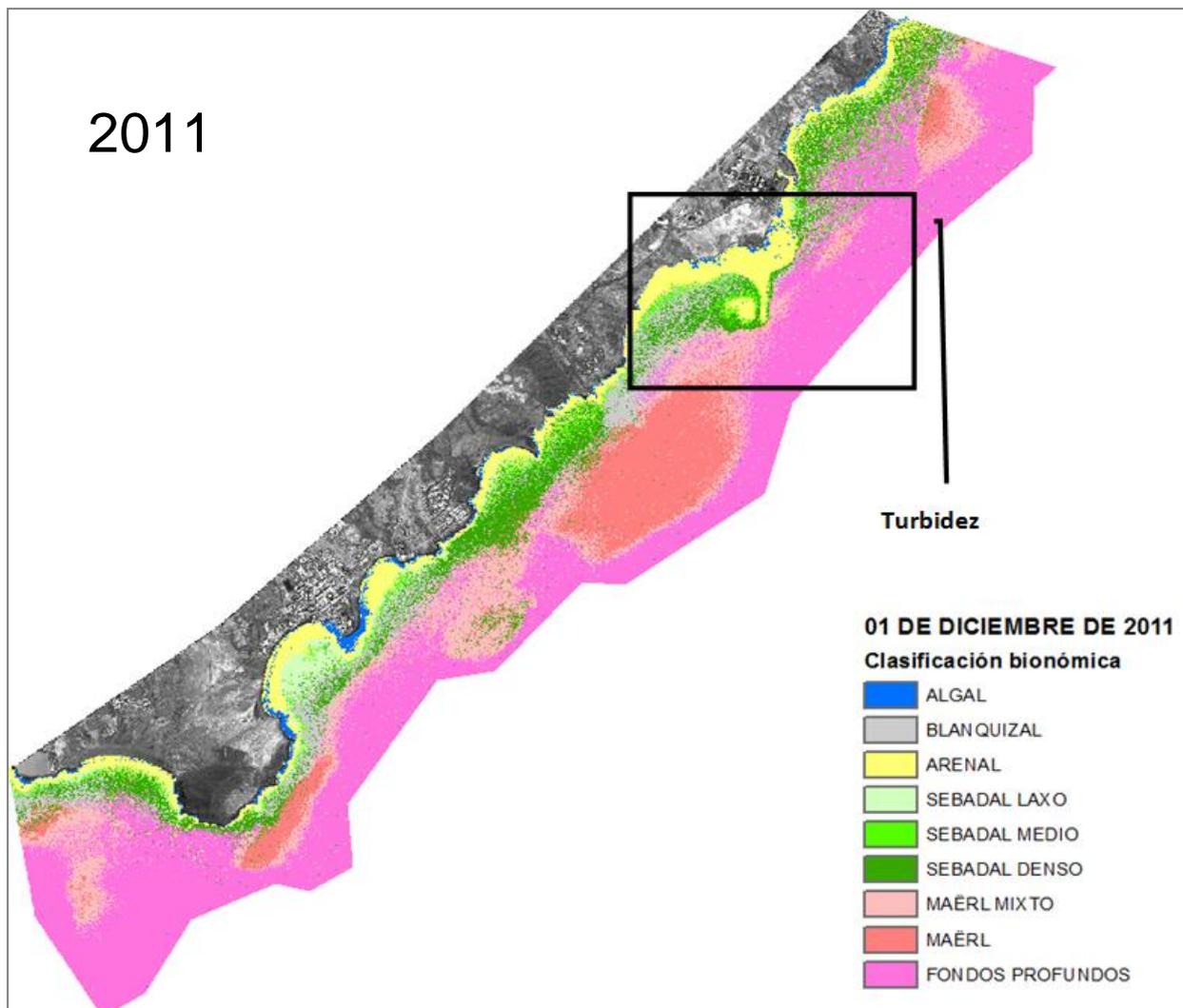


Figura 123. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)

En 2013, las zonas no afectadas por las nubes o la turbidez mostraban algunos cambios en la densidad del sebadal: por ejemplo, menos denso en la zona de La Tejita, y más denso en el tramo de Montaña Pelada o el Médano a medida que se aproxima al puerto, apreciación coherente con el estudio detallado del sebadal recogido en el informe final de 2013, que reflejaba un aumento de densidad y longitud de hoja en varias zonas, atribuido a la presunta fertilización derivada de los vertidos de las obras. El algar fotófilo también parecía haberse desarrollado más ese año, descartando la sección al norte del puerto (afectada por nubes). En el maérl no se apreciaron mayores cambios.

En el mapa de 2014 se añadió una clase para los restos de erizos y conchas que se acumulan en las ondulaciones del arenal (“suelos calcáreos”), muy puntual y visible a mayor aumento. De resto, se apreciaba mayor distribución del sebadal denso y laxo, salvo por fuera del puerto, donde disminuía considerablemente. Los blanquizales aparecían más reducidos, consecuencia probablemente del análisis más preciso (difíciles de separar de zonas con sedimento reciente, turbidez, etc.), y no de que en 2013 fueran realmente más extensos.



La imagen de 2015 se trató con criterios más restrictivos para reforzar las separaciones entre clases, por lo que las diferencias que reflejaban los mapas de 2014 y 2015 obedecían en buena parte a esta simplificación (sobre todo en las zonas de transición), aunque el esquema general era el mismo. No obstante, en 2015 el seabadal del interior de la dársena del puerto había reducido su desarrollo, mientras que en la zona externa se distribuía más uniformemente (menos zonas de arena) a cambio de pasar de densidad alta a media, o media a laxa.

La imagen de 2016 refleja la situación al final de la fase de obras y sirve de segundo referente para la presente fase operativo, por lo que se incluye también en este informe (Figura 124).

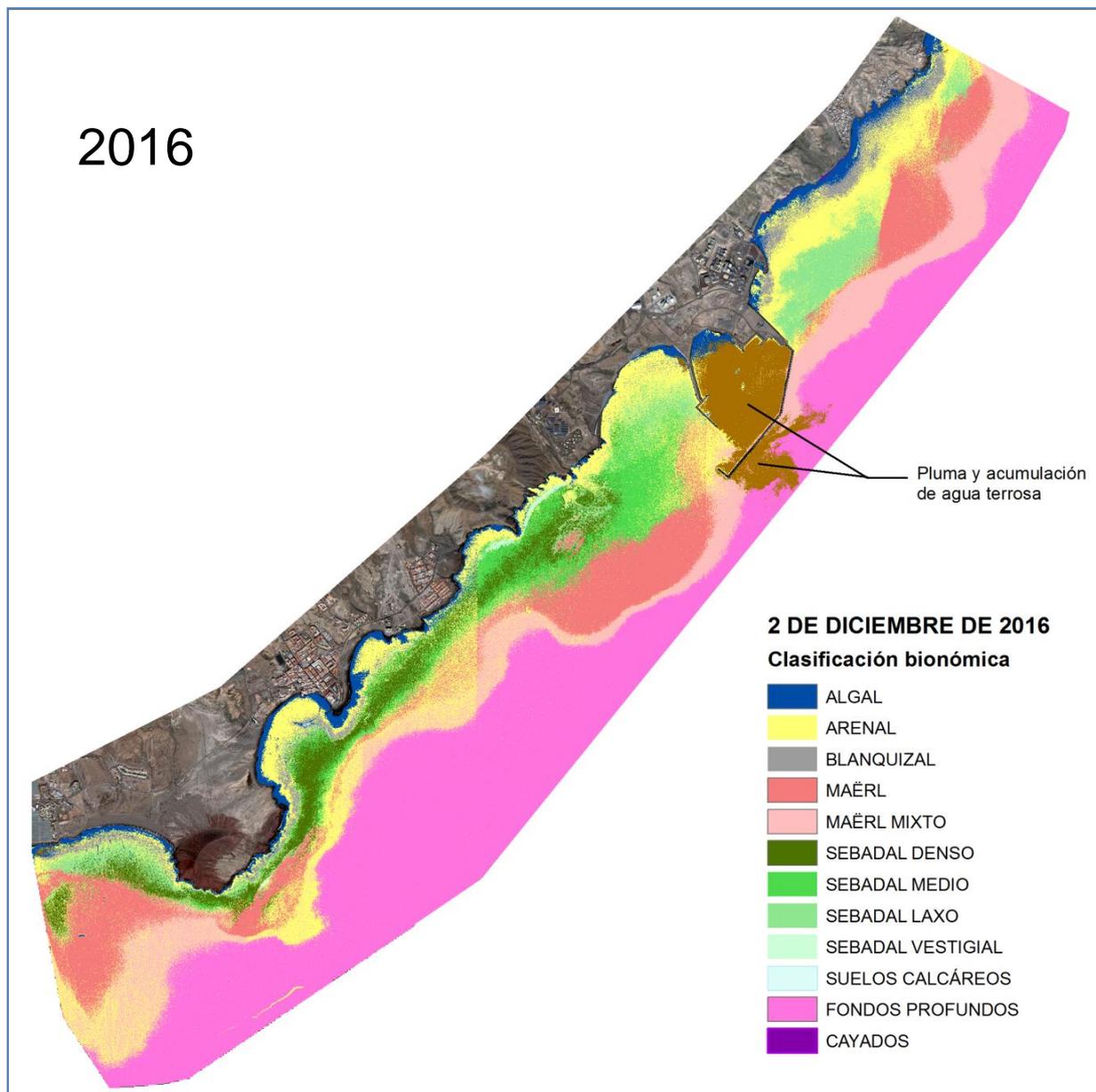


Figura 124. Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG)

En ese ejercicio se realizó una inspección del bentos en lugares concretos para ayudar en la interpretación de la imagen de satélite, ya que hubo que desechar los índices digitales del bentos que se venían empleando al verse afectados por la presencia de humo en la atmósfera, mucho limo en el agua, y perturbaciones por oleaje superficial. Finalmente se analizó con la técnica iterativa previa a 2015 (25 repeticiones del análisis) hasta conseguir un resultado razonablemente coherente con los diferentes muestreos (Figura 125). No obstante, los resultados obtenidos al norte del puerto, donde el 2 de diciembre se extendió una amplia nube de humos generada por la central de UNELCO, parece haber afectado a la interpretación del seabed (le roba intensidad) y es muy posible que la merma en densidad registrada, que llega hasta Tajao, sea en parte engañosa.

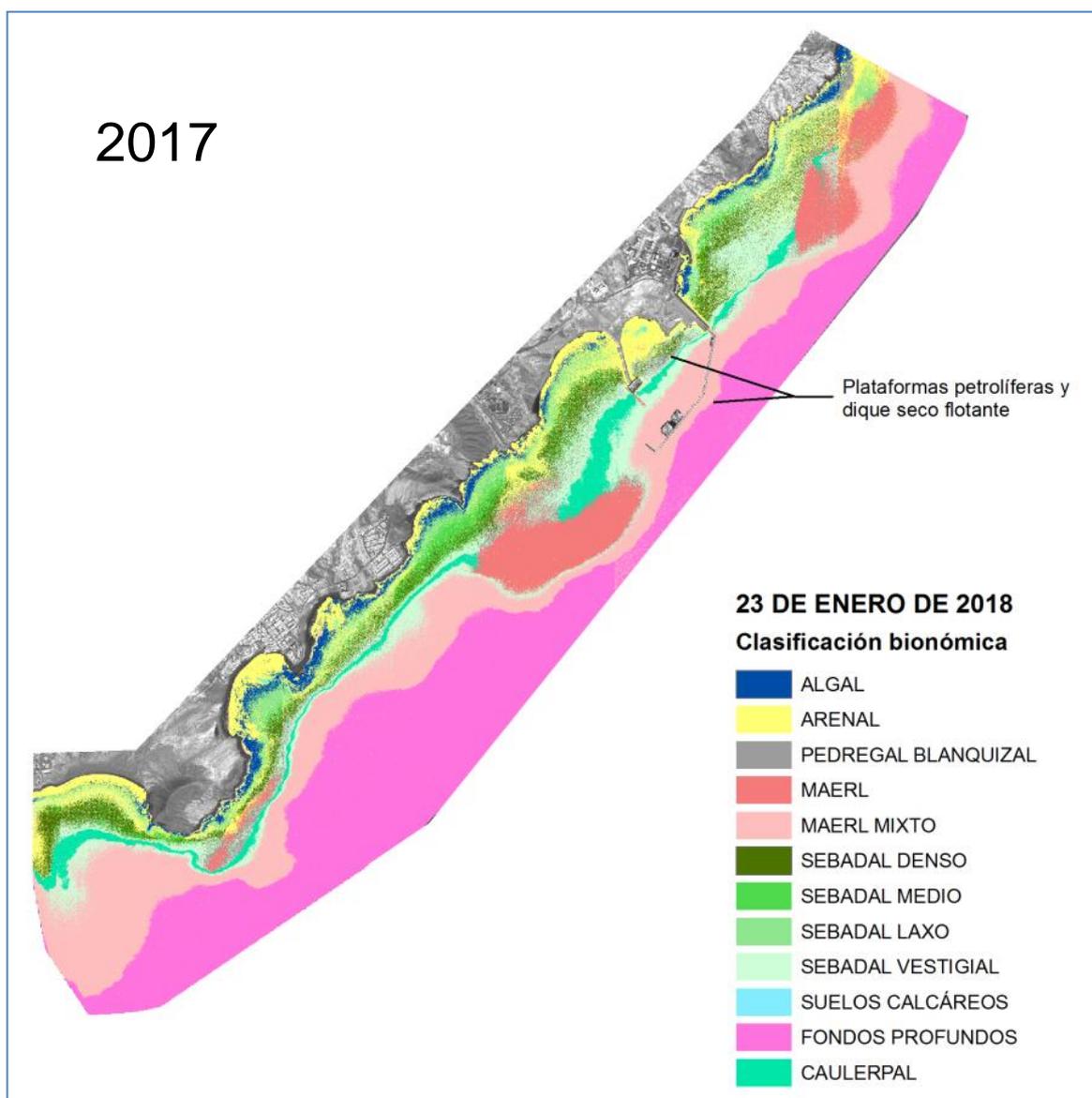


Figura 125. Mapa bionómico de "2017" (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG)



La imagen de satélite obtenida en 2017 fue de mala calidad e inútil para realizar el mapa bionómico con ello. El 31 de enero de 2018 se repitió el encargo con éxito, por lo que esta imagen es con la que se ha elaborado bionómico atribuido a 2017. Se ha introducido una nueva categoría de “caulerpal”, comunidad constituida principalmente por *Caulerpa prolifera*, alga de carácter invasor en el Mediterráneo que se está extendiendo en la costa de Granadilla usualmente por debajo del sebadal (cota de -20 a -25 metros), en fondos de arena o maërl. Dicha expansión está posiblemente asociada al carácter termófilo de esta alga y al aumento global de la temperatura del agua en Canarias, consecuencia del cambio climático.

El sebadal dentro de la dársena del puerto ha desaparecido. Ya en 2016 se realizaron varios transectos con cámara arrastrada en su interior y se confirmó su práctica total desaparición debido a los dragados y deposición de limos. Quedaban unos pocos pies de seba sueltos o reasentados después de haber sido desenraizados y depositarse en el fondo, pero con escaso futuro tras haber sido alterado su hábitat por completo.

3.6.8 Especies exóticas

La detección de especies exóticas recién introducidas en un ambiente marino no es algo sencillo, salvo cuando se trata de animales o plantas muy conspicuos y de rápida expansión, e incluso así, ocurre a menudo tarde de cara a poder intervenir. Ello no es excusa para estar alerta y procurar buscar formas de contención o erradicación de cualquier especie introducida potencialmente invasora y perniciosa. Las medidas a adoptar son imprevisibles, dependen de la especie y circunstancias en cuestión, y habrá que desarrollarlas caso por caso. También hay que valorar con cautela, si se trata de una invasión de mano del hombre y sus actividades (transporte pasivo) o de especies que van expandiendo su área de distribución con el calentamiento de las aguas como consecuencia del cambio climático.

Durante el seguimiento de las comunidades intermareales, de peces litorales y especies bentónicas pueden detectarse nuevos inquilinos en la costa, pero no es suficiente. Se considera necesario hacer periódicamente muestreos horizontales del meroplanton y repasar de vez en cuando el *fouling* de las embarcaciones que arriban al puerto, o de aquellas que fondeen por fuera si llegara a establecerse un área para ello.

Se lleva a cabo una campaña de arrastres por semestre, entre las estaciones TGr05 y TGr08; TGr09 y TGr10, y por último entre la TGr14 y TGr18. La red de plancton es una WP-2 triple con tres luces de malla distintas: 100, 200 y 500 micras. El plancton recolectado es triado bajo una lupa binocular en busca de especies de plancton desconocidas. En ninguno de los dos arrastres de 2017 se encontró especie alguna que no sea característica del plancton de la zona.

En noviembre de 2017 entraron dos plataformas petrolíferas a Granadilla pero no se ha permitido su revisión mediante buceadores autónomos. Se continúa a la espera de la llegada del *rov* adquirido por el OAG para poder comenzar esta labor. No obstante, la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife ha permitido a la ULL y a CIMA, dentro del proyecto MIMAR la instalación de placas colectoras de *fouling* y la inspección de plataformas y otras embarcaciones susceptibles de traer especies exóticas potencialmente invasoras.

El 13 de septiembre de 2017 se localiza en las inmediaciones del martillo del contradique el coral *Macrorhynchia philippina* (Figura 126), especie circumtropical potencialmente invasora, que ya fue encontrada en el Puerto de la Luz y de Las Palmas y en el sur de la isla de Gran

Canaria entre 2015 y 2016, formando colonias de escaso porte. La cajonera que fabricó los cajones destinados a las obras de abrigo de Granadilla llegó desde el muelle de Gran Canaria al de Santa Cruz, y de ahí se remolcaron los cajones hasta Granadilla, constituyendo la vía más probable de introducción en ambos puertos.

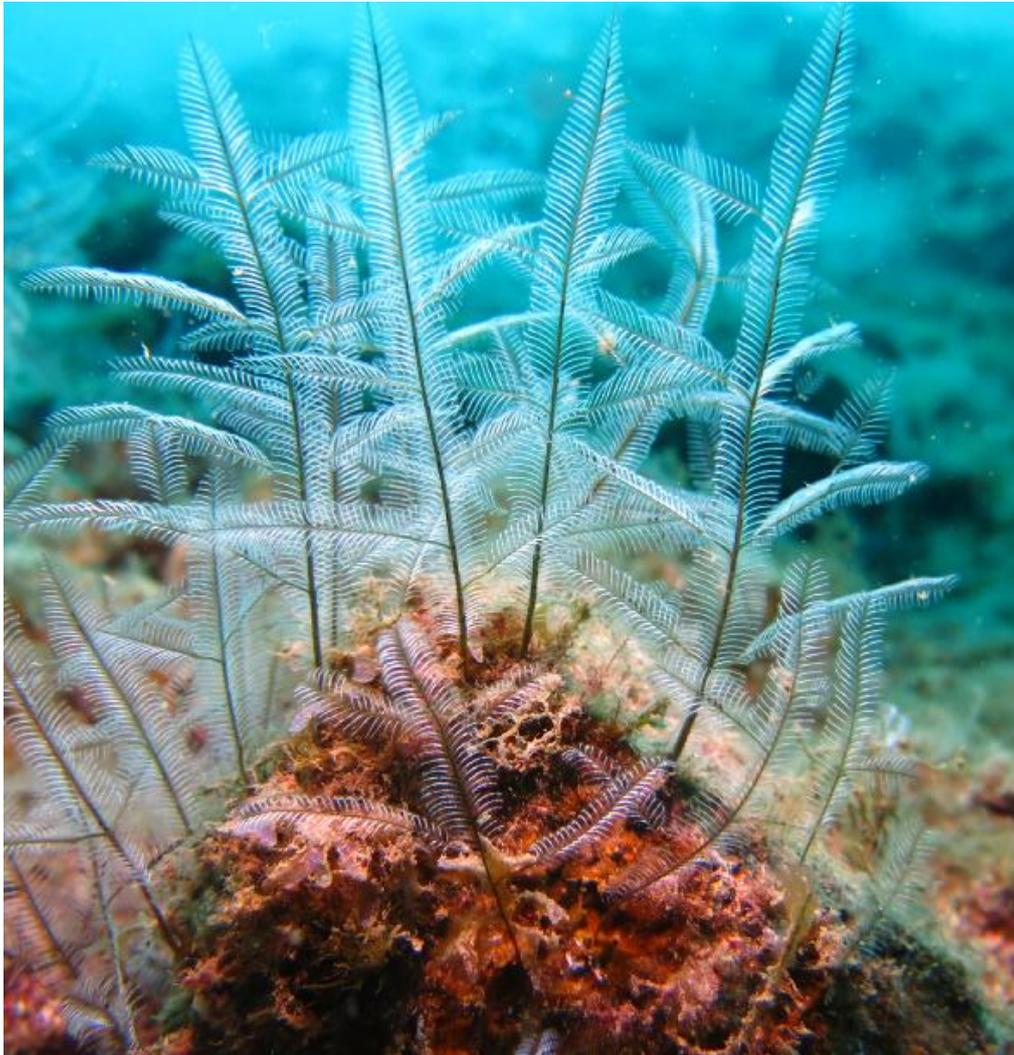


Figura 126. Coral potencialmente invasor *Macrorhynchia philippina* en el martillo del contradique

El 9 de agosto de 2017 se observa en las inmediaciones de la estación de muestreo TGr10 (próxima al contradique) un *bloom* de la cianobacteria *Lyngbya majuscula* (Figura 127). Los siguientes muestreos realizados a lo largo de la costa de Granadilla confirmaron la extensión del *bloom* en todo el sector sureste de la isla, llegando hasta Abades (Red Promar). Esta cianobacteria o alga azulada se conoce de Canarias y es común en determinadas zonas de las islas Canarias, pero forma *blooms* estivales aparentemente relacionados con la temperatura del mar y la concentración de algunos nutrientes. Los blooms se detectaron por primera vez en La Graciosa en 2010 y 2011, siendo ahora la primera vez que se observan en Tenerife y lo



atribuimos al cambio en las condiciones oceanográficas (temperatura del agua y nutrientes) y no directamente a las obra del puerto de Granadilla, aunque es cierto que los tapetes se distribuyeron por toda la costa sobre el maërl (a una profundidad sin influencia de la agitación superficial marina), y en el seabed y en fondos rocosos, únicamente al abrigo del contradique (genera una zona aplacerada). La formación de tapetes de esta cianobacteria puede afectar negativamente a las praderas de seba, por lo que el OAG realiza un seguimiento específico de su duración y eventual expansión.



Figura 127. Bloom de *Lyngbya majuscula* sobre el seabed de Granadilla

3.6.9 Efecto arrecife artificial

El EIA considera el efecto arrecife como un impacto positivo de la nueva infraestructura. Se esperaba el desarrollo de nuevas comunidades vinculadas al sustrato sólido de las escolleras y muros del puerto, y así ha sido. Hasta la llegada del *rov*, se constatará la evolución de estas comunidades mediante transectos de buceadores autónomos de 5 minutos de duración (3 réplicas). Sólo se llevó a cabo uno durante 2017 porque se esperaba que el *rov* estuviera operativo. Ante la tardanza en la llegada de éste, se optó por hacerlo mediante buceo autónomo (a fecha de redacción de este informe, marzo de 2018, aún no ha llegado, por lo que se continuará haciéndolo mediante buceadores. Los resultados se muestran en la Tabla 28.

La vieja (*Sparisoma cretense*) presenta un buen número en individuos de tallas medias. Este hecho, como ya ha ocurrido, puede atraer pescadores a la zona, por lo que habrá que estar vigilantes. La cantidad de peces trompeta (*Aulostomus strigosus*) también es muy grande (23) ya que la zona sombría y con gran cantidad de huecos (base de escollera) les proporcionan zonas de emboscada perfectas para sus presas.

Tabla 28. Especies encontradas y su abundancia en el segundo semestre de 2017

Especies	Nº indiv.
Vieja (<i>Sparisoma cretense</i>)	54
Fula negra (<i>Abudefduf luridus</i>)	5
Peje verde (<i>Thalassoma pavo</i>)	13
Pez trompeta (<i>Aulostomus strigosus</i>)	23
Roncador (<i>Pomadasys insicus</i>)	150
Choco (<i>Sepia officinalis</i>)	3
Chucho (<i>Dasyatis pastinaca</i>)	1
Boga (<i>Boops boops</i>)	50
Burrito listado (<i>Parapristipoma octolineatum</i>)	3
Abade (<i>Mycteroperca fusca</i>)	3
Cabrilla (<i>Serranus atricauda</i>)	6
Cabrilla pintada (<i>Serranus scriba</i>)	3
Bicuda (<i>Sphyaena viridensis</i>)	1



Figura 128. El martillo del contra-dique se ha convertido en un excelente refugio para especies pelágicas costeras, que se resguardan aquí hasta media tarde, al estar toda la zona a la sombra del espaldón



3.6.10 Contaminación en organismos marinos

El PVA plantea un seguimiento de la contaminación de los organismos marinos por hidrocarburos y metales pesados. A tal fin, en la fase previa a las obras se eligió el erizo *Paracentrotus lividus* como especie testigo objeto de seguimiento, y los valores obtenidos en la campaña realizada por el CIS (2005) se tomaron como referencia (ver Informe 2010 del OAG). No se registró presencia de cadmio, y los valores de plomo y demás metales eran muy bajos, prácticamente despreciables en términos de toxicidad.



Paracentrotus lividus



Diadema africanum

Al principio, el OAG tuvo dificultades para encontrar y reunir material de *P. lividus* suficiente para acometer las analíticas prescritas (hidrocarburos y siete metales pesados). Los erizos acumulan metales pesados en sus tejidos y caparazón, en proporciones muy variables. Se requieren al menos 25 g de peso húmedo de gónadas y, además, *P. lividus* no estaba presente en todas las estaciones. El plan de vigilancia ambiental de la Central Térmica de Granadilla (UNELCO) trabaja con otra especie de erizo, *Diadema africanum*, que es más grande, mucho más abundante y fácil de detectar. Consecuentemente, en el informe de 2011 ya se propuso un cambio de especie de cara al seguimiento de la contaminación de los organismos marinos.

Como valores de referencia se han tomado los promedios obtenidos por el OAG entre el 28 de noviembre y el 12 de diciembre de 2011 (primera fila en la Tabla 29), muy poco tiempo después del inicio de las obras como para que éstas hayan podido tener influencia en la presencia de contaminantes acumulados en las gónadas de erizo. Entendemos que estos valores reflejan mejor una situación normal y menos contaminada de las aguas, que aquéllos otros disponibles de análisis previos realizados en la zona (Hernández *et al.* 2009⁷, SEMALL⁸). Los valores se expresan en microgramos (10^{-6} gr) por kilo, o en miligramos (10^{-3} gr) por kilo. Los valores indicados como 0,00 están por debajo del límite de detección (0,01 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

⁷ Hernández *et al.* 2009. Accumulation of toxic metals (Pb and Cd) in the sea urchin *Diadema* aff. *antillarum* (Philippi, 1845), in an oceanic Island (Tenerife, Canary Islands). *Environmental Toxicology* (DOI 10.1002/tox.20487). [La especie referida ha sido descrita recientemente como *Diadema africanum* Rodríguez *et al.* 2013]

⁸ SEMALL (2011). Control de vertidos del medio receptor - Características químicas de los efluentes líquidos y del medio marino receptor (Granadilla, Tenerife). La Laguna, Tenerife: Servicio de Medio Ambiente de la Universidad de La Laguna. Informe I-QA-481/10 - C. T. de Granadilla., 147 pp.

Tabla 29. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2017 (Dato en verde = baja, dato en rojo = sube, respecto del valor registrado en 2016)

MUESTRA	HT	PAHs	HLL	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	
Unidades	mg/kg	μgr/kg	μgr/kg	μgr/kg	μgr/kg	μgr/kg	μgr/kg	μgr/kg	μgr/kg	μgr/kg	
Referencia (2011)	4,41	0	11,9	16,6	0,05	6,03	0	3,8	180,3	5,94	
PRIMER SEMESTRE	TGr03 La Jaca	---	0	2,1	60,1	0,69	2,17	0,95	0	0,5	0
	TGr12 Punta Tancón	---	0	1,93	40,3	0,63	1,55	1,01	0,52	0,63	0
	TGr16 Rajita	---	0	1,55	32,6	0,7	1,51	0,96	0	0,71	0
	TGr17 Punta Brava	---	0	1,96	35,1	0,54	2,22	0,97	0	0,7	0
	TGr20 Bocinegro	---	0	1,41	46,7	0,62	1,65	1,12	0	0,43	0
	TGr23 Montaña Roja	---	0	2,2	44,9	0,7	1,55	1,09	0,29	0,51	0
	TGr24 Las Lisas	---	0	2,44	69,2	0,67	1,13	0,83	0	0,39	0
Promedio	---	0,00	1,94	46,99	0,65	1,68	0,99	0,12	0,55	0	
SEGUNDO SEMESTRE	TGr03 La Jaca	---	0	1,28	42,6	0,7	1,99	0,91	0	0,71	0
	TGr12 Punta Tancón	---	0	1,36	59,8	0,87	1,74	1,07	0,86	0,83	0
	TGr16 Rajita	---	0	1,27	38,4	1,06	1,6	1,38	0	1,09	0
	TGr17 Punta Brava	---	0	2,18	68,1	0,92	1,74	0,87	0	0,82	0
	TGr20 Bocinegro	---	0	2,17	53	0,93	1,82	1,12	0	1,03	0
	TGr23 Montaña Roja	---	0	1,67	31,6	0,92	1,23	0,94	0	0,74	0
	TGr24 Las Lisas	---	0	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio	---	0,00	1,66	48,92	0,90	1,69	1,05	0,14	0,87	0,00	

3.6.10.1 Hidrocarburos lineales

Desde 2012 se analizan solo los hidrocarburos lineales y aromáticos mediante cromatografía de gases con detector de masas, método que permite identificar sustancias contaminantes (Figura 129).

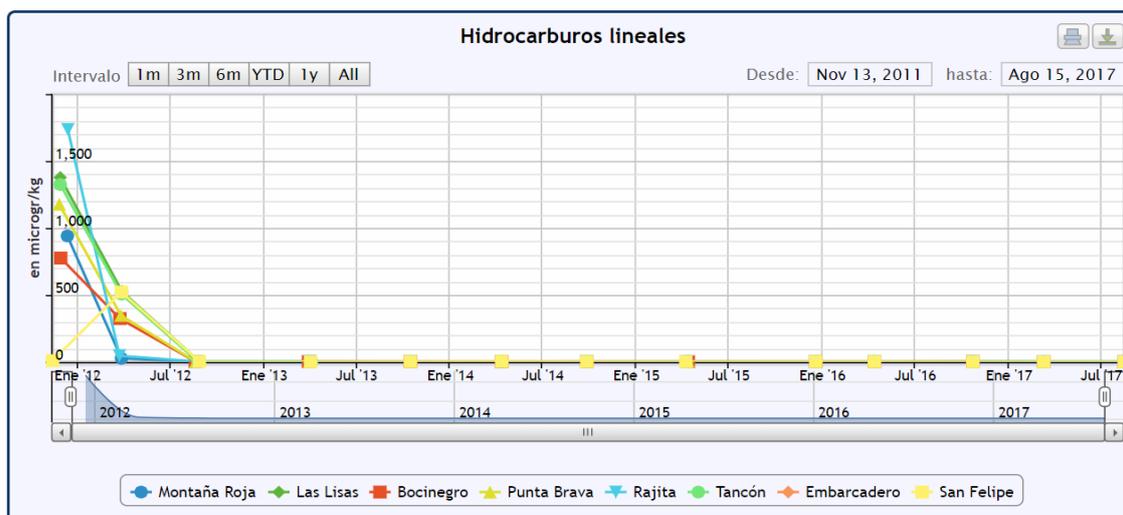


Figura 129. Hidrocarburos lineales (gr/kg) en gónadas de *Diadema* en de Granadilla (2011-2017)



Los hidrocarburos (HLL) que mostraban cierta presencia en 2011 y primera mitad de 2012, se han reducido hasta casi desaparecer en los análisis posteriores y en todas las estaciones (Figura 129). Cabe concluir que la fuente que los generaba ha cesado.

3.6.10.2 Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Tal y como viene siendo habitual desde el inicio de las mediciones, no se ha detectado la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) en los tejidos de erizo en ninguna de las estaciones (Figura 130).

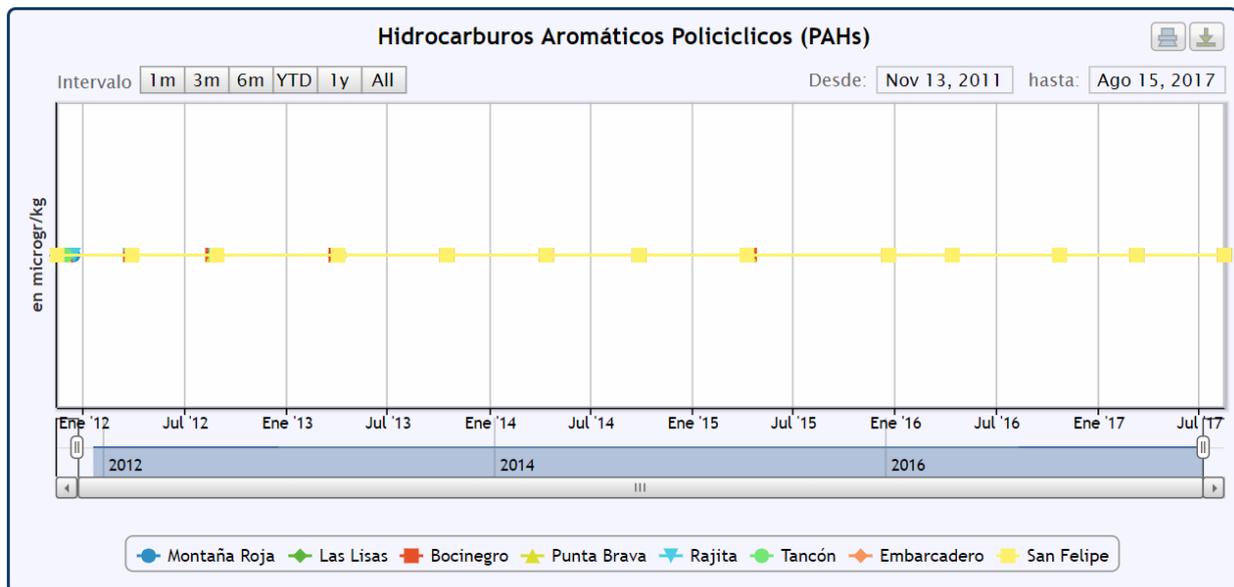


Figura 130. Ausencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en gónadas de *Diadema africanum*

3.6.10.3 Metales pesados

En el informe anual de 2012, al comparar los valores promediados de la contaminación por metales pesados en las siete estaciones, ya se manifestaba un descenso neto en las concentraciones de zinc, plomo, cromo, mercurio e hidrocarburos lineales, con un ligero aumento en las de cobre, respecto de los valores de referencia (2011).

En 2016 se detectó que las concentraciones de los metales que estaban presentes en las gónadas bajaban en el primer semestre del año y luego subían. Esta pauta está posiblemente relacionada con el ciclo gonadal de *Diadema*, aunque en Gran Canaria⁹ se ha obtenido para la misma especie un pico máximo del índice gonadosomático en los meses de abril-mayo y el mínimo en septiembre-octubre; es decir, que las gónadas estarían llenas al máximo en el momento en el que se tomaron las muestras del primer semestre y vacías en el segundo. La serie de datos disponible sigue siendo demasiado corta para poder dilucidar si hay estacionalidad y si tiene relación con el ciclo de la especie.

⁹ Garrido Sanahua, M.J. (2003). *Contribución al conocimiento de Diadema antillarum Philippi, 1845, en Canarias*. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 120.

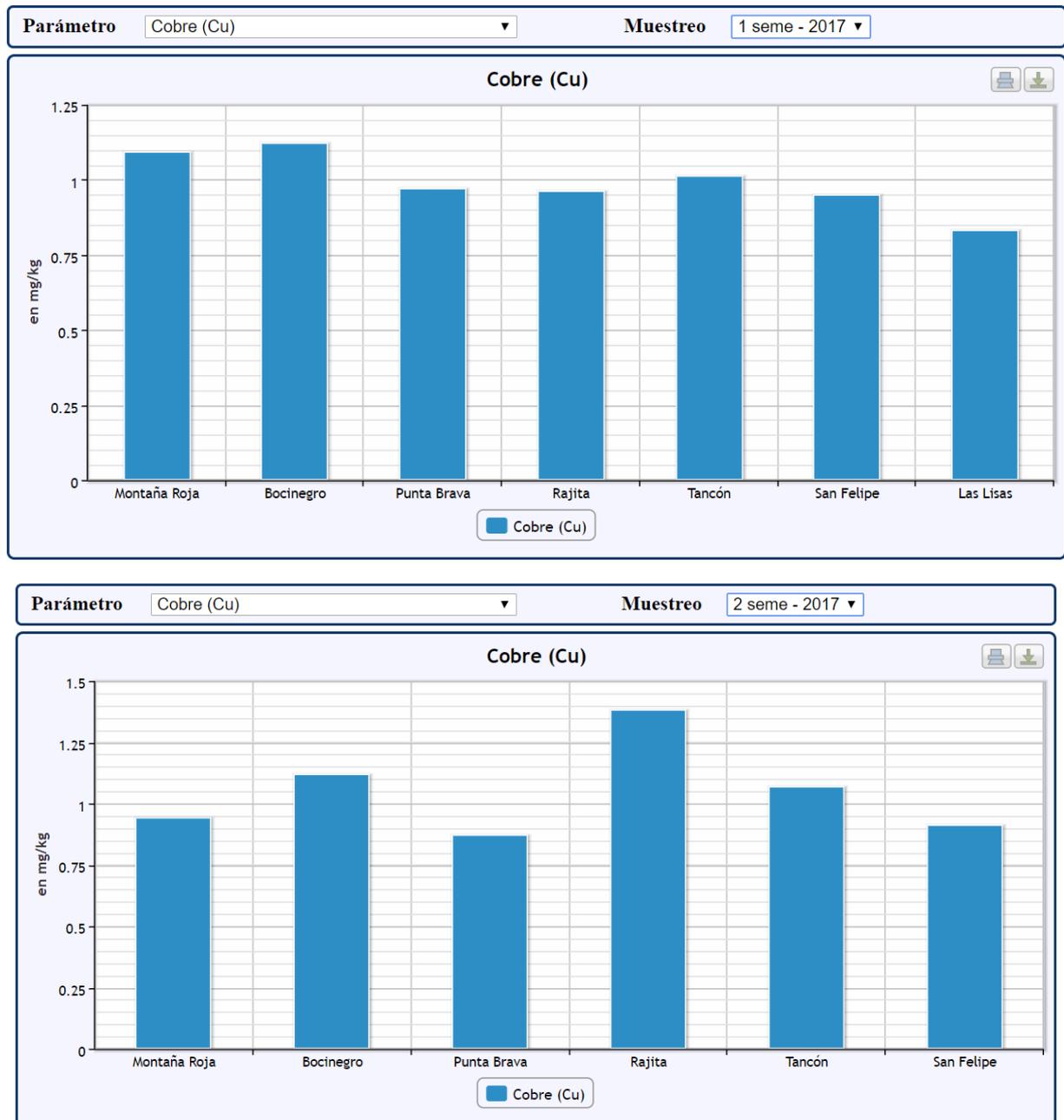


Figura 131. Concentración de cobre en gónadas de *Diadema africanum* a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2017. Abajo: segundo semestre 2017

El cobre procede de derrames de combustibles fósiles directamente al mar o a través de la atmósfera cuando se incineran.

El cadmio es un metal tóxico que proviene de las aguas negras de centros poblados, zonas industriales o del lixiviado de fertilizantes. Es fuertemente absorbido por la materia orgánica el suelo y se acumula en los organismos, como ocurre con los erizos analizados. Su presencia es atribuible a las poblaciones existentes en la costa.

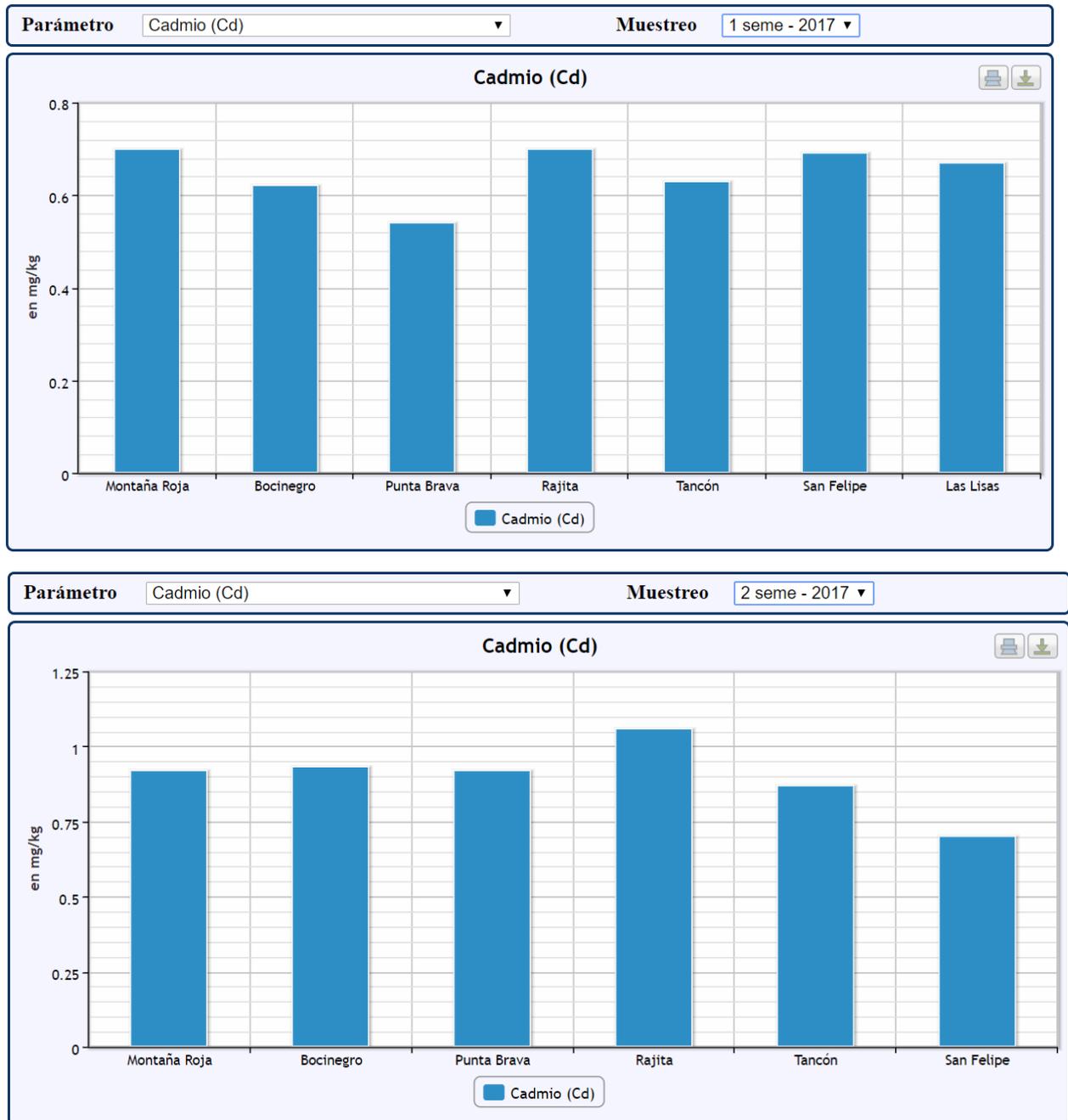


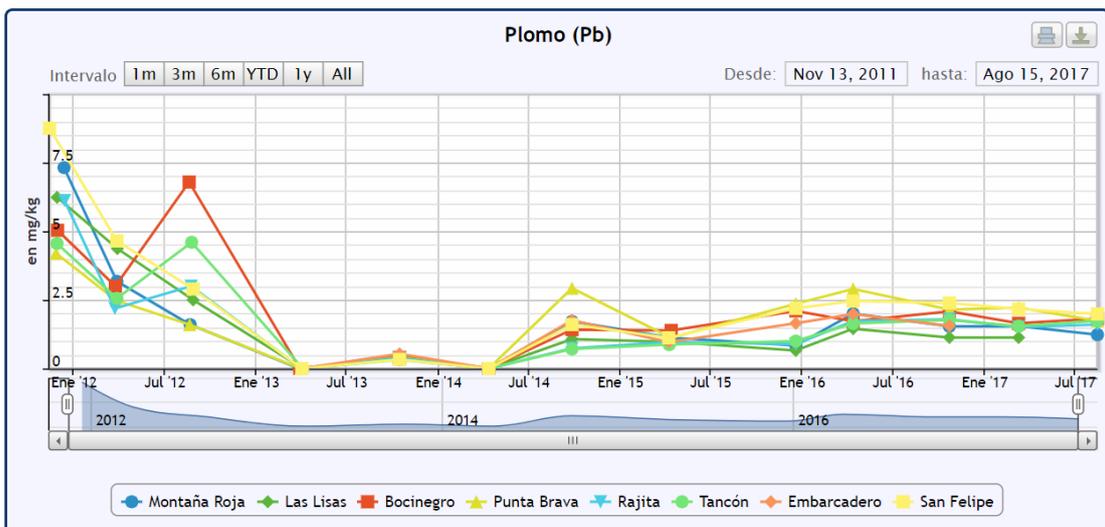
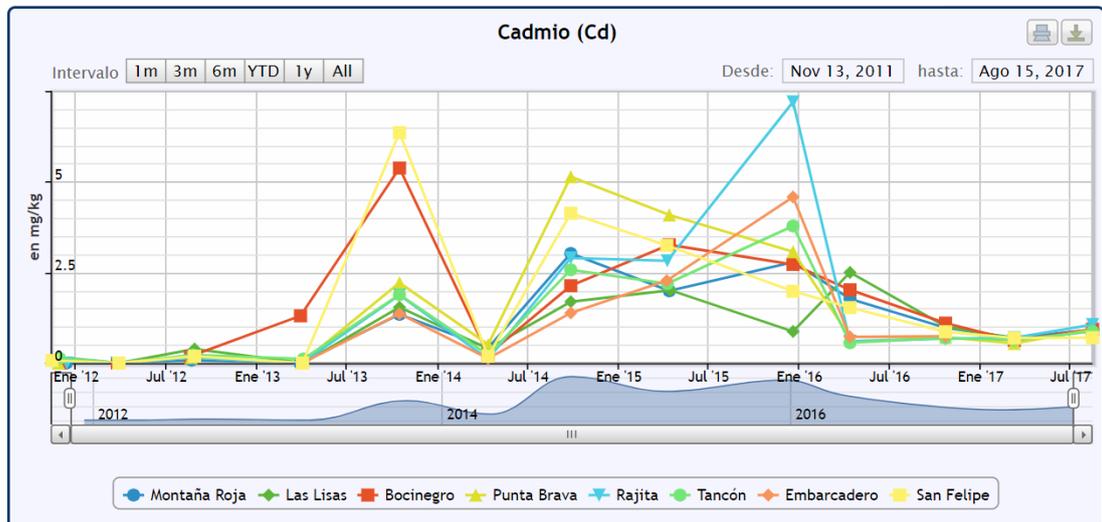
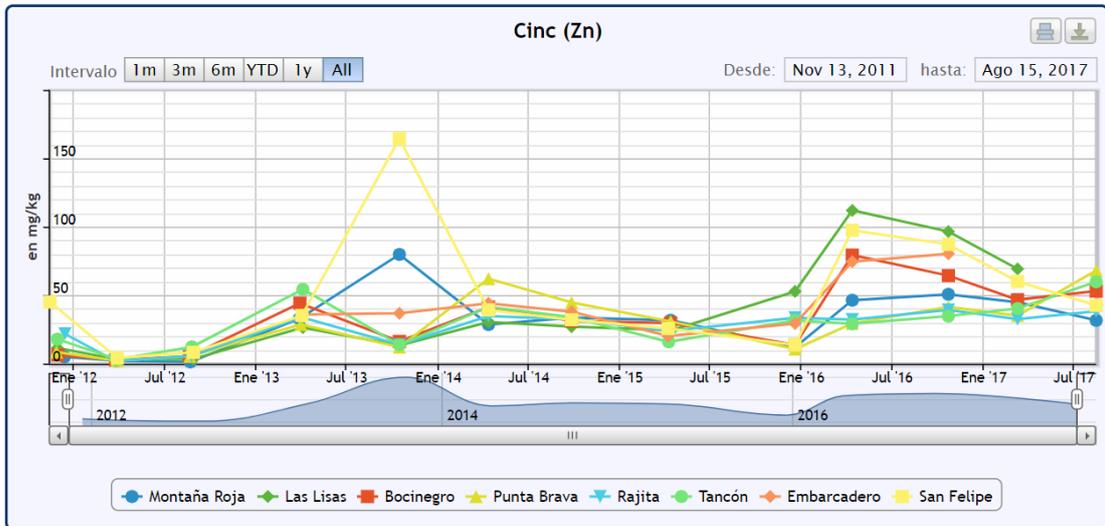
Figura 132. Concentración de cadmio en gónadas de *Diadema africanum* a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2017. Abajo: segundo semestre 2017

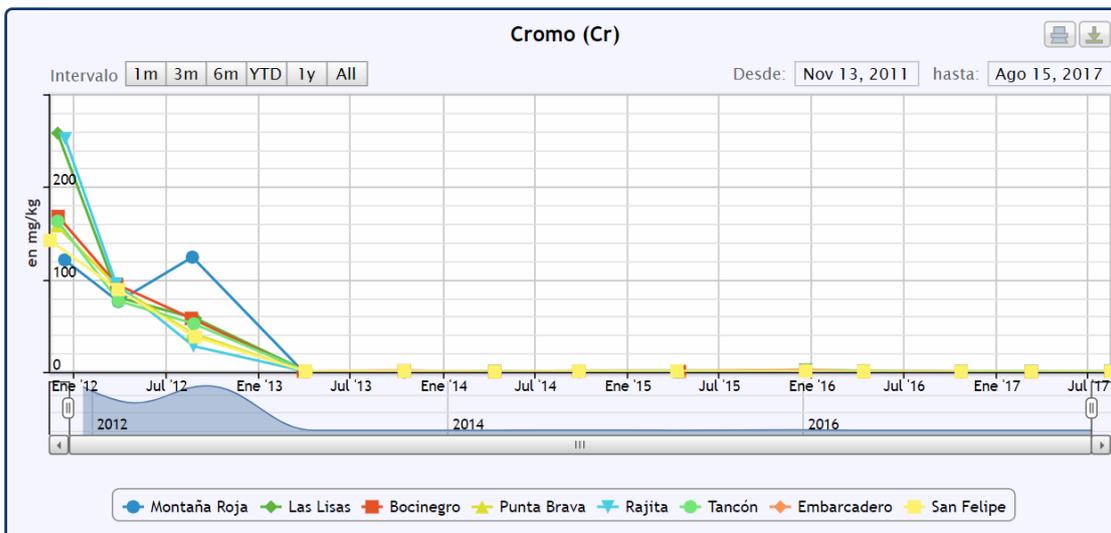
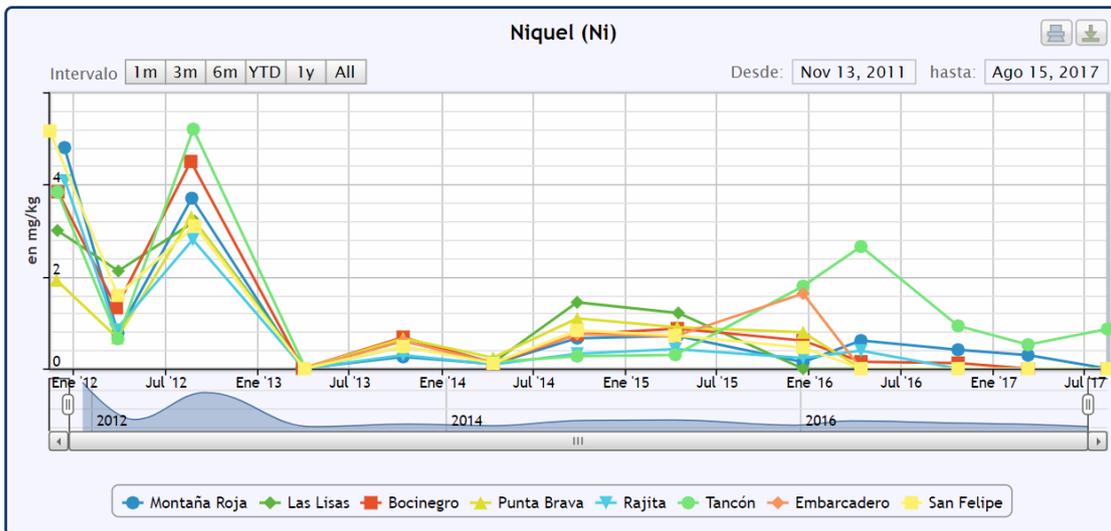
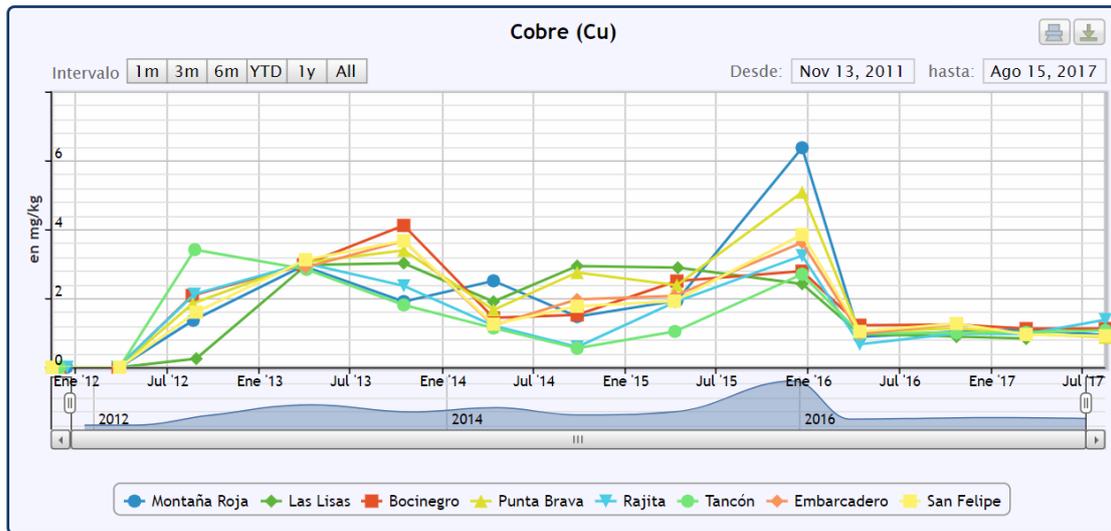
Lo mismo cabe decir del cinc y hay que estar atentos a su bioacumulación, por si superan niveles que justificasen hacer un seguimiento de sus concentraciones en la columna de agua. De momento no hay razones para ello y los valores no comprometen la supervivencia de los seres marinos.



Figura 133. Concentración de Cinc en gónadas de *Diadema africanum* a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2017. Abajo: segundo semestre 2017

En 2017, después del repunte de algunos elementos en 2014-2015, vuelven a descender la mayoría de los metales en los dos cuatrimestres. Sólo existe un ligero aumento en el promedio de todas las estaciones en el muestreo del cadmio del segundo semestre (se pasa de 0,84 a 0,9 mg/kg y del cromo (se pasa de 0,73 a 0,87 mg/kg). Cabe destacar el descenso generalizado del cinc con respecto al año 2016 en todas las estaciones y en los dos semestres de 2017, lo que contrasta con su aumento en sedimentos. También se seguirá la evolución del incremento del cobre y cromo coherente con la de los sedimentos, aunque dichos valores figuran por debajo de los umbrales que suponen un problema para el medio ambiente.





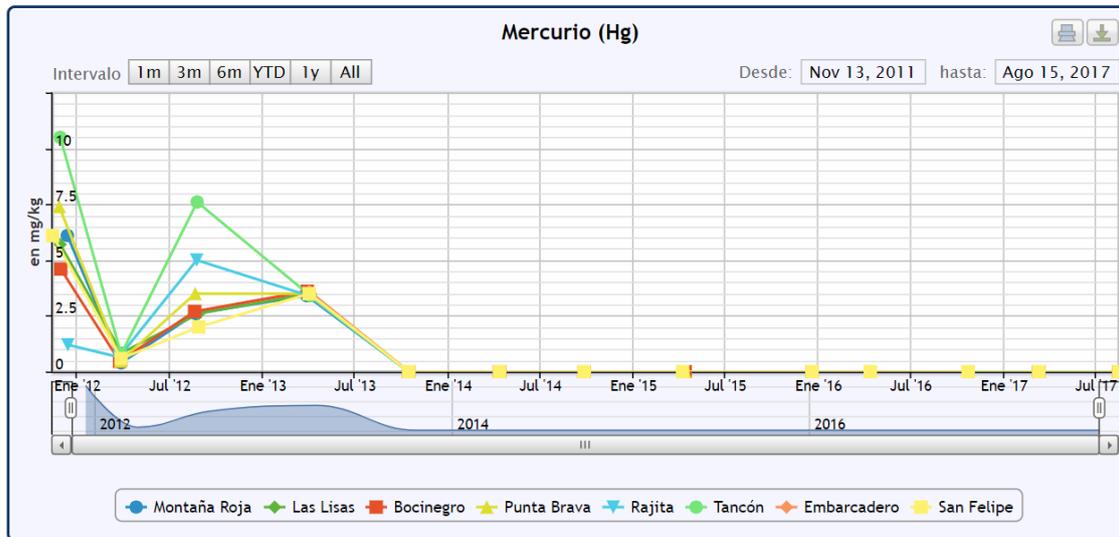


Figura 134. Evolución de la concentración de metales pesados en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla (2011-2017). Esta figura abarca varias páginas

La serie de gráficas de la Figura 134 muestran la evolución temporal de todos los metales estudiados desde 2011 hasta el presente. En 2017, las oscilaciones en las concentraciones apreciables en años precedentes no se detectan ya que el rango de valores es inferior, manteniéndose constante en la mayoría de todos los metales.

3.6.11 Desarrollo del määrl

El control del määrl se ha venido realizando en cinco estaciones (TGr26, TGr27, TGr28, TGr29 y TGr35), a lo largo de la costa tomando imágenes del fondo en cuadrículas de 50×50 cm con cámara con cable. El equipo empleado al principio resultó inapropiado (calidad de la luz) e indujo a cometer ciertos errores a la hora de interpretar los colores del määrl en las imágenes. El 2015 se incorporaron dos focos de luz (>5.600 °K) para evitar este problema, y en el segundo semestre de 2016 las fotos se tomaron directamente mediante buceadores, aprovechando que, de cara a la vigilancia en fase operativa, se han colocado en las mismas estaciones plataformas de poliuretano de 1 m² para poder cuantificar el desarrollo del määrl (fijación de carbonato) y su capacidad de generar arena. Estos datos en aguas hasta 25 m de profundidad son de particular interés, pues dicha arena organógena es la que se incorpora al transporte general a lo largo de la costa. La que se genera a mayor profundidad, allí se queda. Las plataformas de poliuretano no dieron los resultados esperados (son demasiado blandas, siendo horadadas con demasiada facilidad por los organismos incrustantes).

Las algas coralináceas (género *Lithotamnion* y otros) que conforman el määrl son particularmente sensibles a la deposición de sedimentos sobre ellas, sobre todo si se trata de fangos de composición ácida. El resultado suele ser letal, y dada la extensión del määrl en la costa de Granadilla, su eventual disminución repercutiría en toda la zona por su relevancia como fuente de bioclastos (arena organógena).

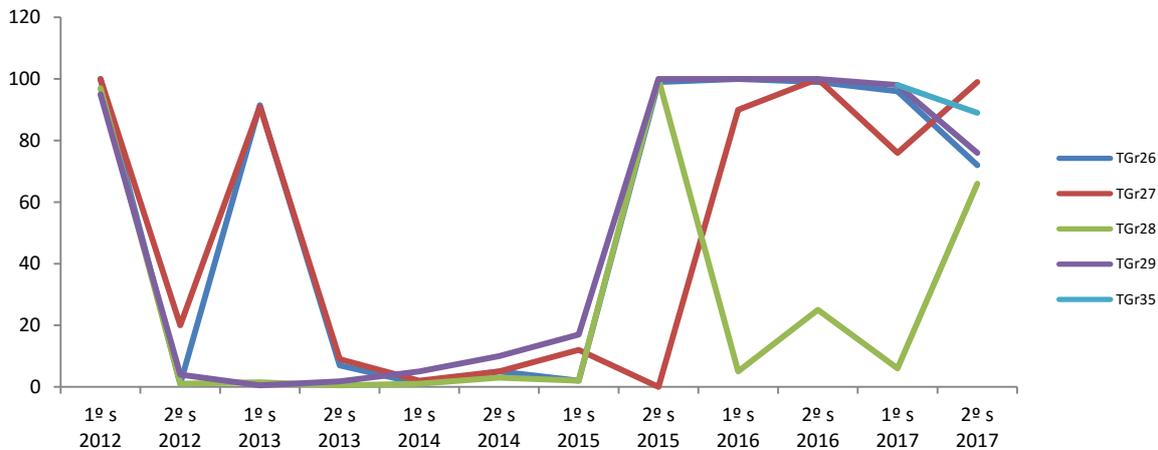


Figura 135. Evolución del maerl en cuatro estaciones de la costa de Granadilla

Los últimos datos obtenidos en 2017 indican una ligera regresión del maerl en todas las estaciones (con valores por encima del 80%), exceptuando la TGr27 y la TGr28 que sufren incremento (Figura 135). La recuperación de la TGr28 es muy importante, aunque continúan los vertidos del emisario submarino que se encuentra a 400 m. El bloom de *Lyngbya majuscula* que lo afectó el año pasado también lo hizo este año de agosto a noviembre. Siguen existiendo amplias praderas de *Halophila decipiens* y de *Caulerpa prolifera*.



Figura 136. Maerl en la estación TGr29



3.6.12 Estado del sebadal

El sebadal es una comunidad biológica que se desarrolla sobre arenas en aguas someras, estructurada y dominada por la seba (*Cymodocea nodosa*), una planta fanerógama submarina que forma rizomas clónicos y suele brindar soporte a varias especies sésiles (briozoos, algas calcáreas, etc.) además de servir de alimento y dar cobijo a otros muchos seres marinos.

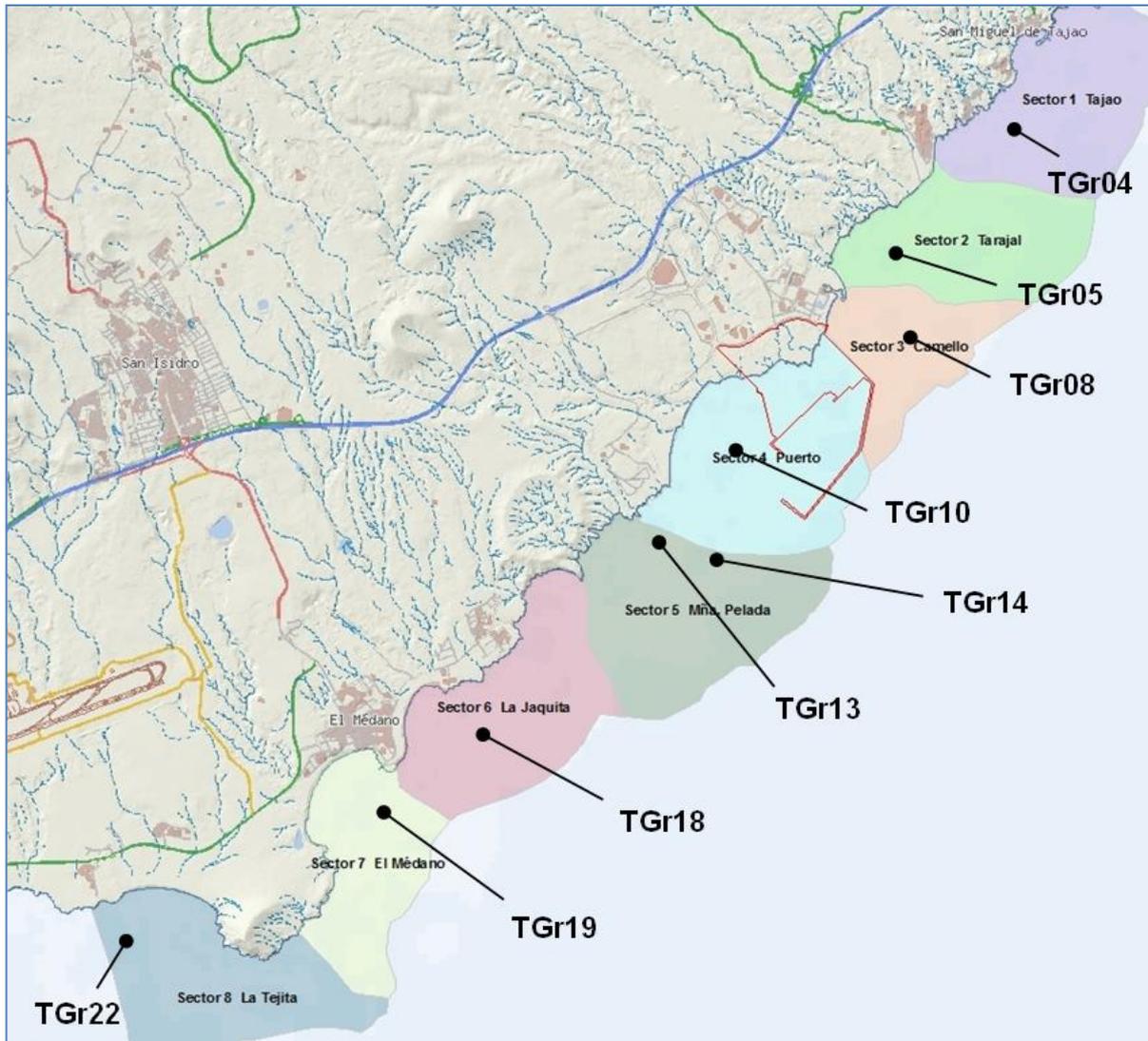


Figura 137. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas

Para hacer un seguimiento del estado de desarrollo o "salud" de los sebadales y conocer sus variaciones naturales y aquéllas atribuibles a las obras del puerto de Granadilla, se ha establecido una estación de muestreo en cada sector ambiental, a excepción del sector 5 "Mña. Pelada" donde se han ubicado dos estaciones (TGr13 y TGr14), junto al límite oriental de la zec Sebadales del Sur de Tenerife (Figura 137). Tres estaciones (TGr18, TGr19, TGr22) caen dentro de esta área protegida.

El biólogo marino Tomás Cruz ha desarrollado para el OAG una metodología específica para el seguimiento del estado de salud de los seabadales, aplicada ya en una primera campaña previa al inicio de las obras (septiembre 2011). Dicha metodología se explicó con detalle en el informe anual de 2012. En principio, se deben realizar dos campañas de muestreo para que coincida con la fase invernal y estival de la comunidad. Las campañas de 2017 tuvieron lugar en los meses de enero y de agosto, respectivamente.

En cada estación se siguen estudiando los diversos parámetros evaluados en tres categorías de desarrollo: alto, medio y bajo, empleando las siguientes equivalencias y unidades (Tabla 30).

Tabla 30. Tipificación de los parámetros descriptivos del seabadal

PARÁMETROS	ALTA	MEDIA	BAJA
Densidad de haces	> 1.000 haces/m ²	500-1.000 haces/m ²	< 500 haces/m ²
Densidad de hojas	> 3.000 hojas/m ²	1.500-3.000 hojas/m ²	< 1.500 hojas/m ²
Altura de hojas	>30 cm	20-30 cm	< 20 cm
Altura de los peciolo	>7 cm	3-7 cm	<3 cm
Área foliar	> 0,75 m ² /m ²	0,75-0,25 m ² /m ²	< 0,25 m ² /m ²
Cobertura	3 (>75%)	2 (25-75%)	1 (<25%)
Biomasa	>30 gr peso seco/m ²	15-30 gr peso seco/m ²	< 15 gr peso seco/m ²
INDICADORES	ALTA	MEDIA	BAJA
Epifitismo	3 (<50% verde)	2 (75-50% verde)	1 (>75% verde)
Vitalidad foliar	3 (>75% verde)	2 (75-50% verde)	1 (<50% verde)
Desarrollo radicular	3 (>50% de cobertura)	2 (50-25% de cobertura)	1 (<25% cobertura)
Balance sedimentario del peciolo	1 Positivo (sedimentac.) Peciolo cubierto	0 Neutro Peciolo descubierto	-1 Negativo (erosión) Raíces descubiertas

Al ser la seba una fanerógama, sus hojas carecen de las protecciones propias de las algas y son colonizadas por seres epífitos a medida que crecen, sobre todo en la época invernal-primaveral. Los epífitos detraen luz a la planta, de modo que se produce una pugna entre su colonización y desarrollo, y la hoja que crece rápido para caer y renovarse. Pero es precisamente, esta capacidad de ofrecer sustrato sólido a seres y larvas sésiles, lo que confiere un papel ecológico clave a la seba. Las formas que más impactan a la seba son las algas costrosas, principalmente las coralináceas, y en menor medida las de porte erecto y/o arborescente, como microalgas de todos los grupos y los hidroideos.

Las hojas de seba crecen ininterrumpidamente durante un mes lunar y después se desprenden, por lo general totalmente necrosadas. Sin embargo, a medida que alcanzan su máxima longitud y por diversos motivos, su capacidad productiva puede ir perdiéndose a partir del ápice. Siendo así, cabe utilizar la relación entre la porción de hoja verde productiva y la muerta para reflejar la vitalidad foliar. Desde el muestreo de referencia de 2011 se ha registrado un incremento generalizado de la vitalidad foliar o, al menos, se ha mantenido por encima del 75% de la superficie de la hoja. El aumento de la vitalidad pudiera obedecer a una mayor fertilización o ser una respuesta fisiológica a la disminución de la radiación solar (por turbidez), que obliga a la planta a tener mayor superficie fotosintética para mantener el mismo nivel de metabolismo.



Figura 138. Sebadal medio-laxo sobre arena y con mucho epifitismo, en TGr19 Jaquita (31-1-2017)



Figura 139. Sebadal denso en TGr18, en verano (7-8-2017)

La estabilidad local del sustrato condiciona el sistema radicular de la seba. En zonas estables, sin erosión ni sedimentación apreciables, la pradera presenta un desarrollo notable de rizomas horizontales con numerosas raíces a escasos centímetros de la superficie (lo que significa un alto valor del parámetro), mientras que en zonas erosionadas los rizomas quedan descubiertos y se pierden al quedar expuestos a la agitación (el valor baja), como suele ocurrir en los bordes de los claros. En zonas sedimentarias de reciente formación por aportes pluviales o vertidos, los rizomas permanecen enterrados y la planta se ve obligada a alargar su peciolo.

Por otra parte, cuando aumenta el nivel del sustrato por sedimentación, la seba reacciona alargando su peciolo para evitar el enterramiento. Cuando el peciolo está enterrado aproximadamente hasta la mitad, hay un balance sedimentario neutro; cuando aflora totalmente o incluso quedan al descubierto los rizomas, es negativo (hay erosión); y cuando está enterrado y solamente afloran las hojas, es porque ha habido un aporte sedimentario reciente con el consiguiente aumento de nivel del sustrato.

Del análisis de los datos obtenidos durante las campañas realizadas, el OAG ha concluido que en seis meses la seba reacciona sin problemas a un enterramiento de 5-10 cm, pero que si éste supera los 15 cm es incapaz y se produce un colapso¹⁰.

Tabla 31. Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011)

Estación	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura de hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Sedimentación
TGr. 4	539	1312	21,1	0,397	17,54	3	2	1	2	1
TGr. 5	536	1264	21,6	0,433	17,748	2	1	2	2	0
TGr. 8	509	1125	27,6	0,502	24,121	1	2	2	3	-1
TGr. 10	1213	2586	24,9	0,697	30,901	1	2	2	1	0
TGr. 13	1338	2842	41,6	1,399	75,728	1	1	2	2	0
TGr. 14	1280	2800	32,8	0,9	52,858	1	2	1	3	-1
TGr. 18	669	1482	19,9	0,404	18,688	1	2	2	1	0
TGr. 19	680	1525	22,3	0,456	18,858	2	1	2	1	0
TGr. 22	592	1233	29,6	0,694	33,674	2	2	1	2	0

Los promedios de los parámetros registrados en cada semestre reflejan el estado de mejor o peor salud de los sebadales. En la Tabla 31 se han incluido los datos del 2º semestre de 2011 que son los de referencia, y en la Tabla 32 se muestran los datos 2017, resaltándose en color verde los parámetros del periodo estival, que han aumentado respecto de su referente, y en color rojo, los que han disminuido.

Comparando la fase invernal de 2017 con la de 2016 (Tabla 33), se vuelve a apreciar una disminución de la densidad de haces para las estaciones TGr10, TGr13 y TGr18. Estas mismas estaciones también presentan, junto con la TGr05 y la TGr22, disminución en la densidad de hojas. La altura de las hojas disminuye de manera generalizada en todas las estaciones salvo en la TGr22, que permanece aproximadamente igual; y la TGr05 y TGr14, que aumenta. La altura del peciolo disminuye en todas las estaciones menos en la TGr14 y la TGr18. La disminución de este parámetro es, a priori, un hecho positivo, puesto que denota disminución en la sedimentación. Las estaciones donde la disminución en todos los parámetros es muy patente

¹⁰ Espinosa Gutiérrez, J. M., Machado Carrillo, A., Díaz Guerra, J., Cruz Simó, T. & Bermejo, J. A., 2014. Growth response of the seagrass *Cymodosea nodosa* to in situ real burial and erosion. Pp. 488 in: ISMS (ed.). *Book of Abstracts submitted to the IV Congress of Marine Sciences*. Las Palmas de Gran Canaria, Universidad de las Palmas de Gran Canaria,



son las TGr10 (todos menos el área foliar) y la TGr13 (todos). La estación TGr10 se encuentra en una zona aplacerada tras el contradique, con gran cantidad de limo y sedimentos finos. En la época invernal todavía no se había visto afecta por la presencia de *Lyngbya majuscula* (ver punto 3.6.8 Especies exóticas).

Tabla 32. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2017. Los colores verde (aumento) y rojo (disminuye) reflejan cambios respecto a septiembre de 2011

Enero 2017	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	448	688	10,66	0,3	7,55	1	2	3	1	1
TGr. 05	293,33	368	14,02	0,36	8,14	1	1	3	1	1
TGr. 08	309,33	544	8,32	0,24	5,61	1	1	3	1	1
TGr. 10	325,33	677,33	11,92	0,36	13,16	1	2	3	1	1
TGr. 13	426,67	800	13,43	0,37	20,04	2	2	3	1	1
TGr. 14	586,67	1.120	10,01	0,29	17,93	1	1	3	2	1
TGr. 18	384	666,67	9,15	0,25	9,79	1	2	3	3	1
TGr. 19	597,33	1.018,67	11,09	0,35	21,75	1	3	2	3	1
TGr. 22	581,33	912	7,67	0,22	10,55	1	3	2	2	1
Agosto 2017	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	346,67	1.077,33	18,07	0,75	28,53	1	1	3	1	1
TGr. 05	330,67	496	16,96	0,65	11,01	1	1	3	1	1
TGr. 08	266,67	544	15,01	0,48	10,99	1	1	3	3	1
TGr. 10	522,67	997,33	21,39	0,91	30,22	1	2	3	3	1
TGr. 13	1.040	2.112	28,42	1,21	118,33	3	2	2	1	1
TGr. 14	1.424	2.746,67	19,94	0,75	105,54	3	2	3	1	1
TGr. 18	1.061,33	1.914,67	22,83	0,85	290,07	2	2	3	2	1
TGr. 19	1.568	2.357,33	39,5	2,12	196,48	3	3	2	2	1
TGr. 22	1.450,67	2.352	34,44	1,6	270,23	2	3	3	2	1

En el período estival se aprecian dos grupos de estaciones claramente diferenciados. Las estaciones del norte del puerto, junto con la estación TGr10, en la que prácticamente todos los parámetros están en retroceso y las estaciones al sur, donde la mayoría crecen (resto de estaciones al sur). La estación TGr10 está en la zona aplacerada que queda tras el contradique, donde la sedimentación de finos ha aumentado mucho, lo que junto con la presencia de *Derbesia* el año pasado y *Lyngbya* este, puede ser la razón de este descenso. Tras la terminación de la primera alineación de la obra de abrigo y el comienzo de la segunda, se generó una zona de “efecto rebote” que crea una fuerte dinámica en los alrededores de la estación TGr08, pudiendo ser ésta la causa del retroceso en esta estación.

Tabla 33. Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2016 con 2017.
El color verde (aumento) y rojo (disminuye) reflejan los cambios entre los dos años.
El color gris se usa para aquellos parámetros que apenas han variado

INVIERNO	TGr04	TGr05	TGr08	TGr10	TGr13	TGr14	TGr18	TGr19	TGr22
Densidad de haces	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑
Densidad de hojas	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	=	↓
Altura foliar	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	=
Longitud del peciolo	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓
Área foliar	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓
Biomasa foliar	=	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↓
VERANO	TGr04	TGr05	TGr08	TGr10	TGr13	TGr14	TGr18	TGr19	TGr22
Densidad de haces	↓	↓	↓	↓	=	↑	↑	↑	↑
Densidad de hojas	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑
Altura foliar	=	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑
Longitud del peciolo	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	=	↓
Área foliar	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑
Biomasa foliar	↓	↓	↓	↓	↑	=	↑	↑	↑

Sin embargo, las estaciones TGr05 y TGr04 (esta última es la estación control del norte), quedan alejadas del posible efecto de la obra de abrigo y sin embargo también presentan un retroceso importante en todos los parámetros. Las estaciones al sur, tanto las que están dentro de la ZEC (TGr18, TGr19 y TGr22) como las que están en su límite sur (TGr13 y TGr14), presentan un crecimiento claro en todos los parámetros (menos la TGr14 que sólo aumenta en densidad de haces y de hojas).

Las estaciones TGr04 y TGr05 (Figura 140) parecen haberse estabilizado en los 400 y 300 haces/m² respectivamente –por debajo de los valores de referencia– y la estación TGr10 (Figura 141) en torno a los 500 haces/m², bastante por debajo de su densidad de haces inicial. Las otras dos estaciones del sur han sufrido una cierta recuperación tras el periodo invernal y las tres últimas estaciones (Figura 142), las más alejadas del puerto – y dentro de la zec– muestran densidades de haces fuera de lo común, siendo los más altos hasta ahora registrados y muy por encima de los valores de referencia (los doblan en la TGr19 y TGr22).

Parece como si el puerto hubiera fragmentado el sebadal de Granadilla en dos subsebadales, siendo la situación del subsebadal del norte (que incluye la TGr10), preocupante. Lo que queda por aclarar es a qué factores se debe, y si están o no relacionados con la presencia del puerto.

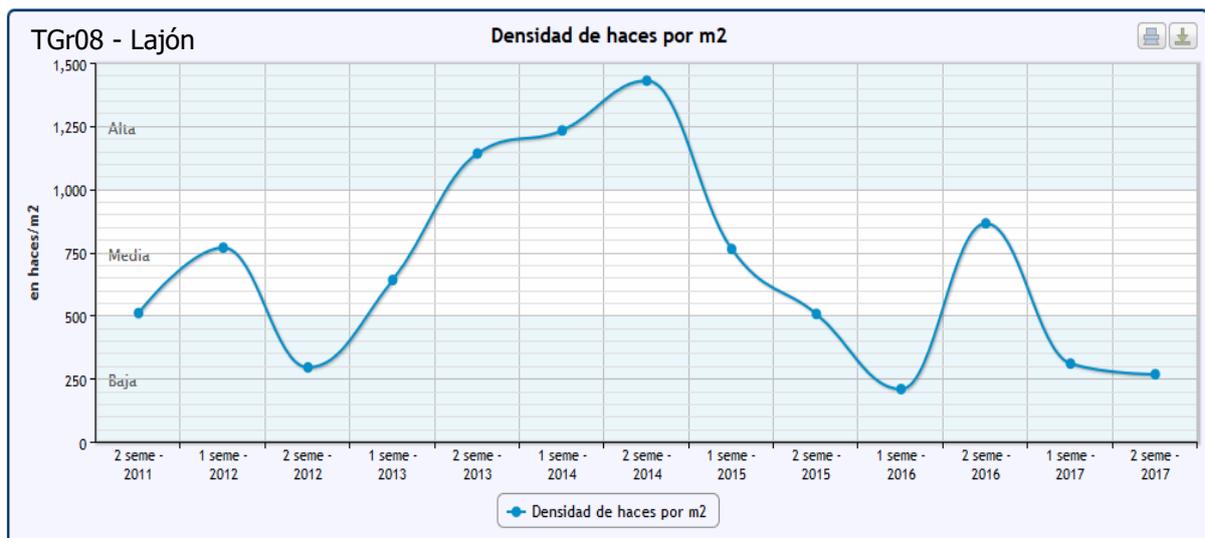
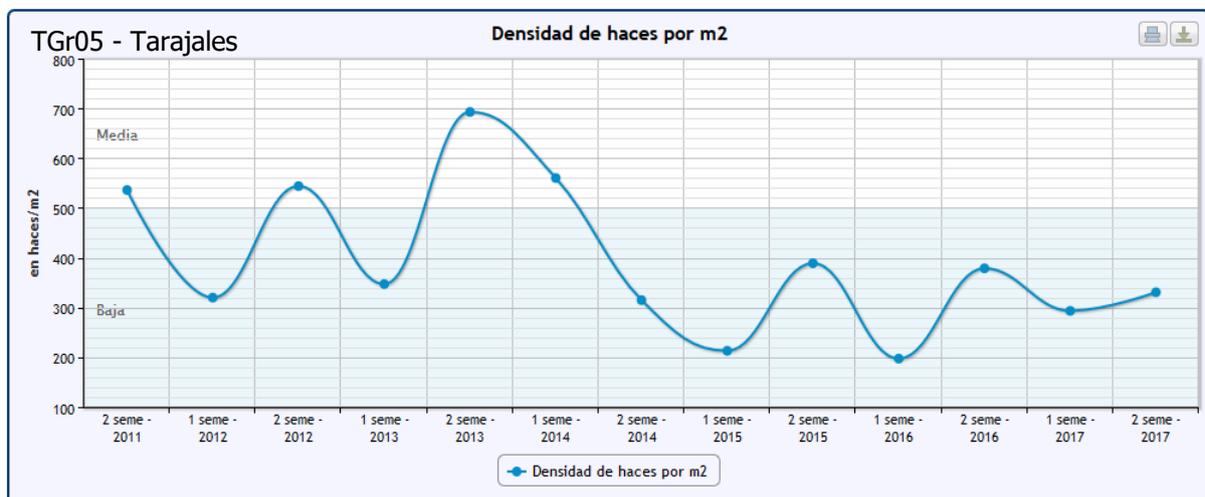
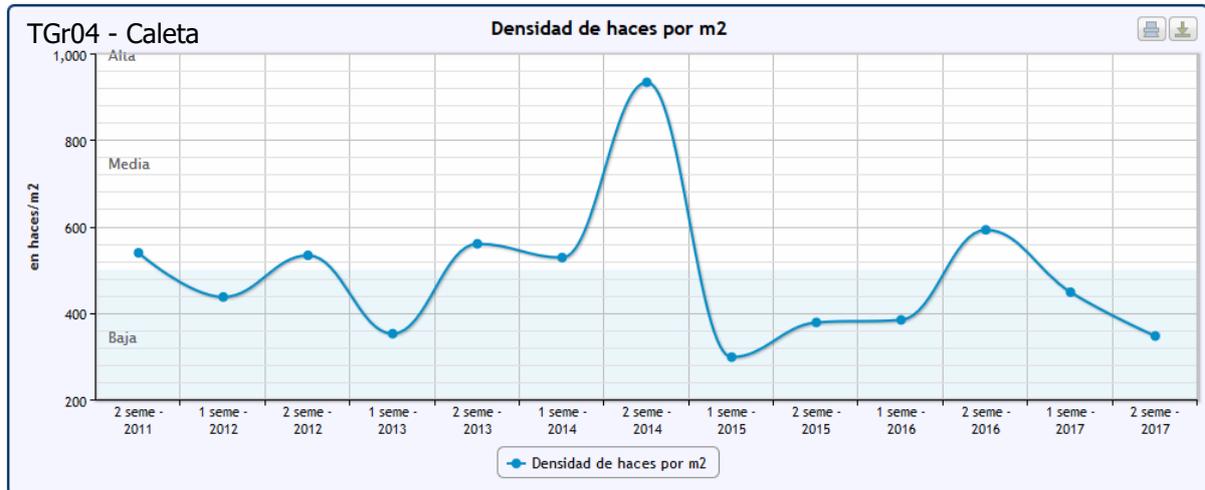


Figura 140. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto

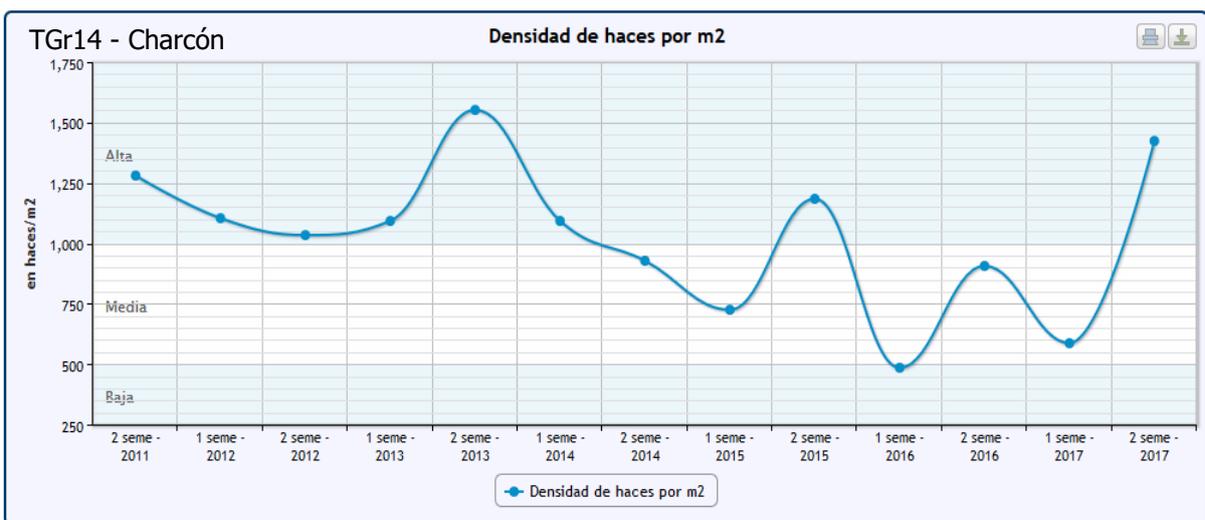
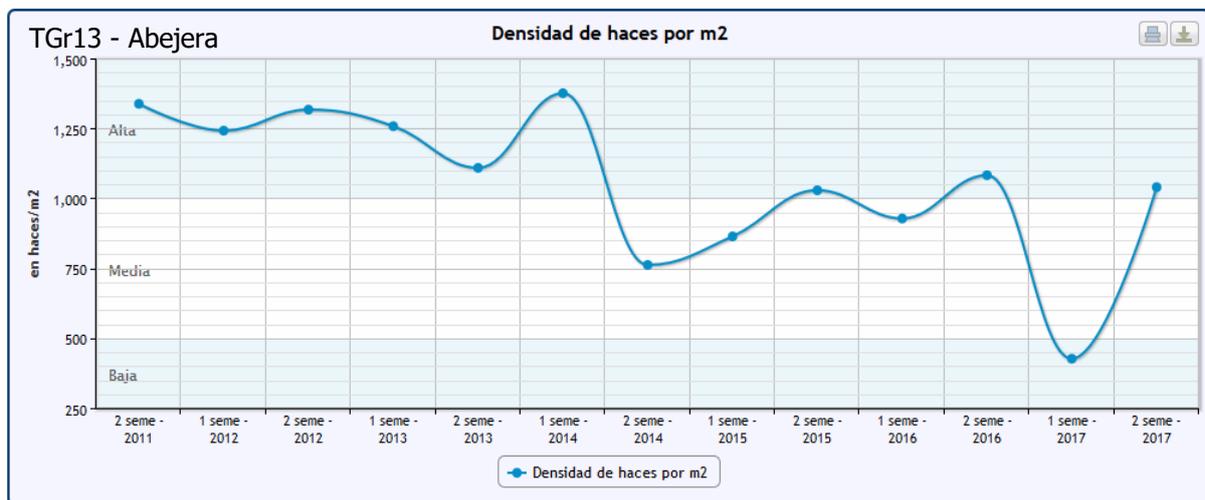
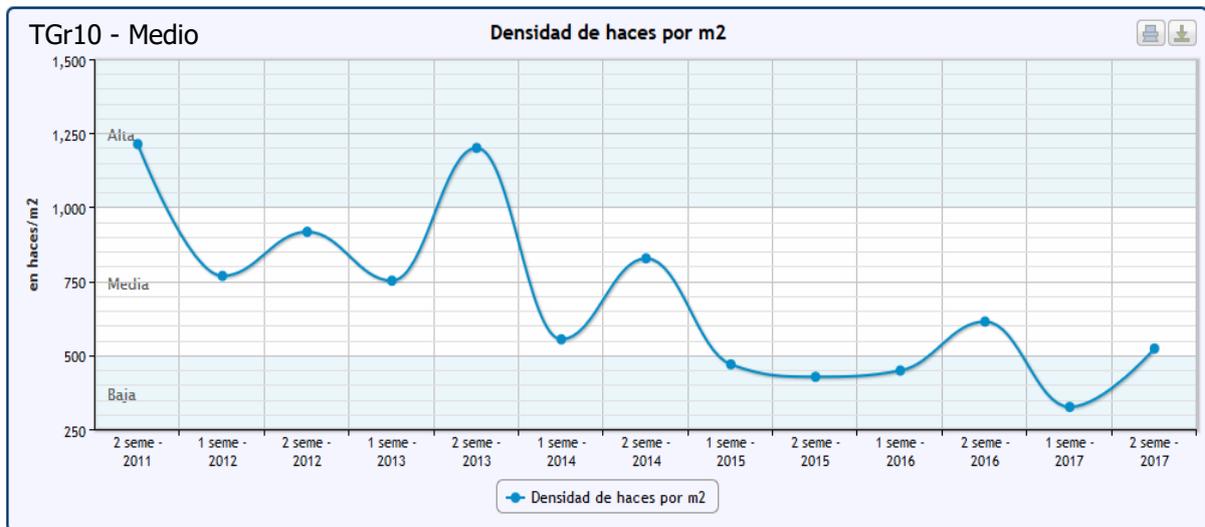


Figura 141. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto

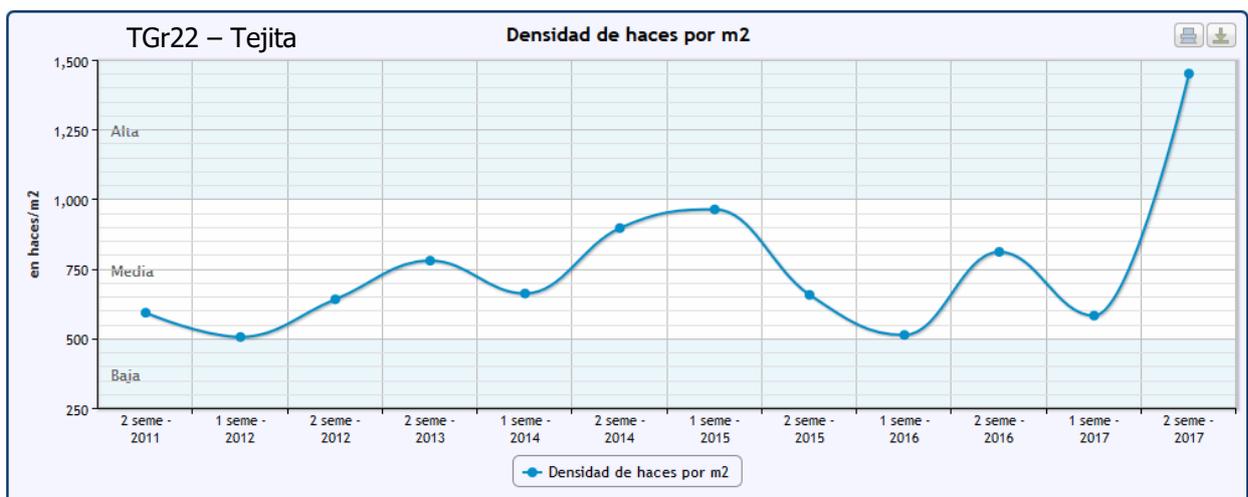
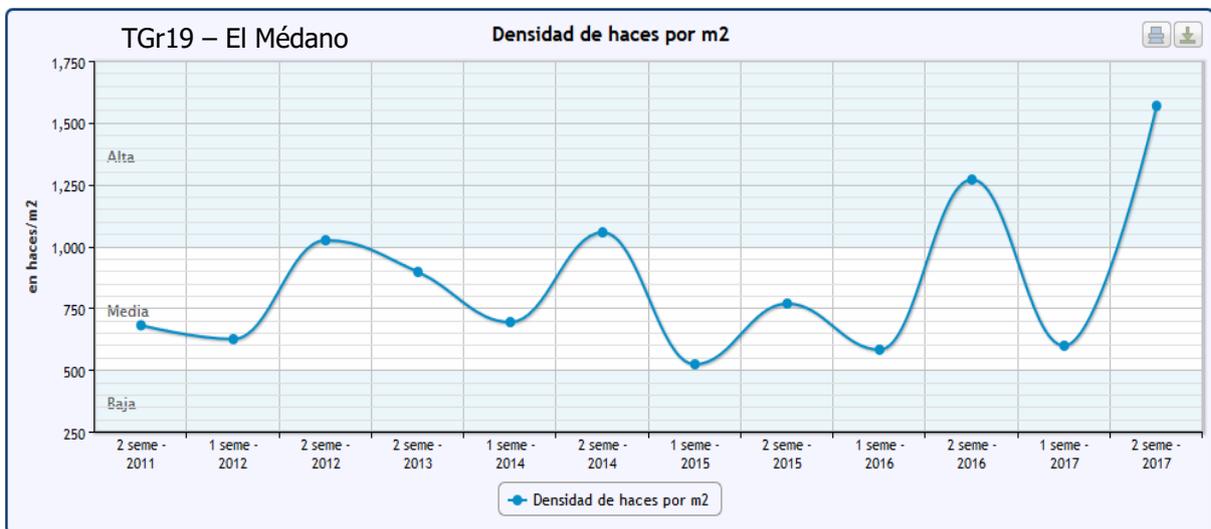
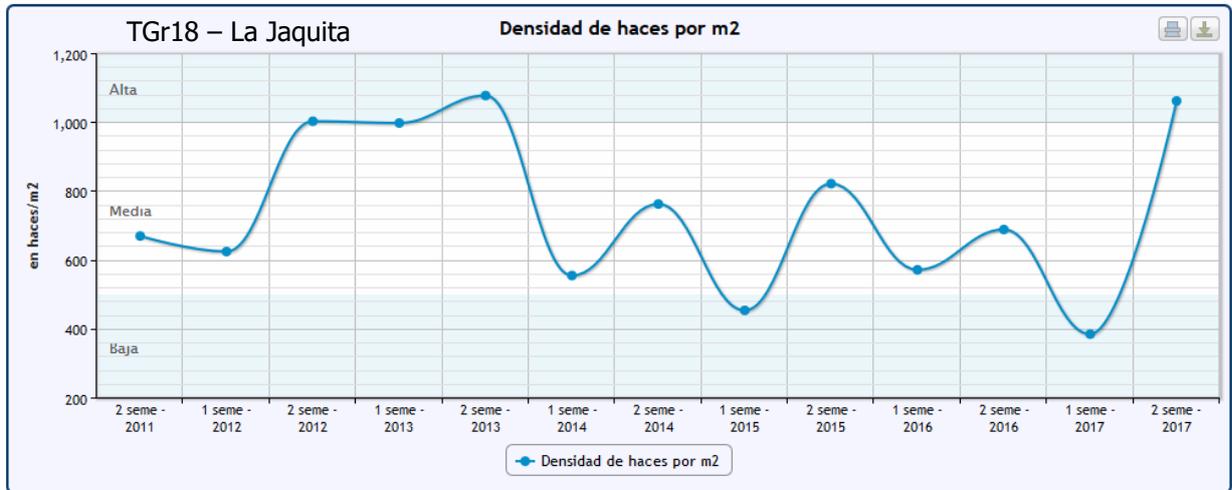
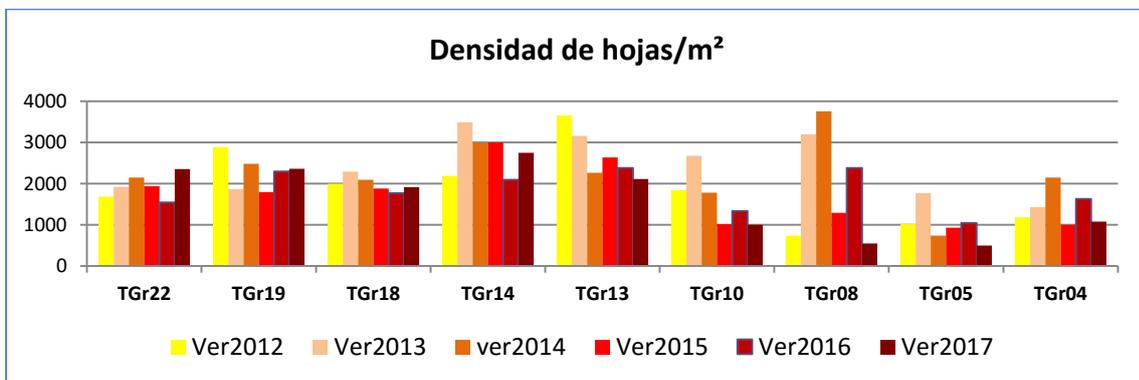
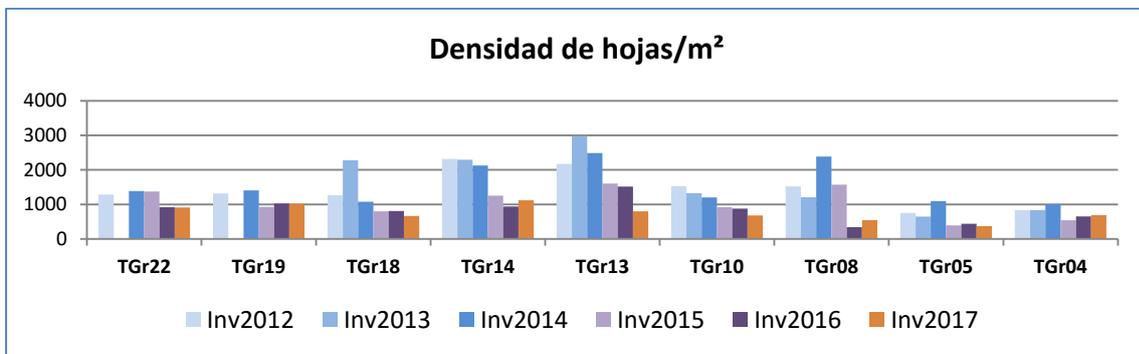
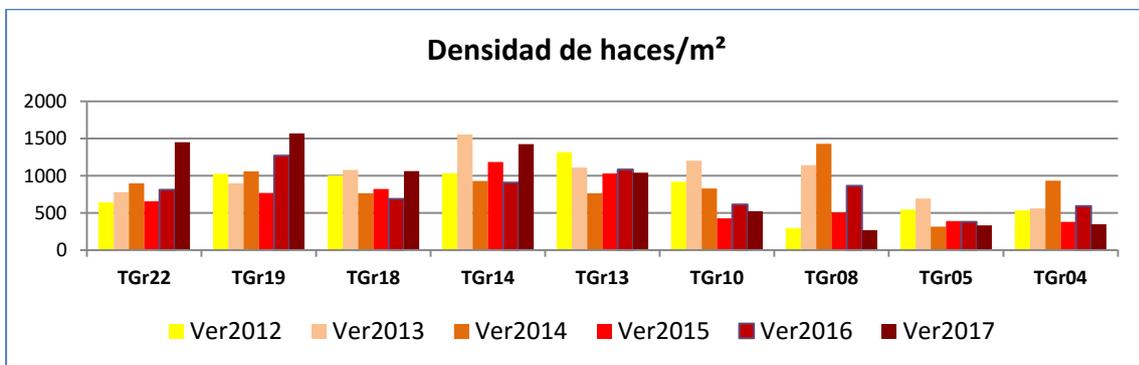
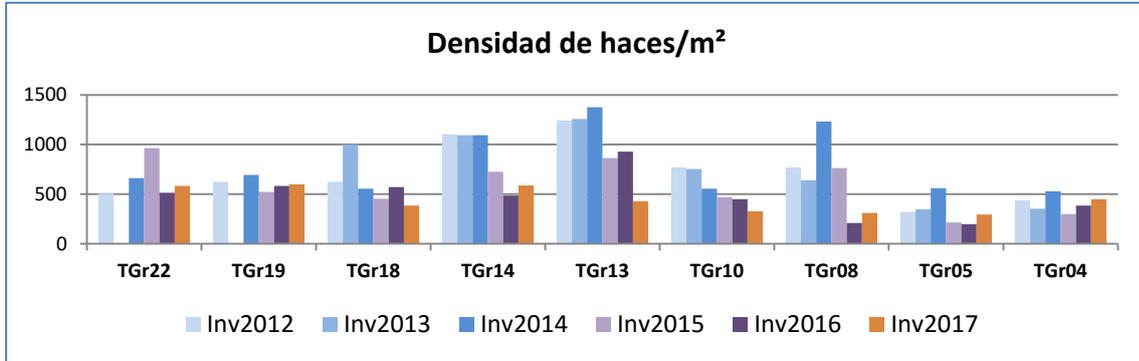
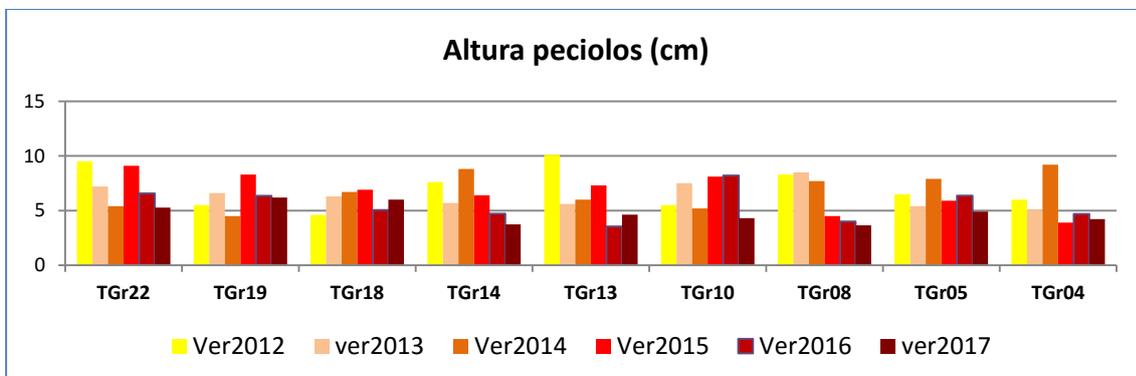
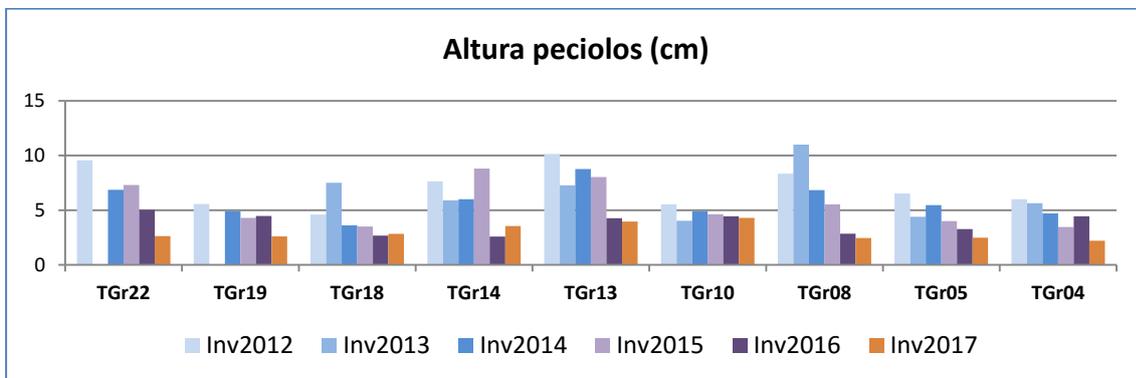
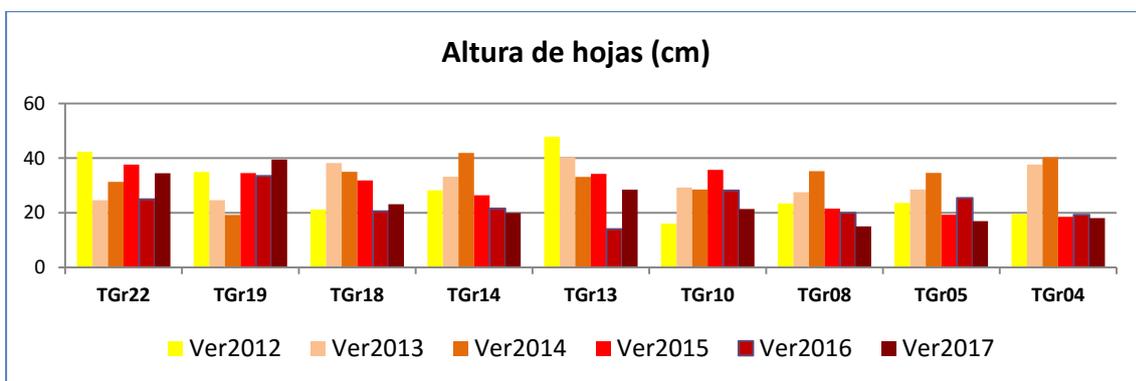
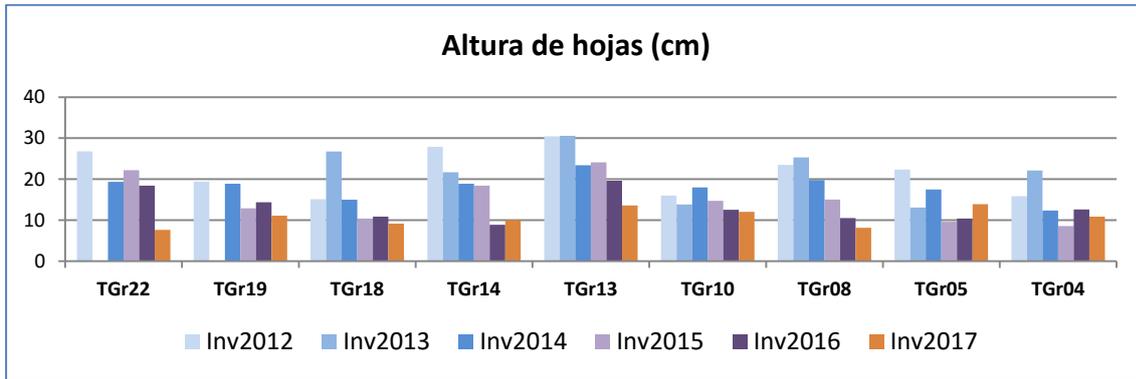
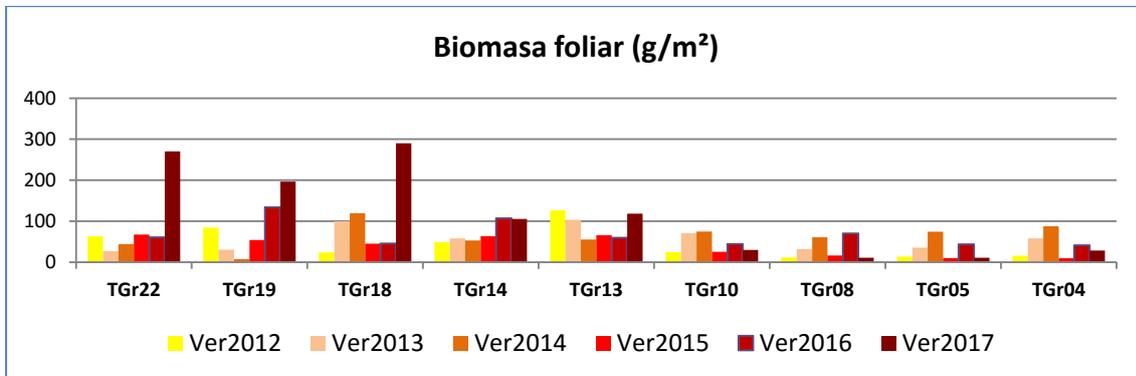
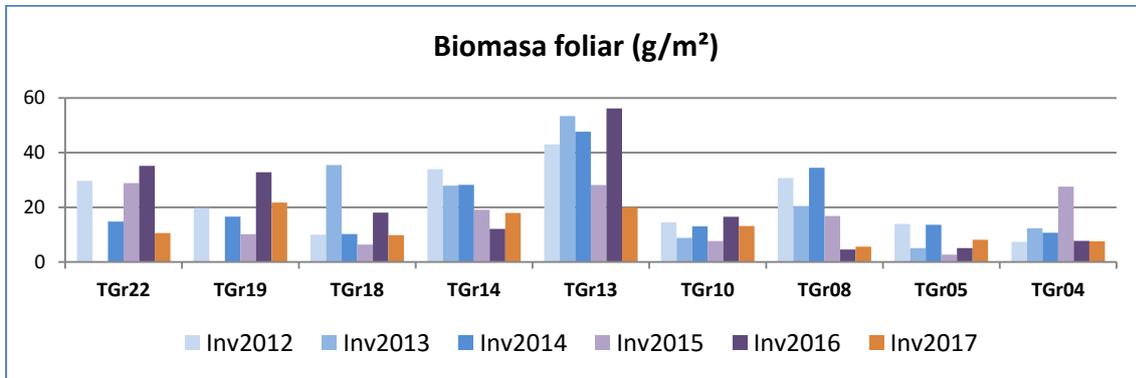
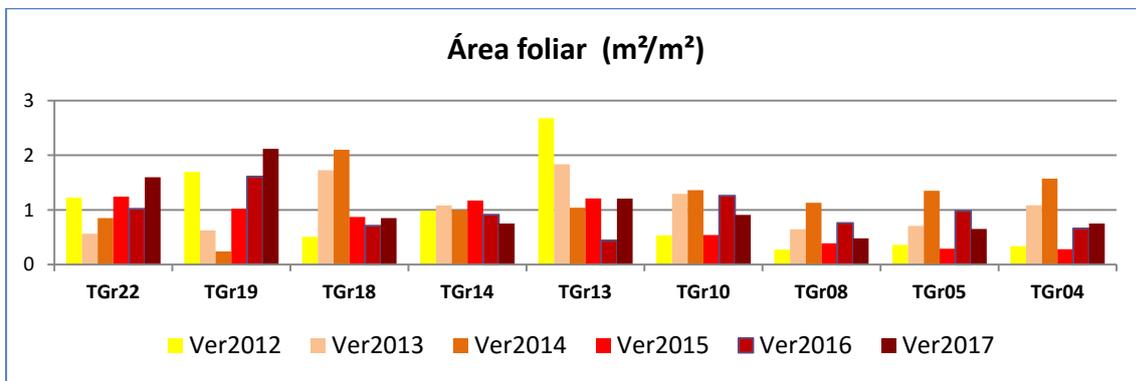
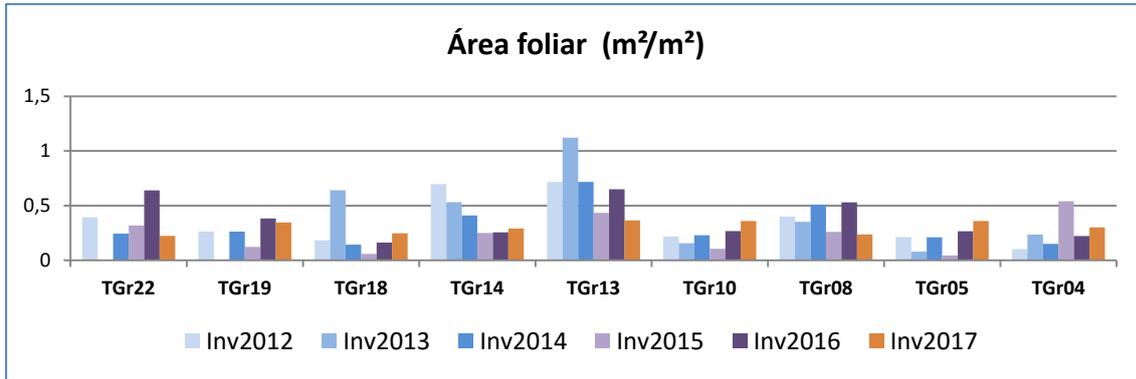


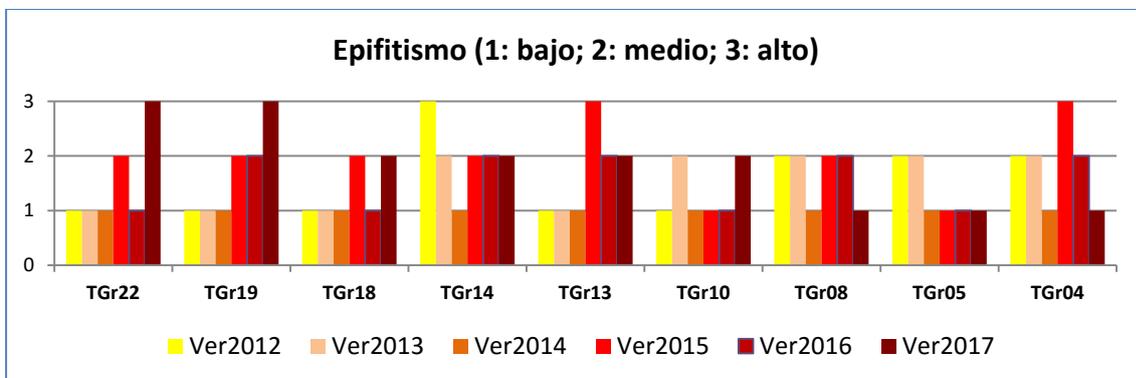
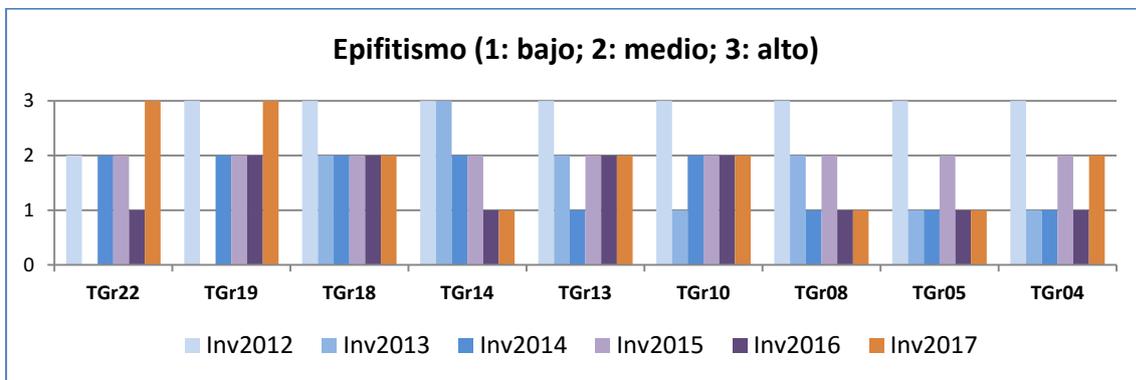
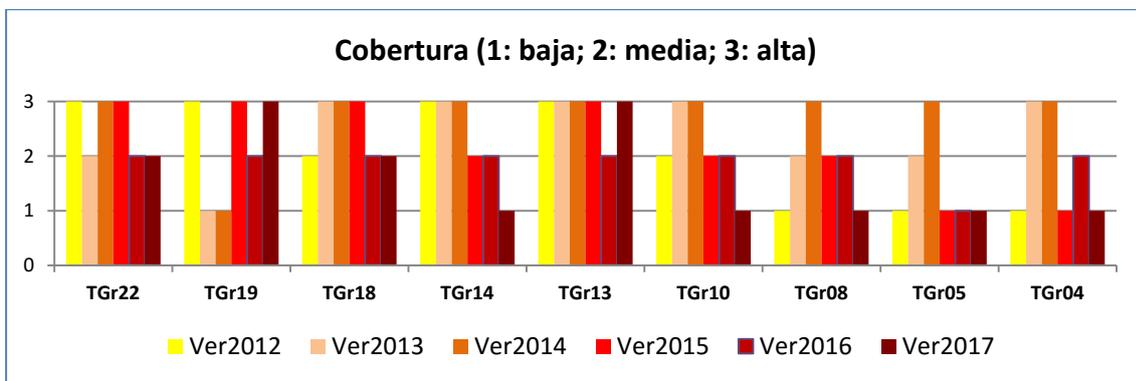
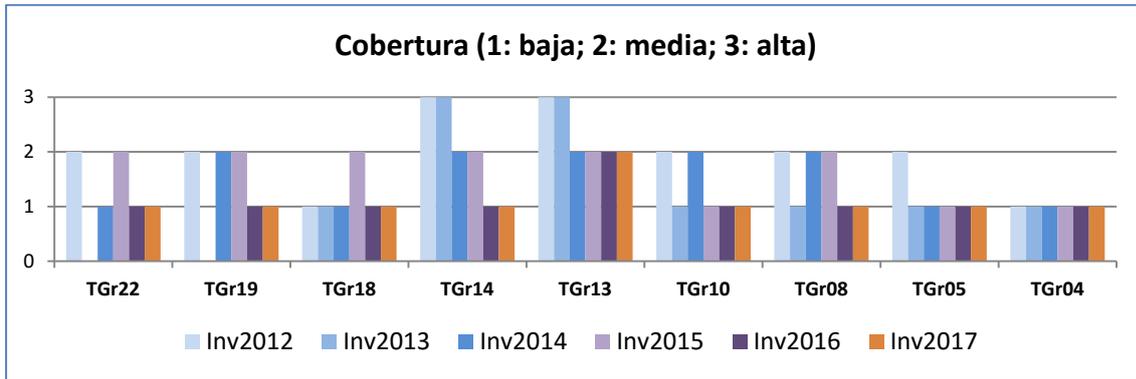
Figura 142. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones de la ZEC

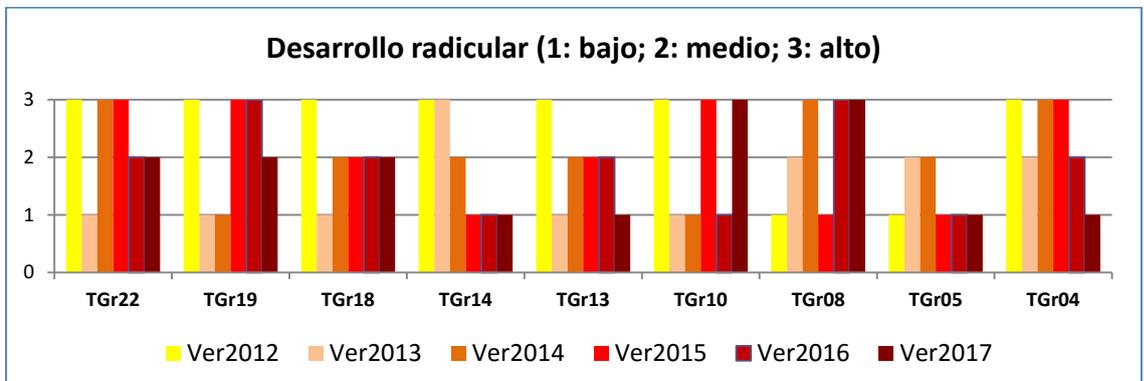
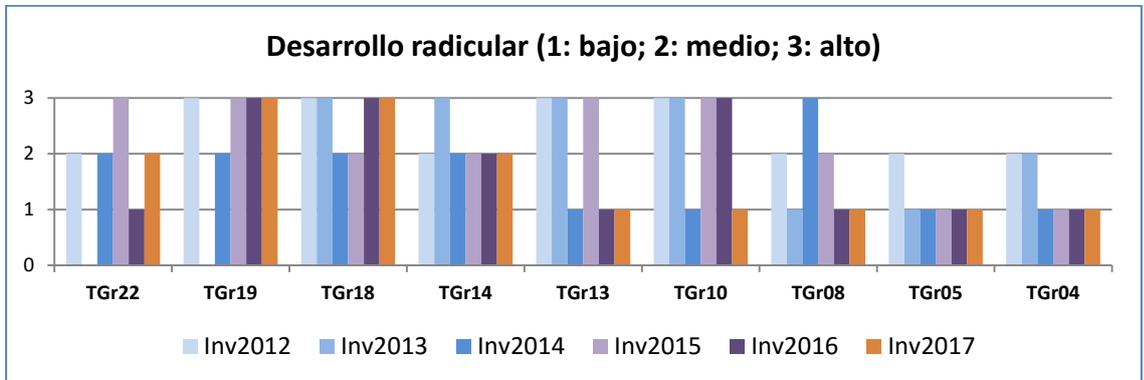
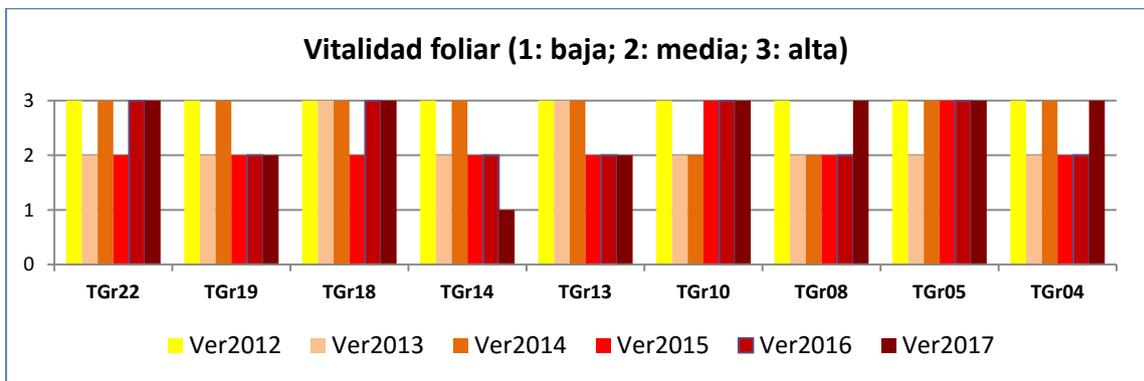
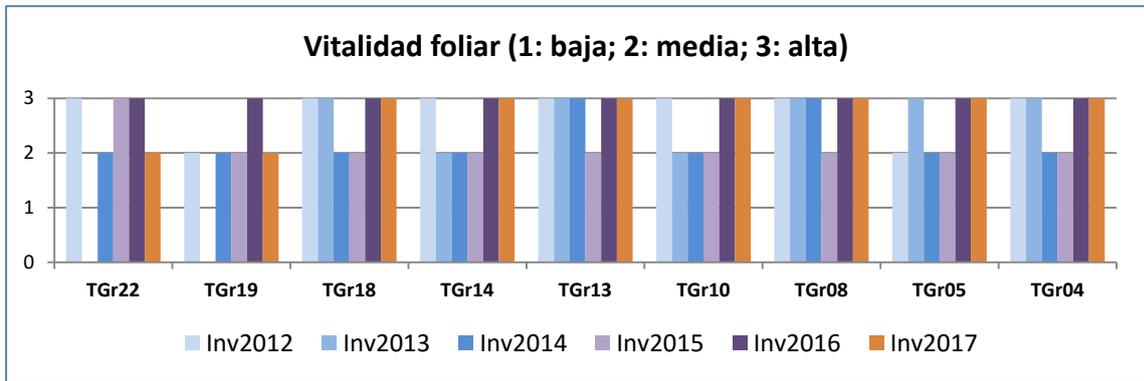
A continuación se exponen los resultados de 2012 a 2017 de modo gráfico para apreciar mejor la evolución de cada uno de los 6 parámetros y 4 indicadores considerados en cada estación.











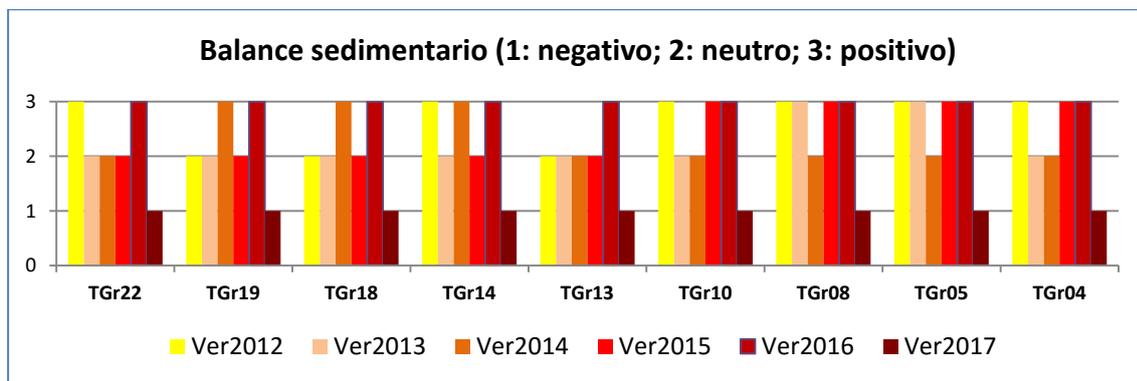
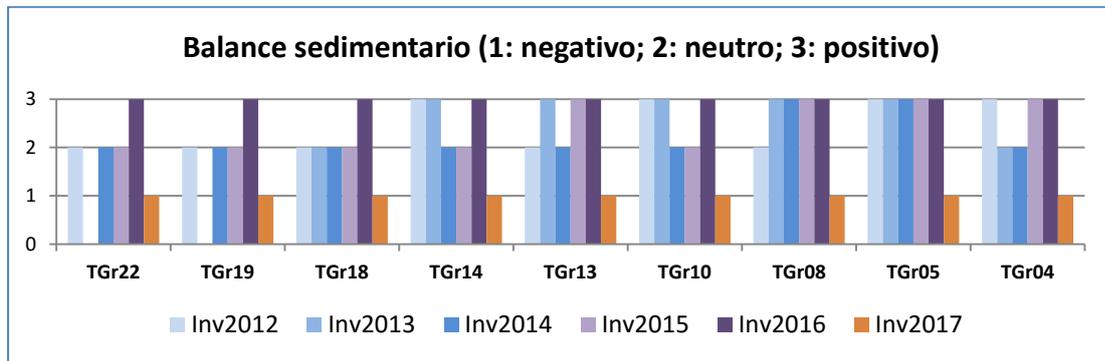


Figura 143. Gráficos individuales de parámetros e indicadores del estado de desarrollo de las sebas en nueve estaciones a lo largo de la costa de Granadilla (período 2012-2017)

Al comparar los datos estivales respecto de los invernales se constata que la densidad de haces aumenta en verano, como es habitual con casi todos los parámetros de estudio. No obstante, y como ya se ha señalado, en valores netos y respecto de años previos, la densidad de haces y densidad de hojas (junto con otros parámetros) disminuye en todas las estaciones salvo en las que se encuentran en la ZEC (TGr18, TGr19 y TGr22) (Figura 143).

La biomasa foliar se continua analizando separadamente de la biomasa subterránea, formada por el rizoma y las raíces. En la Tabla 34 se muestran los resultados obtenidos para cada caso, la biomasa total y la relación entre ambas (índice A/B e índice RWR). El índice A/B varía entre 0,063-0,603 en invierno y 0,438-9,416 en verano. El índice RWR varía entre 0,105-0,542 en invierno y 0,044-0,600 en verano.

Comparando los valores entre las estaciones, se observan dos situaciones:

- En fase invernal, tanto los valores de A/B como los de RWR se mantienen por debajo de uno, denotando, en términos muy generales, que hay un equilibrio entre la biomasa epigea y la hipogea. En invierno ocurre así en todas las estaciones.
- En fase estival se aprecian más diferencias. Todo lo comentado hasta ahora sobre los dos grupos de estaciones es apoyado por los resultados de estos dos índices. Las estaciones dentro de la ZEC (TGr18, TGr19 y TGr22) junto con las dos limítrofes (TGr13 y TGr14) presentan valores de A/B mayores que 3 (la TGr14 > 3) y de RWR < 0,1 (la TGr14 0,139; muy próximo).

Tabla 34. Biomasa de la campaña de 2017 en gramos de peso seco/m² A.- Biomasa epigea (foliar); B.- Biomasa hipogea (biomasa de raíces + rizomas); C.- Biomasa de rizomas; D.- Biomasa de raíces; E.- Biomasa total; A/B.- Relación biomasa epigea/ hipogea; RWR.- Relación biomasa epigea/total

Estaciones	A	C	D	B	E	A/B	RWR	
Fase invernal	TGr04	7,551	15,569	26,935	42,504	50,055	0,178	0,538
	TGr05	8,138	31,342	13,981	45,323	53,461	0,180	0,262
	TGr08	5,605	31,568	56,988	88,556	94,161	0,063	0,605
	TGr10	13,157	12,479	12,498	24,977	38,134	0,527	0,328
	TGr13	20,040	24,310	8,897	33,207	53,247	0,603	0,167
	TGr14	17,929	43,631	32,239	75,870	93,799	0,236	0,344
	TGr18	9,788	27,225	33,554	60,778	70,566	0,161	0,475
	TGr19	21,755	92,856	135,838	228,694	250,449	0,095	0,542
	TGr22	10,551	70,156	30,474	100,630	111,181	0,105	0,105

Estaciones	A	C	D	B	E	A/B	RWR	
Fase estival	TGr04	28,526	20,842	25,545	46,387	74,913	0,615	0,341
	TGr05	11,011	12,316	9,835	22,151	33,162	0,497	0,297
	TGr08	10,997	3,422	21,669	25,092	36,089	0,438	0,600
	TGr10	30,215	16,793	32,497	49,289	79,505	0,613	0,409
	TGr13	118,331	17,303	13,577	30,880	149,211	3,832	0,091
	TGr14	105,537	56,878	26,124	83,003	188,539	1,271	0,139
	TGr18	290,071	38,079	22,719	60,799	350,870	4,771	0,065
	TGr19	196,477	25,175	11,308	36,484	232,961	5,385	0,049
	TGr22	270,228	15,679	13,019	28,699	298,927	9,416	0,044

Aunque el estudio emprendido continua, este comportamiento sugiere que los sebadales en buen estado fisiológico presentan siempre una biomasa foliar mayor en verano que en invierno, al aprovechar la mayor disponibilidad de la luz sin que medien otros factores limitantes, mientras que su biomasa subterránea será mayor en invierno que en verano, justo al revés, ya que gran parte de las hojas se pierden. Traducido a índices, con los datos que tenemos hasta ahora, y siendo conscientes que para determinar la “salud” de un sebadal son necesarios muchos otros parámetros (uno de los principales es la cobertura), podemos indicar que cuando el sebadal mantiene valores de A/B por encima de 3 y de RWR por debajo o muy próximos a 0,1, mantiene “buena salud”. El índice RWR también suele indicar eutrofización cuando se acerca a 0 y oligotrofización cuando se aproxima a 1. Este hecho es corroborado, al encontrar en las estaciones del norte gran cantidad de *runners* intentado colonizar sustratos nuevos, o bien en busca de nuevos nutrientes o de nuevos espacios con mejor luminosidad. Así mismo, otro síntoma de “buena salud” es mantener los índices RWR muy diferentes entre invierno y verano, siendo lo contrario un síntoma de stress vital (Figura 145).

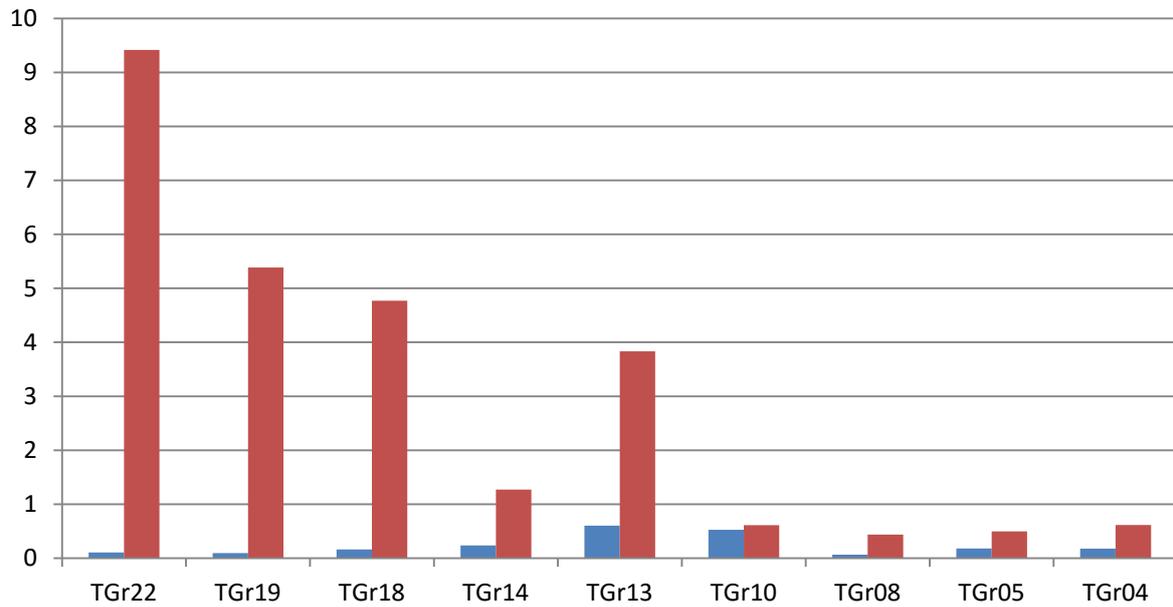


Figura 144. Relación de masa epigea/hipogeal (A/B) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2017

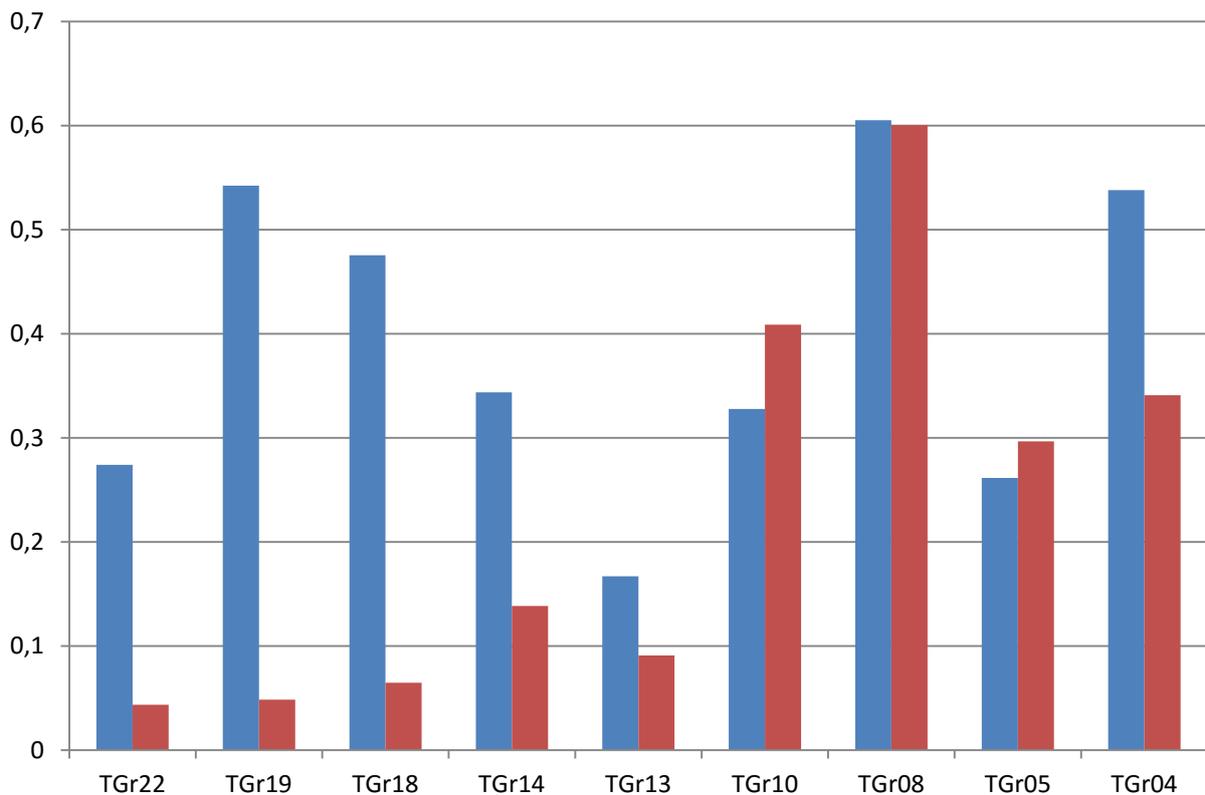


Figura 145. Relación de masa epigea/total (RWR) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2017

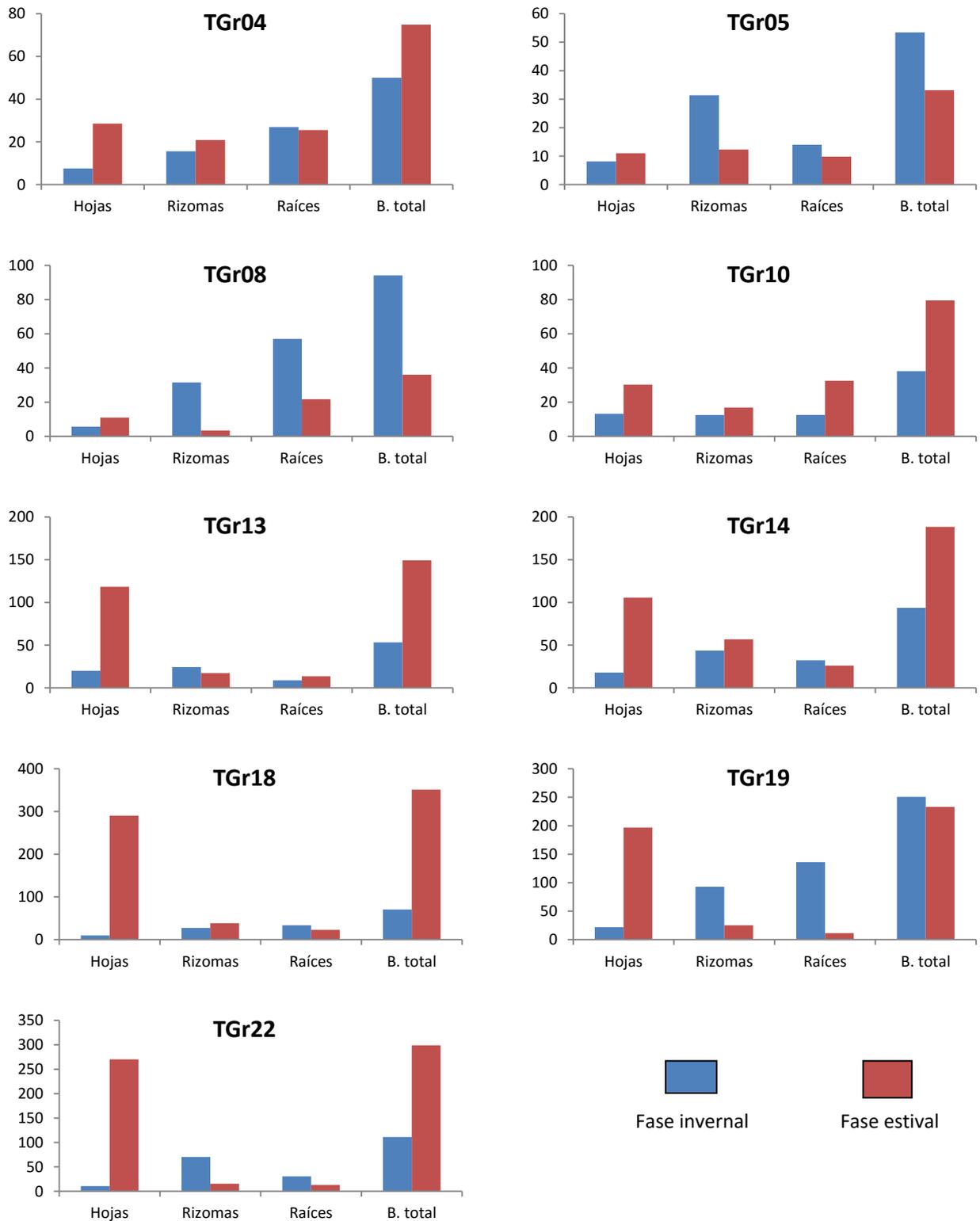


Figura 146. Biomasa (gramos de peso seco/m²) en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla



3.6.13 Evaluación general del sebadal

El mapa adjunto (Figura 147) muestra la valoración general de la situación de los sebadales en relación con la situación de referencia. En 2012 los sectores 3 y 4 habían disminuido, y en 2013 eran donde el sebadal se desarrolló más, pero también había desarrollo notable en los sectores 4 y 5, inmediatamente al sur del puerto. En 2014 estos dos sectores caían por debajo de los valores de referencia de 2011, pudiendo tratarse de un efecto pasajero del impacto recibido en el temporal de finales de 2013 o de algo más persistente atribuible a las obras. En 2015, al norte y sur del puerto, las estaciones reflejaban un aumento en densidad y todo indicaba que el sistema se había recuperado del temporal de diciembre de 2013. No cabe duda que los sectores 4 y 5 son los que han recibido más materiales (zona de carga de gánguiles y de vertidos) y, consecuentemente, donde el aporte de sedimentos y la turbidez han sido mayores.

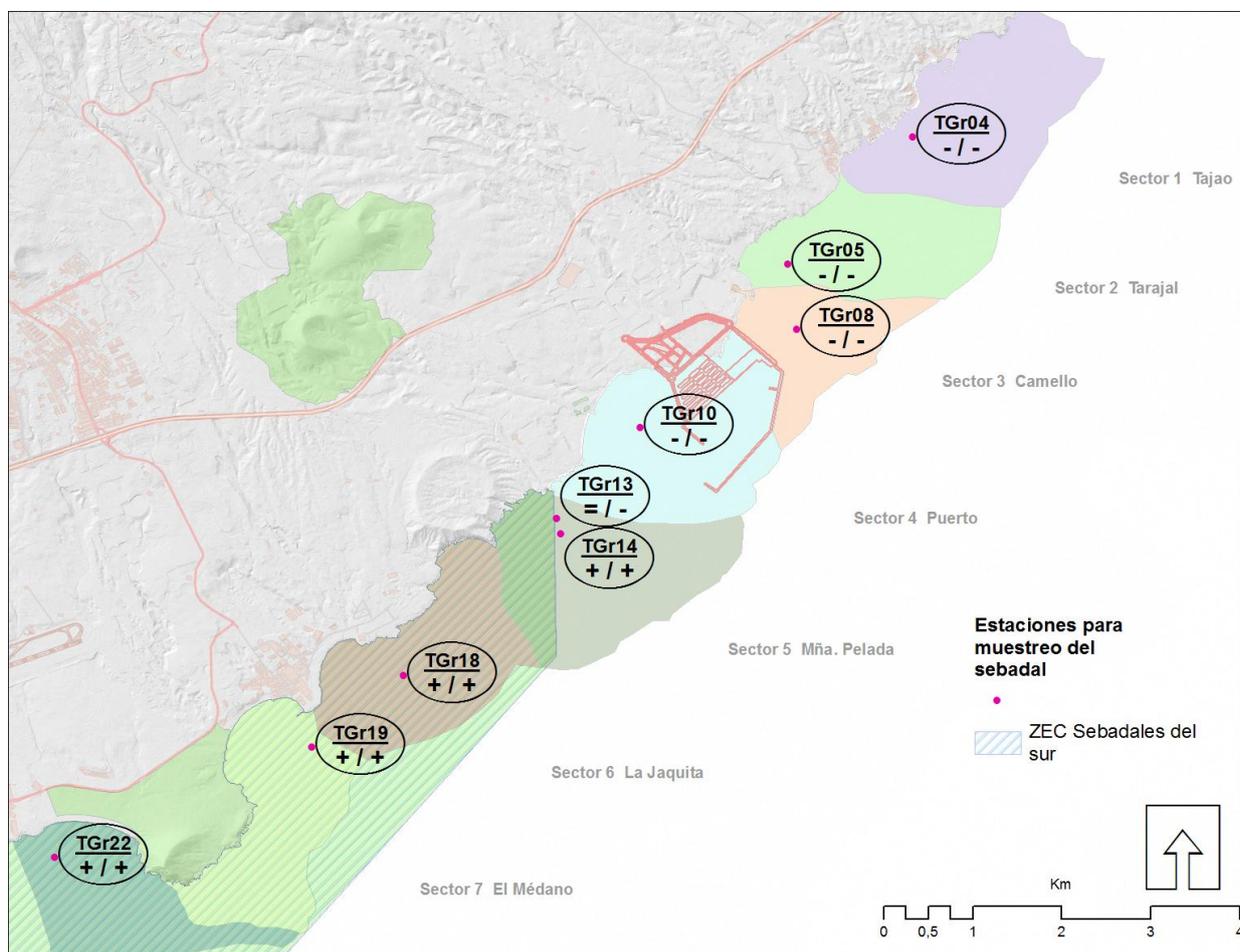


Figura 147. Valoración general de los sebadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2017 en relación al 2016 / y la situación de 2017 en relación con 2011 (referencia)

En 2017, las estaciones de la ZEC y las que están en su límite norte han sufrido el mayor incremento hasta ahora registrado. Por el contrario, la TGr10 y todas las del norte disminuyen de manera importante.

3.6.14 Evaluación general de la biodiversidad

La valoración se ha hecho de manera independiente por 3 de los técnicos del OAG, discutiendo en grupo (panel de expertos) los posibles aspectos en los que la decisión no coincidía, hasta llegar a un consenso. Los sectores La Tejita, El Médano, La Jaquita y Montaña Pelada se han valorado como “favorables mantenidos”. El sector intrapuerto fue valorado por unanimidad como “parcialmente destruido” porque se tuvo en cuenta el efecto arrecife como positivo, que atrae gran cantidad de animales pelágicos y demersales. Sin embargo, la aparición del coral potencialmente invasor *Macrorhynchia philippina* y la degradación del fondo (aunque aparecen de manera estacional praderas de *Caulerpa* y de *Halophila*) hace que obtenga esta calificación. El sector Puerto, Camello, Tarajal y Tajao son catalogados como “desfavorable en declive”, ya que se están detectando cambios en las comunidades, junto con un aumento en la contaminación de sedimentos. La disminución de la seba en estas zonas es alarmante. La aparición del bloom de *Lyngbya majuscula* y la expansión del coral *M. philippina* han sido tenidos también en cuenta a la hora de obtener esta clasificación (Figura 148).

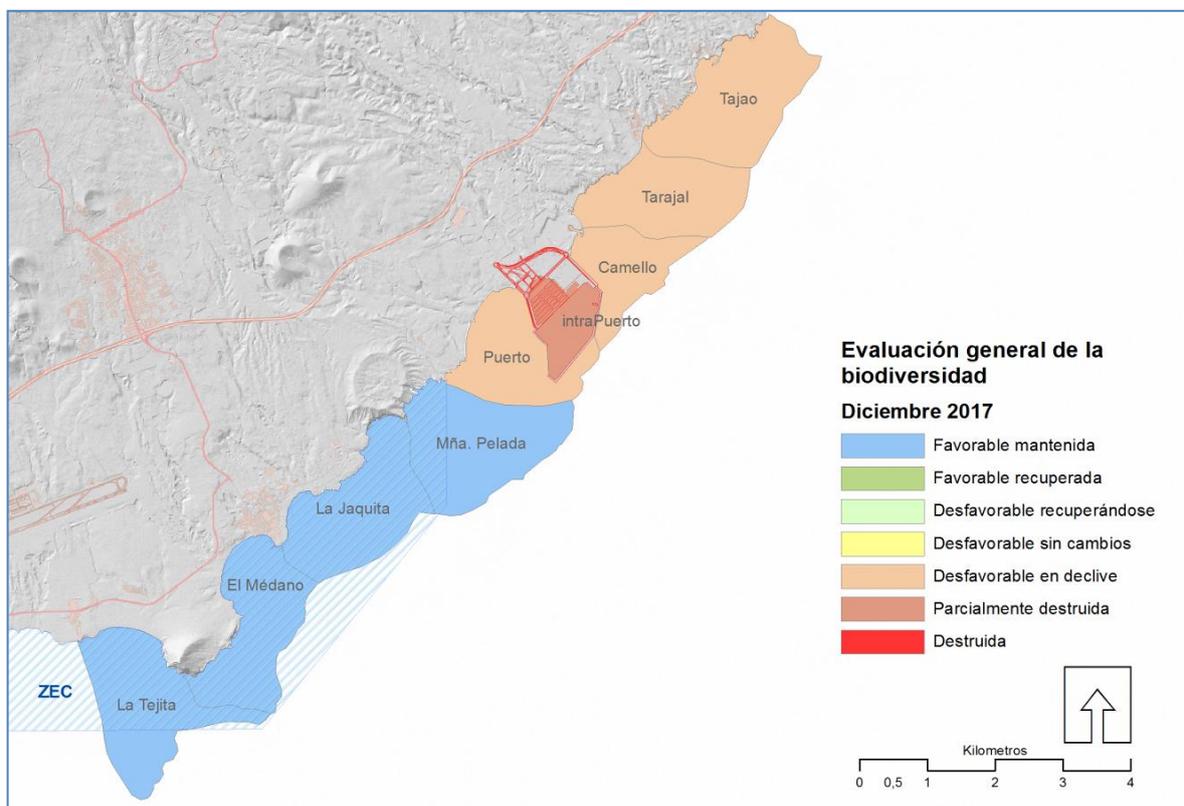


Figura 148. Valoración general de la biodiversidad de 2017

3.6.15 Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116

El estado de conservación de la zec Sebadales del sur de Tenerife antes del inicio de las obras no fue determinado, pero como referencia se cuenta con el levantamiento bionómico de 2008 y las analíticas de aguas que recoge el OAG en su informe de 2010. Los datos reflejan condiciones de naturalidad alta, con perturbaciones menores asumibles por la resiliencia del medio: Su estado de conservación correspondería a: **favorable mantenido**.



Figura 149. Extremo NO de la zec Sebadales del Sur de Tenerife (en verde)

La ZEC ES7020116 Sebadales del Sur de Tenerife se extiende hacia el sur hasta más allá de Las Galletas, mientras que el PVA del puerto de Granadilla abarca solo el ámbito de influencia potencial de las obras según su última configuración, cuyo límite sur quedó fijado en la playa de La Tejita. Requiere atención la disminución de la cobertura del sebadal en la zona de la ZEC estudiada, a pesar de haberse dado en ella las densidades mayores registradas hasta ahora.

Esta sección meridional de la zec, objeto de vigilancia ambiental, supone solo un tercio de toda el área protegida. Las evaluaciones que realiza el OAG se refieren exclusivamente a dicha sección, y:

Año 2011 **Favorable mantenido:** Tres meses después de iniciadas las obras en 2011, la mayoría de los valores analíticos de aguas y sedimentos no reflejaban variaciones significativas respecto de lo previamente conocido o eran atribuibles a la variabilidad normal del medio marino, con algunas que otra excepción respecto a metales pesados (presencia de cromo a lo largo de todo el tramo de costa). De manera global se considera que la zec se encontraba en buen estado.

- Año 2012 **Favorable mantenido:** La zec experimentó cambios en algunos de los parámetros monitorizados, tanto positivos como negativos, que se atribuyeron en parte a las obras, particularmente los registrados en la zona más próxima al puerto (extremo oriental). Dichos cambios no implicaron consecuencias ecológicas relevantes.
- Año 2013 **Favorable mantenido:** A finales de este año el panorama cambió mucho respecto al perfilado en 2012. Hubo una ligera reducción en el desarrollo de la seba en relación con el aumento generalizado del año anterior, quizás debido a la menor fertilización que implica la reducción de material vertido al mar (aprox. 1/3). La presencia de cobre, cadmio y algo de mercurio en las gónadas de erizo se incrementó, pero en proporciones irrelevantes. Los cambios observados en las comunidades bentónicas caían dentro de las variaciones propias de la dinámica del sistema.
- Año 2014 **Favorable mantenido:** A pesar de arrancar el año con los efectos del temporal de diciembre de 2013, la situación no cambió mucho respecto de las condiciones de la columna de agua y las comunidades bentónicas, que recuperaron la “normalidad” bastante rápido. Los registros de turbidez fueron más bajos y los seabadales en general aumentaron algo más su densidad. Sin embargo, destacó la caída de su densidad en las estaciones situadas justo al norte de la zec, si poderse atribuir a causa conocida. El mapa bionómico realizado fue previo a los últimos cambios comentados y reflejaba la tendencia contraria: un desarrollo generalizado del seabadal.
- Año 2015 **Favorable mantenido:** No se registraron cambios significativos en la columna de agua, sedimentos o comunidades bénticas. Los seabadales mantienen sus densidades en todo el sector, con alguna variación en el extremo sur, en la Tejita, donde la dinámica natural de los fondos arenosos es mucho más intensa, y en el extremo norte de la zec, donde el desarrollo del seabadal es espléndido, pues recibe los nutrientes disueltos que aportan las obras sin sufrir un exceso de sedimentación adicional como ocurre con los seabadales más próximos al puerto.
- Año 2016 **Favorable mantenido:** Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, con un ligero aumento de fosfatos atribuible a un emisario que vierte dentro de la zec, y un incremento no preocupante de algunos metales pesados, que vuelven a aparecer a lo largo de toda la costa de Granadilla, pero sin superar los valores de referencia. Los seabadales al norte de la zec han perdido densidad, como en 2014, y también dentro de la zec, aunque no tanto, a pesar de que allí la vitalidad de las plantas es buena. En La Jaquita y El Médano no se habían registrados valores tan bajos desde 2011. Interesa saber si esta reducción marca tendencia o no.
- Año 2017 **Favorable mantenido:** Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en fosfatos y metales pesados, sin superar los valores que suponen un peligro para el medio ambiente. Los seabadales de la zec han perdido en cobertura pero ganado en densidad, obteniéndose en la campaña estival de 2017 los valores más altos hasta ahora registrados en las tres estaciones que se ubican dentro de ésta. La valoración del año pasado concluyó (ver más arriba) con que habría que ver si la reducción marcaba tendencia o no. Obviamente no marca tendencia, denotando una vez más la compleja dinámica del seabadal.



Figura 150. Olivo plantado en la estación ecológica del OAG de Granadilla

4 RECOMENDACIONES

En la vigilancia en fase operativa del puerto se mantiene el mismo esquema de reporte en vivo que se adoptó para la fase de obra, consistente en ir mostrando en la página web del OAG (www.oag-fundacion.org) los resultados según se van obteniendo, así como cualquier comentario o eventual alerta. Luego, a final de año, se realiza un compendio en un informe único en papel.

Dicho informe ha de recoger las recomendaciones hechas del OAG –o nuevas si las hubiere– para mitigar o eludir eventuales impactos negativos del puerto, así como las eventuales modificaciones que convenga introducir para mejorar la propia vigilancia ambiental, y que habrán de ser aprobadas por la Autoridad Portuaria, que es la titular de la competencia administrativa de la vigilancia ambiental. En la presente ocasión, son las siguientes:

- 1) **Punto 3.2.3. Partículas en suspensión.** Dado que el captador de partículas ubicado en la estación GrAt_1 Unelco ha sido saqueado, las alertas constatadas durante la mayor actividad de la obra han sido mínimas y los movimientos de tierra han cesado, se propone descartar esta estación, y dejar de muestrear en las otras dos estaciones en tanto no se reanuden las obras de relleno de las cubetas o construcción del contradique que impliquen movimientos de tierras importantes con vertidos al mar.
- 2) **Punto 3.2.5. Mitigación lumínica:** el puerto cuenta con sus propias medidas de mitigación lumínica, pero las plataformas petrolíferas y otros grandes buques que atracan mantienen toda la noche una importante cantidad de luces encendidas. Dada la envergadura y la altura de muchas de estas embarcaciones, la contaminación lumínica es importante. Por ello, debería usar las mínimas imprescindibles, especialmente en los meses de septiembre a diciembre, periodo en el cual los pollos de pardela vuelan al mar. Se propone que sea la Autoridad Portuaria quien adopte esta estrategia de mitigación de impactos y se las comunique a los operadores de las plataformas, aunque sea a título de petición.
- 3) **Punto 3.6.6 Perfiles y cartografía bionómica:** dada las cambiantes condiciones meteorológicas y su influencia sobre la calidad de las imágenes de satélite, se procederá cada año a realizar comprobaciones in-situ de las comunidades bentónicas necesarias para calibrar la interpretación automatizada de las imágenes. Los protocolos de muestreos incorporarán esta nueva tarea.
- 4) **Punto 3.4.3 Nivel medio del mar y oleaje.** Se insta a la Autoridad Portuaria a reponer lo antes posible el mareógrafo de Granadilla, necesario, entre otras cosas, para la correcta elaboración de los mapas y perfiles bionómicos y batimétricos; o en su defecto, la instalación de unas marcas de marea en la rampa de buques ro-ro, por ejemplo, visibles desde el satélite.
- 5) **Punto 3.6.8 Especies exóticas.** Para reducir el tiempo empleado en el triado y determinación de las muestras de plancton, se triará únicamente la muestra de 200 micras, fraccionándose a nivel 1/16 ó 1/32.



- 6) **Punto 3.6.12 Estado del sebadal.** A fin de estudiar mejor la dinámica de la cobertura de los sebadales y, de paso, facilitar su fotointerpretación, se propone:
- Añadir cuatro transectos fijos que pasen por las estaciones TGr04, TGr10, TGr18 y TGr22, que serán perpendiculares a la costa y cubrirán desde el comienzo del sebadal (aproximadamente cota -6 a -8 m) hasta su límite profundo habitual de distribución (cota -20 a -25 m).
 - Añadir tres transectos de 50 metros cada uno en las cuatro estaciones restantes de sebadal (TGr05, TGr08, TGr13, TGr14 y TGr19), tomando como origen el captador de sedimentos de cada estación. Los transectos, que se llevarán a cabo mediante buceo autónomo con scooter y cámara de vídeo tipo *GoPro*, tendrán los mismos rumbos en todas las estaciones.
- 7) **Punto 3.6.12 Estado del sebadal.** Para poder determinar cómo está influyendo la luz en la distribución del sebadal, se instalarán registradores automáticos de luz y temperatura en las estaciones de sebadal en 2-4 ocasiones al año, durante un mes aproximadamente (es función de su capacidad de almacenamiento de datos).
- 8) **Punto 3.6.1 Comunidades supramareales y 3.6.2 Comunidades intermareales:** Añadir temporalmente dos o cuatro estaciones de muestreo entre las que ya existen para supramareal e intermareal a fin de determinar si el cambio detectado es global en toda la costa o no, y para analizar la presencia de bacterias (*Vibrio*) en tálamos que expliquen si esta es la causa de la alta mortalidad observada, al igual que está ocurriendo con *Diadema africanum*.

— o O o —

EN SANTA CRUZ DE TENERIFE, A 30 DE ABRIL 2018

Vº Bº.

Dr. José María Espinosa Gutiérrez
Responsable de la Unidad Técnica

Dr. Antonio Machado Carrillo
Director del OAG

EL EQUIPO DE TRABAJO:

Dr. Antonio Machado Carrillo
Ecólogo

Dr. José María Espinosa Gutiérrez
Biólogo marino

Víctor Barrios Padilla
Biólogo marino

Marta González Carballo
Curator de datos (bióloga)

Ignacio Lorenzo García
Ingeniero informático

José Andrés Sevilla Hernández
Técnico GIS

Alejandro Domínguez González
Vigilante ambiental

y

Manuel Carrillo Pérez
Colaborador en el programa de la tortuga boba





5 ANEXOS

5.1 Estimación del transporte eólico de arenas desde El Médano hacia la Tejita.

5.1.1 Antecedentes

El Plan de Vigilancia Ambiental del puerto de Granadilla (PVA, 2007) original contempló la posibilidad de que la playa de La Tejita y el campo de dunas de la zona se vieran mermados por una disminución del flujo de arenas procedentes por vía eólica desde la playa de El Médano, como consecuencia de las obras del nuevo puerto. Las campañas de seguimiento del campo de dunas realizadas en fase previa (2005-2008) concluyeron que dicho campo está detenido debido a la vegetación y obstáculos existentes así como al efecto pantalla de las edificaciones de El Médano, considerando exigua la cantidad de arena transportable. El transporte real estimado rondaba entre 1.250 y 4.000 m³ anuales, muy inferior al transporte potencial calculado (4.000 – 21.500 m³ /año).

El OAG descartó realizar un seguimiento del transporte eólico de arenas hacia la Tejita durante la vigilancia ambiental en fase de obras para comenzar con él una vez construidos los diques de abrigo del puerto, momento a partir del cual podría producirse cambios en dinámica litoral de las arenas. El PVA en fase operativa (OAG, 2016) plantea el seguimiento con un método diferente, ya que el empleado en el estudio previo (de la Nuez Pestana, 2008) podría generar datos poco precisos. Las mediciones reales fueron finalmente realizadas con trampas de tubo PVC tipo Letherman en dos campañas anuales (diciembre-enero y Julio-Agosto) durante tres años (2006, 2007 y 2008), cubriendo doce estaciones de muestreo durante una hora y en solo 20-30 días al año. Además, los días en que el viento era inferior al umbral de transporte (< 7 m/s) se descartaban y cambiaban por otro. También se calculó el valor del transporte potencial empleando el modelo que usa el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos partiendo de tamaño medio de la arena (granulometría media 1,25 mm), su densidad (2,65 gr/cm) y la velocidad del viento (emplearon datos del ITER medidos a 10 m del suelo).

Como quiera que las variaciones del viento en esta zona costera de Tenerife son bien conocidas y en un solo día se puede movilizar más arena que en semanas o meses completos, parece más realista buscar un método que se base en la acumulación de arena transportada a lo largo de todo el año, y descartar también los cálculos de transporte potencial al poderse medir el real, que es el que importa. A tal fin el OAG diseñó una trampa específica y la siguiente estrategia de trabajo.

5.1.2 Metodología

Zona de estudio. La playa de la Tejita y su campo de dunas recibe arena, además de la que pueda aportar localmente el mar¹¹, desde la costa del Médano, concretamente de la playa de El

¹¹ La arena transportada por la corriente a lo largo de la costa de Granadilla – El Médano no alcanzan La Tejita ya que los fondos al pie de Montaña Roja son profundos y constituyen un sumidero donde queda interrumpido el transporte costero.



Médano y de la playa de Leocadio Machado. Tras quedar interrumpidos los aportes eólicos desde la playa de La Jaquita por las edificaciones, la franja actualmente activa se reduce a una banda entre la carretera de El Médano a Los Abrigos (TF 645) y las laderas de Montaña Roja. Dicha banda (Figura 151) se orienta NE-SW y mide un máximo de 870 m de ancho y entre uno y dos kilómetros de largo. En su extremo meridional, el relieve del cono de Montaña Roja hace que una parte del aire y la arena se desvíe hacia la cara meridional de la montaña, con lo que dicha arena se perderá en el sumidero de Montaña Roja.

Transecto. El transporte de arena se medirá a lo largo de un transecto (recta de color verde) que cruza la franja en su parte más ancha, dispuesto perpendicularmente a la dirección dominante del viento. En esta zona existe un sendero peatonal que es más o menos paralelo al transecto y que se ha elegido para los cálculos previstos ya que las piedras que lo bordean permiten apreciar en qué tramos el transporte de arena es más o menos intenso (Figura 151).



Figura 151. Franja de transporte eólico de arena (en naranja) entre la bahía de El Médano y la playa de La Tejita en Tenerife. Flechas blancas = dirección del transporte; recta verde = transecto de trabajo

Índice de intensidad. Es un número del 0 al 10, tomado de la altura en centímetros de la arena acumulada a sotavento de las piedras que bordean el camino, valor que da una idea relativa de la intensidad de transporte de arena en dicho punto, asumiendo que las piedras son de tamaño más o menos parejo. Este índice combina la intensidad del viento con la disponibilidad de arena. Para obtenerlo, el sendero fue recorrido por dos personas; se tomaba una foto de la regla

junto a la piedra y se registraba la altura de arena en cm y la posición con GPS, repitiendo las medidas cada vez que se apreciaba un cambio notorio en la arena acumulada (cambio de índice). De este modo el transecto quedó dividido en 28 tramos de longitud variable, cada uno con un valor del índice de intensidad.

Tramos corregidos. El itinerario del camino recorrido y sus tramos se proyectaron sobre la línea recta del transecto, dispuesto perpendicularmente al ángulo del viento dominante, que resultó ser de 63° según marcaba la disposición de la propia arena. El recorrido total del camino fue de 948 m que quedaron reducidos a 868 m una vez proyectado. El transecto queda dividido en un primer sector de 687 m, que es por donde fluya la arena hacia la Tejita, y otro sector menor, de 181 m, donde la arena deriva hacia la cara septentrional del cono de Montaña Roja.



Figura 152. Valoración de la arena acumulada tras obstáculos. Izquierda = 8 cm, derecha = 1 cm

Trampa de arena. Consiste en una caja metálica rectangular o depósito (25×35 cm de base y 15 cm de alto) que lleva dentro una cubeta plástica algo menor, capaz de almacenar 7,5 litros de arena. La tapa de la caja metálica, que está dotada de bisagra y cierre con candado, deja unos márgenes ciegos y el resto (×17 cm) es una rejilla de 5 mm de luz para permitir que la arena pueda pasar al interior del depósito, pero no los insectos y reptiles que habitan en la zona. Sobre dicha rejilla se asienta el captador que se eleva 20 cm y tiene un ancho o boca de 26,5 cm, que es el valor “boca” que se emplea para extrapolar en cada tramo de transecto (Figura 153).



Figura 153. Trampas de arena desarrolladas por el OAG



La trampa se dispone perpendicular a la dirección dominante del viento y se cubre por detrás con piedras o ramas para camuflarla en lo posible. Se colocaron tres trampas, una en zona de muy poco transporte, de transporte medio y de transporte alto. Las ubicaciones se eligieron algo separadas del camino para evitar que fueran localizadas por las muchísimas personas que transitan la Reserva Natural Especial de Montaña Roja, por lo que hubo que obtener el índice de transporte en cada una de las ubicaciones.

Tabla 35. Localización de las trampas de arena utilizadas en el estudio

Designación	Código	Coordenadas UTM	Índice intensidad
Trampa 1 Norte	TN	28R 348056, 3102340	4
Trampa 2 Centro	TC	28R 348154 3101898	6
Trampa 3 Sur	TS	28R 347737,3102078	0,1

Las trampas se visitan aproximadamente cada 2-4 semanas para no dar tiempo a que se colmaten. La arena acumulada en la cubeta recolectora se pesa con una balanza digital Soehnle Olympia Plus (precisión 1 gramo), quedando registrado dicho valor y el número de días en que la trampa estuvo activa. La densidad de la arena local medida en 500 ml ha resultado ser 1,38 gr/l y es el valor que se emplea para convertir las toneladas en metros cúbicos de arena transportada.

5.1.3 Resultados

La trampa TC (Centro) fue encontrada por algunos desaprensivos que la desenterraron o alteraron, por lo que hubo que descartar 106 días del total de 336 en que estuvo activa. En la tabla adjunta se muestran los registros obtenidos y el cálculo de las toneladas métricas por año y metro lineal, que luego se promedian para obtener por extrapolación el transporte medio por unidad de índice, que resultó ser de **1,46** toneladas métricas (1.02 m³) de arena por metro lineal y año (Tm/m-a), o su expresión en gramos por metro y hora (**166,83** gr/m-h).

Tabla 36. Resultados

TRAMPA	NORTE	CENTRO	SUR	Media
Días totales	336	336	336	
Días descartados		106		
Días netos	336	230	336	
Acumulado (gr)	45.848	31.266	718	
gr/m/día	514,92	512,98	8,06	345,32
kg/m/año	187,94	187,24	2,94	126,04

CALCULOS	NORTE	CENTRO	SUR	Media
Índice intensidad en trampa	4	6	0,1	3,37
kg/m/año/unidad	47,0	31,2	29,4	35,9
Tn/año por metro lineal	8,8	5,8	0,1	4,9
Tm/m anuales por unidad de índice				1,46
gr/m -h				166,83

Este valor unitario de 1,46 Tm/m-a se multiplica por el índice de cada tramo y su longitud para calcular el monto total de arena que fluye en cada tramo. La suma de todos ellos sería el valor total del transporte de arena para el transecto considerado (I o II).

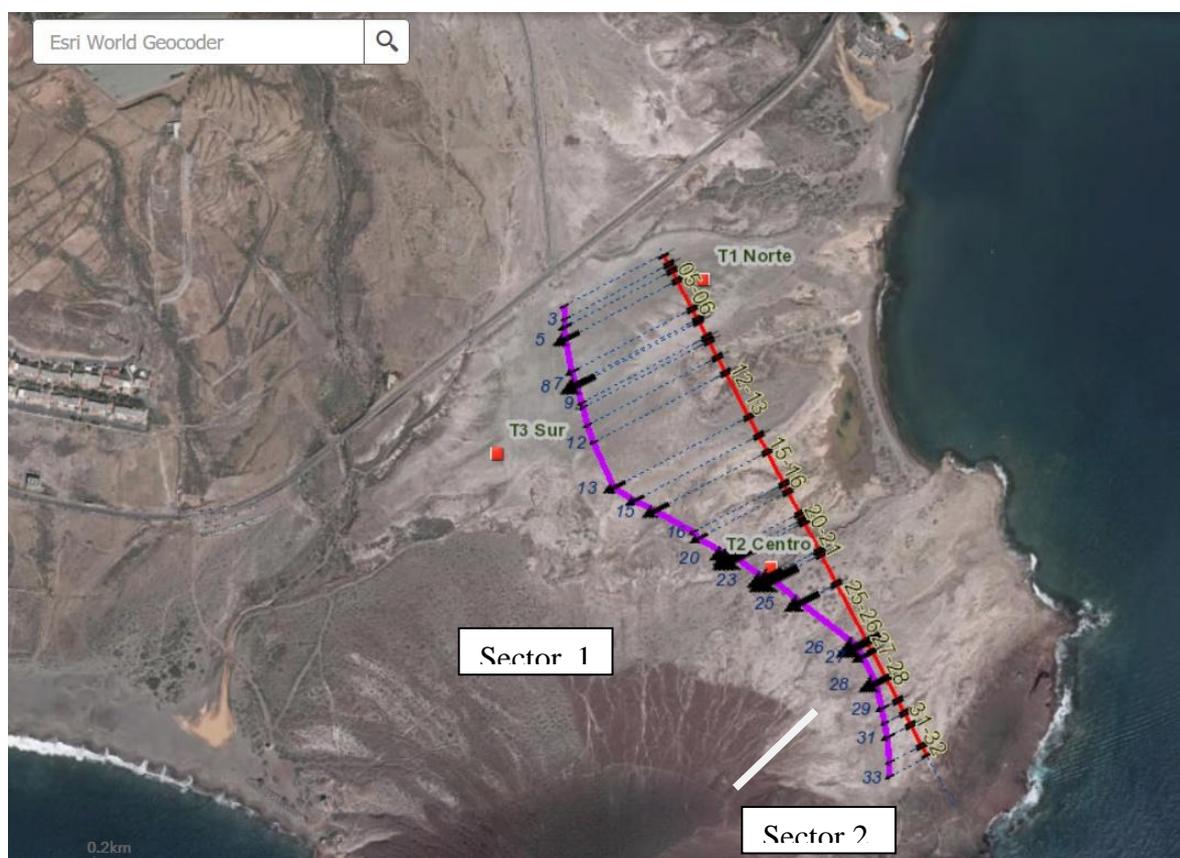


Figura 154. Violeta: camino y tramos con flujo de arena uniforme representada su intensidad por el tamaño de la flecha, y proyección de dichos tramos sobre el transecto elegido (línea roja). Explicación en el texto

Los resultados obtenidos (Tabla 37) muestran un flujo heterogéneo a lo largo de la franja de transporte. Ello lo atribuimos a los accidentes que existen en la fuente de arena. Las coladas de lava piroclásticas que alcanzan la playa de Leocadio Machado forman un pequeño farallón que obliga a la arena a remontar por los dos o tres barranqueras que lo interrumpen. Así se explica que en algunos tramos del Llano de Rojas, el transporte de arenas es prácticamente nulo (p.ej. donde está la T3 Sur) y no porque falte capacidad potencial de transporte.



El flujo anual de arena en toda la franja se ha estimado en 5.593,86 Tm o 3.900,88 m³, de los cuales, el 84,2%, es decir, **4.709,80 Tm** o 3.284,39 m³ son los que en principio se dirigen hacia La Tejita (Sector 1). La tasa de transporte horario equivale a 732,29 gr/m/h para todo el conjunto, que se desglosa en 782,72 gr/m/h para La Tejita, y 555,86 gr/m/h para el Sector 2.

[Nótese que dicho volumen es superior a los 2.000 m³ de arena que se estima se pierden cada año en el nuevo sumidero del puerto].



Tabla 37. Cálculo del transporte eólico de arenas desde la bahía del El Médano hacia la playa de La Tejita

Punto (foto)	Posición inicio de tramo		Índice de Intensidad	Transecto		Acumulado Longitud (m)	Transporte total		Tasa transporte	
	Latitud	Longitud		Tramo (m)	Neto (m)		Tm/año	m³/año	gr/m/h	m³/m/a
2	28° 02' 14,322"	16° 32'	0,5		18,33	18,33	13,38	9,33	83,33	0,51
3	28° 02' 13,680"	16° 32'	1	12,60	10,66	36,66	15,56	10,85	166,67	1,02
4	28° 02' 13,272"	16° 32'	2	18,56	17,19	47,32	50,18	35,00	333,33	2,04
5	28° 02' 12,672"	16° 32'	5	50,88	48,57	64,51	354,56	247,25	833,33	5,09
6	28° 02' 11,046"	16° 32'	2	18,38	18,25	113,08	53,30	37,17	333,33	2,04
7	28° 02' 10,488"	16° 32'	3	3,71	3,69	131,33	16,18	11,28	500,00	3,05
8	28° 02' 10,386"	16° 32'	7	27,89	27,00	135,02	275,98	192,45	1.166,67	7,13
9	28° 02' 09,504"	16° 32'	1	7,16	7,04	162,03	10,28	7,17	166,67	1,02
10	28° 02' 09,282"	16° 32'	0	28,01	27,23	169,07	0,00	-	-	-
11	28° 02' 08,400"	16° 32'	0,5	27,78	27,48	196,30	20,06	13,99	83,33	0,51
12	28° 02' 07,548"	16° 32'	0,75	75,90	75,78	223,78	82,98	57,86	125,00	0,76
13	28° 02' 05,304"	16° 32'	4	37,11	32,22	299,56	188,15	131,21	666,67	4,07
14	28° 02' 04,656"	16° 32'	3	35,37	28,52	331,77	124,93	87,12	500,00	3,05
15	28° 02' 04,152"	16° 32'	5	66,40	55,60	360,30	405,86	283,02	833,33	5,09
16	28° 02' 03,102"	16° 32'	1	12,91	12,64	415,89	18,45	12,87	166,67	1,02
17	28° 02' 02,778"	16° 32'	3	44,77	37,60	428,53	164,68	114,84	500,00	3,05
18	28° 02' 02,064"	16° 32'	6	11,70	10,33	466,13	90,48	63,10	1.000,00	6,11
19	28° 02' 01,850"	16° 32'	7	8,93	5,15	476,46	52,65	36,72	1.166,67	7,13
20	28° 02' 01,812"	16° 32'	10	53,67	48,24	481,61	704,38	491,20	1.666,67	10,18
21	28° 02' 00,780"	16° 32'	7	13,19	7,41	529,86	75,70	52,79	1.166,67	7,13
23	28° 02' 00,732"	16° 32'	10	55,44	51,12	537,26	746,39	520,49	1.666,67	10,18
25	28° 01' 59,586"	16° 32'	7	109,10	99,19	588,39	1013,73	706,93	1.166,67	7,13
26	28° 01' 57,420"	16° 32'	9	17,68	17,65	687,58	231,96	161,76	1.500,00	9,16
Acumulado (Sector 1)				756,97	686,90		4.032,4	4.709,8	3.284,39	782,72



Punto	Latitud	Longitud	Intensidad	Tramo (m)	Neto (m)	Longitud (m)	Tm/año	m³/año	Tasa gr/m/h	m³/m/a
27	28° 01' 56,898"	16° 32'	4	45,47	45,47	265,56	185,19	666,67	4,07	265,56
28	28° 01' 55,590"	16° 32'	7	39,88	38,36	392,03	273,38	1.166,67	7,13	392,03
29	28° 01' 54,322"	16° 32'	2	23,08	22,11	64,56	45,02	333,33	2,04	64,56
30	28° 01' 53,586"	16° 32'	1	21,84	20,95	30,58	21,33	166,67	1,02	30,58
31	28° 01' 52,890"	16° 32'	2	38,20	35,28	103,01	71,83	333,33	2,04	103,01
32	28° 01' 51,654"	16° 32'	1	22,17	19,39	28,31	19,74	166,67	1,02	28,31
33	28° 01' 50,934"	16° 32'	0							
Acumulado (Sector 2)				190,64	181,55		884,05	616,49	555,86	3,40
TOTAL TRANSECTO (1)				947,61	868,45		5.593,86	3.900,88	735,29	4,49

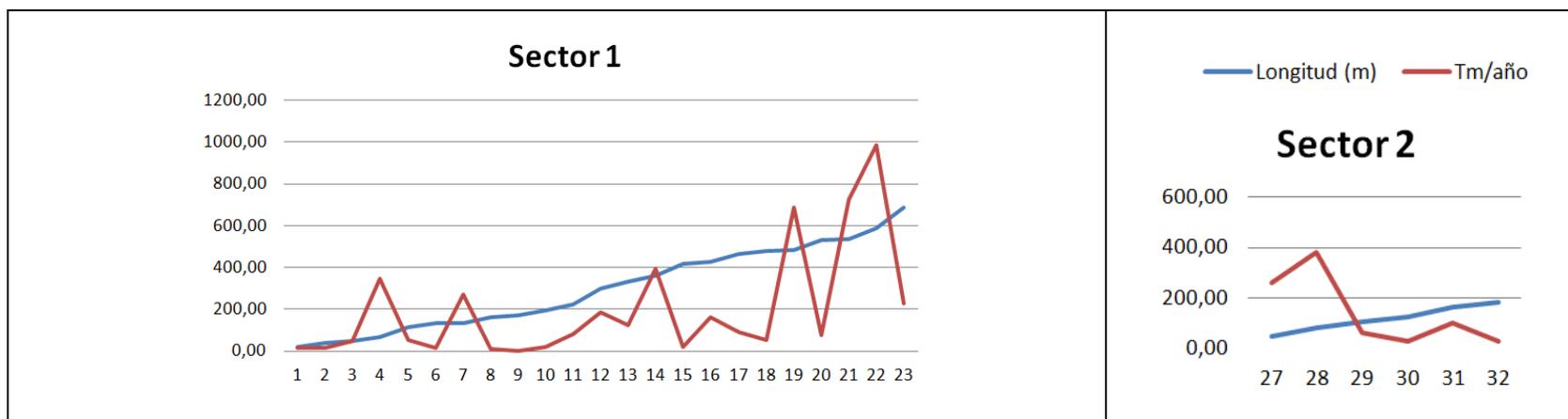


Figura 155. Variación del flujo de arena (Tm/año) a lo largo del transecto (sectores 1 y 2) según tramos (números en las ordenadas)

5.2 Análisis de la corriente en la estación TGr18. Primer periodo

5.2.1 Introducción

Para obtener series temporales de corrientes a varias profundidades, y poder comparar las mismas con los datos de corriente obtenidos por el correntímetro (ACM-PLUS) ubicado en la boya propiedad del OAG, el OAG instaló un perfilador acústico a una profundidad aproximada de 15 m y se mantendrá activo por un periodo largo de tiempo. Se vira el perfilador únicamente para realizar la descarga de datos y para realizar el cambio de baterías. El presente anexo comprende la interpretación de los datos del primer virado del perfilador que abarcan desde el 13/09/17 al 31/01/18 (140 días), denominado primer periodo. El mismo 31/01/18 se realizó el cambio de baterías y se volvió a fondear el ADP en el mismo punto. El perfilador es de tipo Doppler, modelo ADP 500 KHz de la casa *SonTek*, capaz de medir parámetros de la corriente a varias profundidades y de forma simultánea, quedando registrados en sus unidades de memoria.

5.2.2 Zona de estudio

La zona objeto de estudio es la estación que el OAG tiene en las inmediaciones de la playa La Jaquita (TGr18), con coordenadas N28° 2'46.78"N y 16° 31'29.09"W (UTM 350137.12 m E 3103271.95 m), que cae dentro de la zec Sebadales del Sur de Tenerife (Figura 156).



Figura 156. Ubicación del perfilador en la estación TGr18 “La Jaquita”



5.2.3 Metodología

Descripción del perfilador

El perfilador SonTec ADP (Figura 157) mide la velocidad del agua usando el efecto Doppler. El mismo transductor se utiliza como emisor y receptor, generando un pulso corto de sonido de una frecuencia conocida que se propaga por el agua. El transductor está diseñado para producir un lóbulo de sonido donde la mayor parte de la energía se concentra en un cono con una amplitud de dos grados. A medida que el sonido viaja por el agua, es reflejado en todas direcciones por el material particulado existente (sedimento, materia biológica, burbujas, etc.). Una parte de la energía reflejada viaja en la dirección del eje del transductor, donde es registrada, permitiendo que los componentes electrónicos midan el cambio en la frecuencia. Este cambio es proporcional a la velocidad de la corriente.

Las características técnicas y funcionamiento del ADP, se extraen del manual de SonTek:

- Rango de velocidades: ± 10 m/s
- Resolución: $\pm 0,1$ cm/s
- Exactitud: $\pm 1\%$ de la velocidad medida, $\pm 0,5$ cm/s
- Hasta 100 celdas programables.
- Tres transductores para medidas de corriente en 3D
- Sensor de temperatura
- Sensor de presión
- Brújula interna:
- Resolución: $0,1^\circ$ cabecero, balanceo e inclinación
- Exactitud: $\pm 2^\circ$ cabecero, $\pm 1^\circ$ balanceo e inclinación

La temperatura del agua es medida con una exactitud de $\pm 0,1^\circ\text{C}$ mediante un termistor montado dentro de la cabeza del transductor. Además, el ADP tiene instalado un sensor de presión de deformación con una exactitud de $\pm 0,1$ del fondo de escala.

Para calcular la velocidad del agua en tres dimensiones, el ADP utiliza tres transductores y combina las velocidades medidas y la orientación relativa de cada uno. Cada transductor genera un lóbulo que está orientado 25° del eje vertical, y espaciado a 120° en la horizontal recíprocamente con cada uno de los restantes. Cada lóbulo mide la proyección de la velocidad de la corriente en celdas a lo largo de su eje. El tamaño de celda y el número de ellas es seleccionado por el usuario (en nuestro caso 12 celdas, y deseamos luego las 4 más superficiales). El ADP combina los datos de las celdas de cada uno de los lóbulos para calcular la velocidad del agua en una capa de profundidad correspondiente a la localización de la celda (Figura 158).

Para calcular la velocidad en 3D para una capa dada en la columna de agua, el ADP utiliza datos de cada uno de los tres lóbulos acústicos a una determinada distancia del transductor. El ADP asume que el campo de flujo es uniforme en toda el área horizontal cubierta por esos tres lóbulos. El diámetro del área es igual a 0,93 veces la distancia vertical desde el ADP.



Figura 157. Perfilador SonTex ADP 500 Khz fondeado en estación TGr-18 en un caulerpal

Cada transductor mide la velocidad a lo largo de su lóbulo, y es la proyección del vector de velocidad sobre el eje del lóbulo acústico.

Las velocidades de los lóbulos pueden convertirse en velocidades XYZ (o cartesianas) usando la orientación relativa de los lóbulos acústicos, dando el campo tridimensional de velocidades relativas a la orientación del ADP. Debido a que no siempre es posible controlar la orientación del ADP, éste incluye una brújula interna. El conocimiento de la orientación respecto al campo magnético terrestre, permite al ADP proporcionar los datos de velocidad tridimensional en coordenadas ENU (East-North-Up). Cuando se tienen las velocidades en coordenadas ENU, el ADP obtiene un vector medio de los datos de velocidad. De este modo, si la orientación del instrumento cambia durante el intervalo de promedio, los datos de velocidad aún reflejan la velocidad media verdadera. Si el ADP está configurado para proporcionar los datos de velocidad en coordenadas XYZ o respecto a los lóbulos, no reconoce cambios en su orientación durante el intervalo de promedio.

Todos los perfiladores de corriente tienen una región, inmediatamente en frente de los transductores, donde no pueden realizarse medidas porque los transductores se están recuperando electrónicamente del pulso transmitido y se preparan para recibir la señal de retorno. Esta región es llamada la región de sombra o blanking (Figura 158), y es función de la frecuencia acústica del ADP (1 m para el ADP 500 kHz).

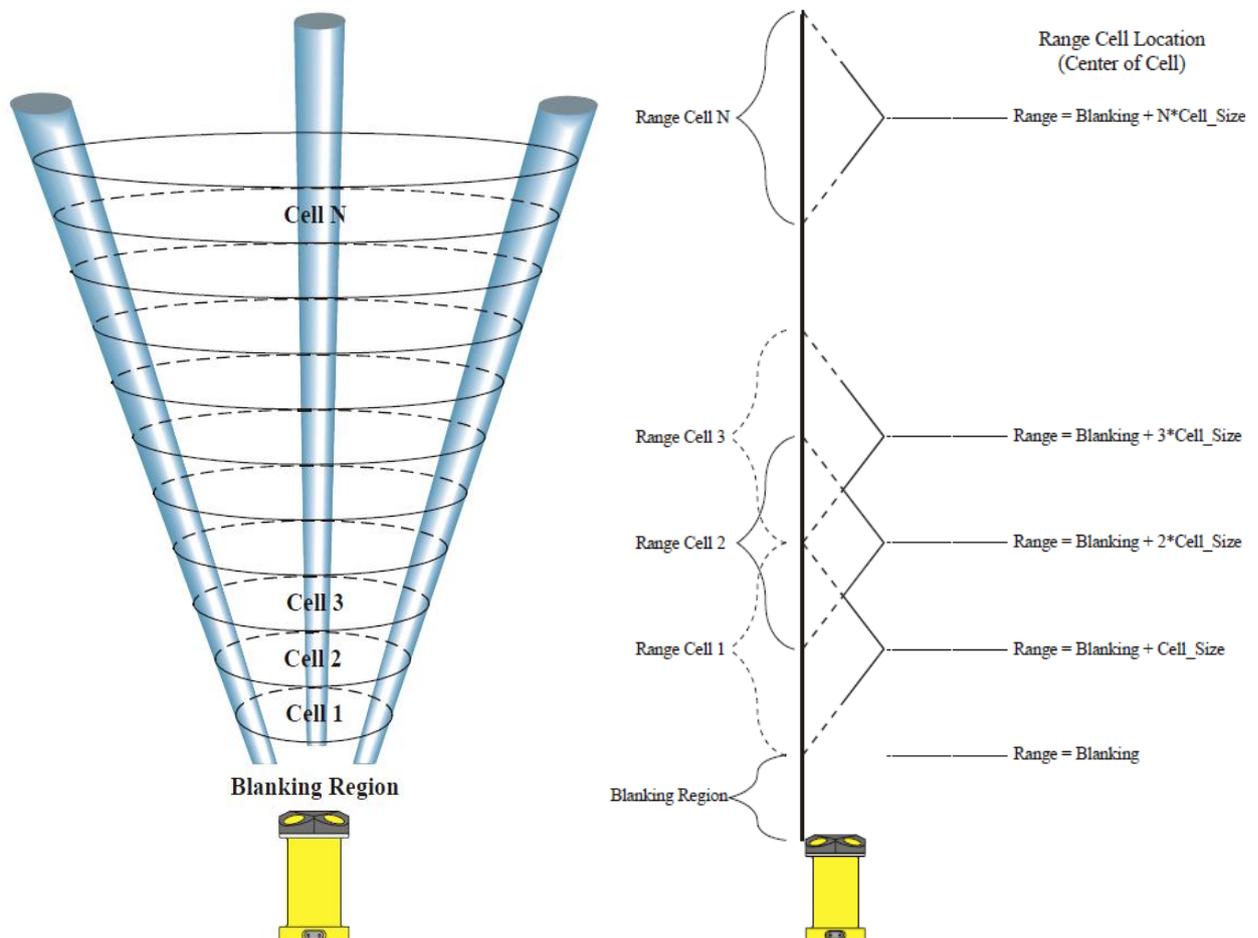


Figura 158. Izquierda: estructuración en celdas de las medidas del ADP y región de sombra. Derecha: rango de las distintas celdas

Tras la región de sombra, una vez cada hora, el ADP promedia un número de estimaciones individuales de velocidades (*pings*) en intervalos de tiempo dependientes del tamaño de celda escogido (en nuestro caso 5 minutos), generando un registro denominado “perfil”. La verdadera resolución espacial del rango de celda se determina por la longitud del pulso acústico y la longitud de la ventana de recepción de la cual la señal de retorno es promediada.

El ADP obtiene nueve valores por cada celda: tres valores de la intensidad de la señal (uno por cada lóbulo acústico), tres valores de velocidad (uno para cada componente) y tres valores de desviación estándar (uno para cada componente). La intensidad de la señal y la desviación estándar se utilizan para determinar el rango efectivo del perfil del instrumento y para estimar la exactitud de las medidas de velocidad. La desviación estándar es una medida directa del error de la velocidad.

- **Intensidad de la señal:** Conciernen a la señal acústica de retorno, que disminuye con la distancia al transductor debido a la dispersión geométrica y a la absorción del sonido. El máximo rango de perfil se determina mediante la distancia a la cual la intensidad de la señal se aproxima al nivel de ruido de fondo, o mediante el rango al cual el pulso acústico colisiona con la frontera (superficie y fondo).
- **El máximo rango de perfil** del ADP está determinado por la frecuencia acústica y la intensidad de la dispersión de retorno. Los valores de absorción son función de la frecuencia, salinidad y profundidad. El rango máximo del perfil del ADP 500 kHz es 70-120 m.
- **Desviación estándar:** La desviación estándar, tal y como la obtiene el ADP, muestra la variación de estas estimaciones en el rango de cada celda, y es función de la frecuencia acústica, del tamaño de la celda y del número de muestreos promediados para calcular el perfil medio de velocidades. El número de muestreos por perfil es simplemente el intervalo de promedio (en segundos) multiplicado por la tasa de ping (en muestras por segundo). La tasa de *ping* para el ADP está determinada por el tiempo de propagación de los pulsos acústicos.

Configuración del perfilador

Los perfiladores SonTek ADP 500 KHz se fondearon a unos 15 m de profundidad aproximadamente montados en una estructura lastrada que mantiene el equipo en posición vertical con los transductores orientados hacia la superficie (Figura 157). La estructura protege el equipo electrónico y la batería asociada.

Las labores de fondeo y recuperación de los perfiladores son llevadas a cabo por una empresa de buceo profesional en coordinación con el personal técnico del OAG. Una vez es fondeado el ADP, se deja muestreando hasta que sea necesario el cambio de batería o la descarga de datos. La autonomía que actualmente tenemos con la configuración establecida es de 151 días. El proceso de izado de las estructuras para el cambio de baterías y descarga de datos se lleva a cabo con globos que elevan la estructura a superficie y una vez aquí es arrastrada hasta tierra. Ya en el muelle se conecta el equipo al ordenador procediendo a la descarga de los datos y al cambio de baterías. Posteriormente se vuelve a fondear en su lugar de origen. El procedimiento puede durar en torno a 8 h desde que se saca el perfilador hasta que vuelve a quedar fondeado en el mismo punto.

Los perfiladores se programaron para generar datos de corriente promediados a profundidades (12 celdas) entre las 09:31 del 13 de septiembre 2017 en adelante. El día 31 de enero se aprovechó el buen estado de la mar para recuperar el perfilador por primera vez, a las 11:01 del 31 de enero de 2018 se sacó el ADP (un total de 3362 horas). El intervalo de muestreo se fijó en 30 minutos y el de promedio de perfiles en 5 minutos. Es decir, se han obtenido 6724 perfiles por celda, 1 perfil cada 30 minutos, y cada perfil es el resultado de promediar los datos durante 5 minutos. Después de realizar el filtrado de datos se desecharon un total 33 perfiles, quedándonos finalmente con 6691 perfiles útiles para el procesamiento de los datos.

Las direcciones obtenidas por los perfiladores ADP refieren al norte magnético, por lo que han sido oportunamente corregidas con la declinación magnética para referirlas al norte verdadero.



Dicha corrección ha sido obviada cuando se ha comparado los datos con el correntímetro ubicado en la boya, ya que del mismo se obtienen coordenadas referidas al norte magnético.

Los datos promediados de corrientes corresponden a una configuración de 20 celdas de 1 m (total 21 m), la celda 1 es la más próxima al aparato (fondo) y la celda 20 la más próxima a superficie. De la celda 14 a la 20 se han eliminado porque los datos están afectados por interferencias en la señal producidas cerca de la superficie. El cabezal del perfilador quedó instalado a 0.6 m del fondo y la distancia de sombra (*blanking*) es 1 m, luego el dato más próximo al equipo, celda 1, corresponde aproximadamente al intervalo entre 15-16 m de profundidad. El dato más próximo a superficie, celda 13, corresponde aproximadamente a los dos primeros metros de columna de agua.

Figura 159. Planilla de configuración de los perfiladores

Cálculo del perfil hidrodinámico

El análisis general de la series temporales (ver resultados en el apartado 0) no reflejan en detalle el perfil hidrodinámico a lo largo de la columna de agua por lo que se aborda un análisis pormenorizado según las distintas capas. Éstas son: capa/celda superficial (capa 13), capa/celda intermedia (capa 6) y capa/celda de fondo (capa 1). Considerando que la estructura donde van colocados los perfiladores es de aproximadamente 0,4 m de altura y que la región de sombra o *blanking* es de 1 m de altura, se tiene que la zona efectiva de medición comienza aproximadamente a 1,4 m del fondo. Dado que el tamaño de cada celda es de 1 m, tenemos que la celda 1 se corresponde con el intervalo [1,5 – 2,5] m, la celda intermedia con el [6,5-7,5] m y la celda 13 con el [14,5- 15,5] m, siempre desde cabeza transductora de los ADP. La capa 13 es la capa límite donde el rango de marea no afecta a la toma de datos.

En este trabajo se ha dividido el dominio de orientaciones en 16 sectores de $22,5^\circ$ cada uno, y el de velocidades en 8 intervalos: 0-10 cm/s, 10-20 cm/s, 20-30 cm/s, 30-40 cm/s, 40-50 cm/s, 50-60 cm/s, 60-70 cm/s y velocidades mayores de 70 cm/s.

5.2.4 Resultados

Series temporales

Las corrientes medidas se representan mediante series temporales de velocidad y dirección, lo que facilita visualizar sus variaciones. Para cada perfilador, la figura superior muestra la variación de la velocidad (cm/s), y la inferior los cambios en la dirección (grados). En el eje x se representan los perfiles en secuencia temporal y en el eje y el rango en metros desde el ADP

TGr-18

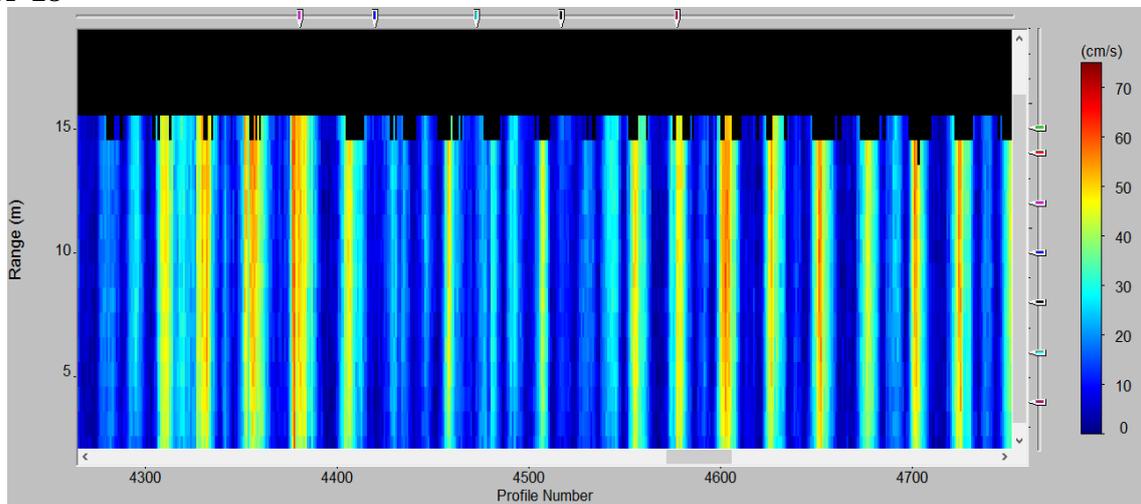


Figura 160. Evolución de la velocidad de la corriente en cm/s (13/09/17- 031/01/18), en la estación TGr-18

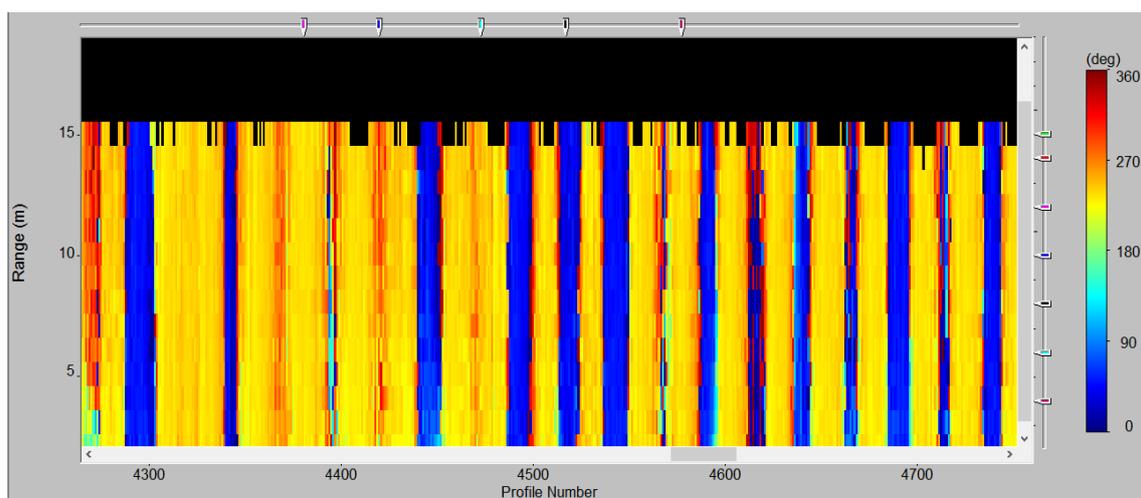


Figura 161. Evolución de la dirección de la corriente en grados (18/06/2017- 09/08/2017) en la estación TGr-



Tabla 38. Estadísticos de las series de velocidades del ADP ubicado en la TGr-18 (Jaquita).

Capas	Profundidad aproximada(m)	Vel (cm/s) promedio	Vel (cm/s) máximos	Vel (cm/s) mínimo	1 ^{er} Cuartil (cm/s)	3 ^{er} Cuartil (cm/s)
Celda 1	13	16,75	64,40	0	7,7	22,9
Celda 2	12	17,71	67,40	0,2	8,1	24,5
Celda 3	11	18,38	67,30	0,2	8,3	25,6
Celda 4	10	18,91	68,60	0	8,5	26,6
Celda 5	9	19,26	71,20	0,1	8,6	27,1
Celda 6	8	19,52	72,40	0,1	8,5	27,6
Celda 7	7	19,76	72,00	0,1	8,6	28
Celda 8	6	19,93	74,20	0,1	8,8	28,3
Celda 9	5	20,13	74,80	0,1	8,9	28,5
Celda 10	4	20,18	71,60	0	8,8	28,6
Celda 11	3	20,33	73,20	0,1	8,9	28,9
Celda 12	2	20,45	74,90	0,1	9	29,2
Celda 13	1	20,53	73,90	0	8,9	29,1

La Tabla 38 incluye los estadísticos de las series de velocidad calculados para cada profundidad. Se indica el número de celda, la profundidad existente desde la superficie, la velocidad promedio (cm/s), la velocidad mínima (cm/s), la velocidad máxima (cm/s), el primer cuartil (cm/s), o valor que superan el 75% de los datos y el tercer cuartil (cm/s), o valor que superan el 25% de los datos.

Perfiles hidrodinámicos por capas

Con la información obtenida en los análisis anteriores se muestra el perfil hidrodinámico de la estación mediante gráficas de ‘rosa de corrientes’ para cada una de las capas (celdas) seleccionadas. Las rosas de corriente muestran la distribución y frecuencia de las velocidades de la corriente en las diferentes direcciones. Estas direcciones señalan el rumbo de la corriente, al contrario que en las rosas de vientos (*windplots*), en donde indican el origen del viento.

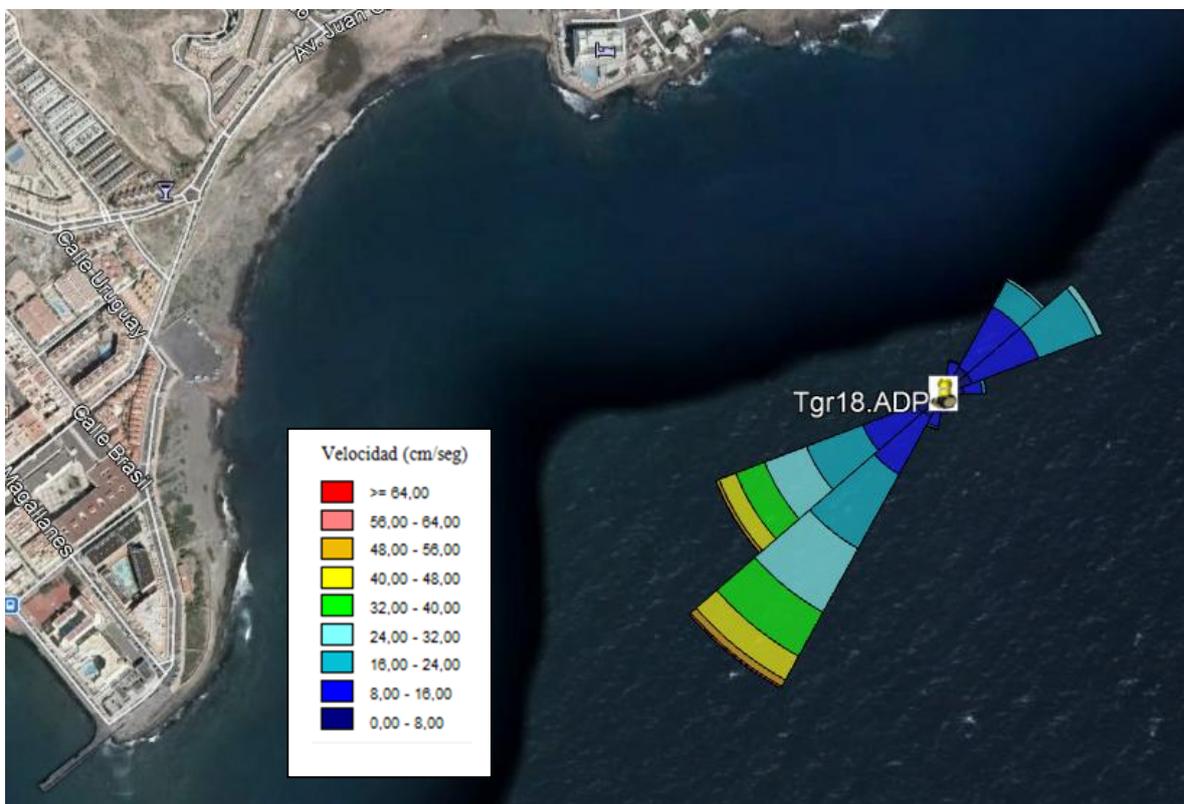
Los resultados obtenidos se presentan a continuación en forma de fichas en las que, para cada celda, se incluyen las rosas de corriente centrada sobre su respectiva estación, una tabla con la descripción estadística de la distribución de frecuencias relativas y el porcentaje de datos para cada intervalo de clase y dirección.

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 1 (FONDO)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente en total de datos registrados

Directions / Wind Classes (m/s)	0,00 - 8,00	8,00 - 16,00	16,00 - 24,00	24,00 - 32,00	32,00 - 40,00	40,00 - 48,00	48,00 - 56,00	56,00 - 64,00	>= 64,00	Total (%)
N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NNE	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
NE	3	6	3	0	0	0	0	0	0	12
ENE	3	6	5	1	0	0	0	0	0	15
E by N	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
E by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ESE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SSW	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
SW	2	6	7	6	4	2	1	0	0	29
WSW	2	5	5	4	3	2	0	0	0	21
W by S	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
W by N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
WNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sub-Total	26	30	21	11	7	4	1	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Todos los datos



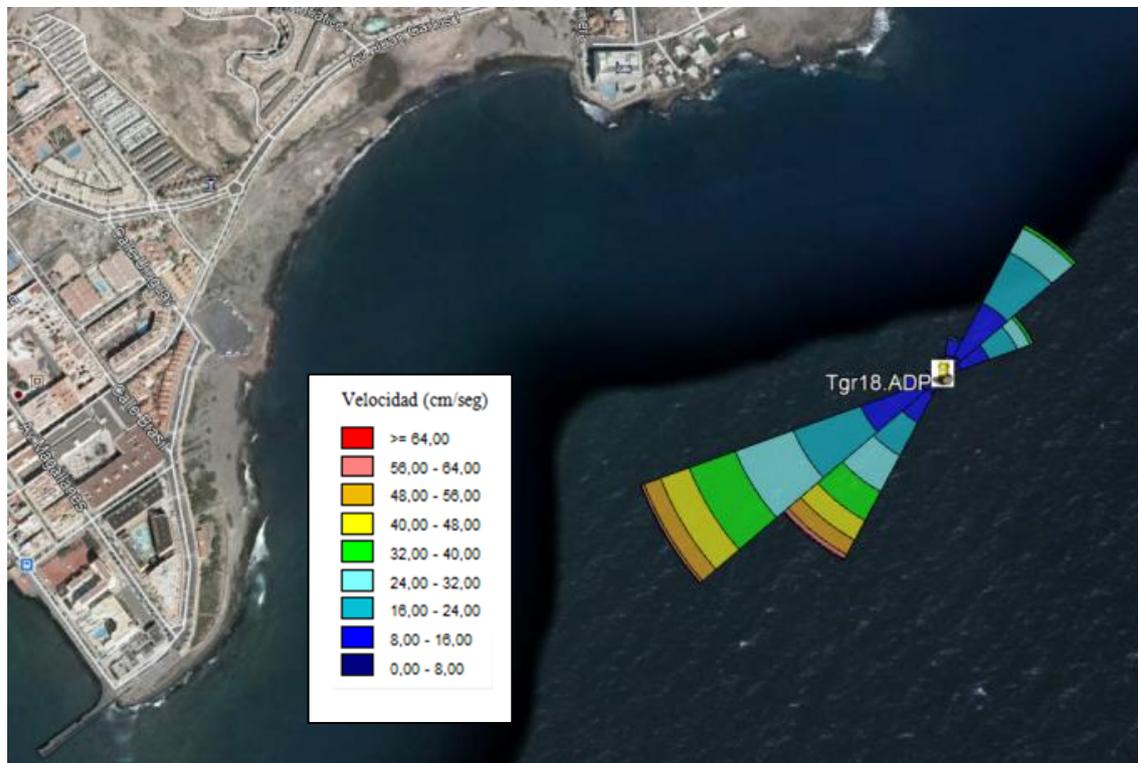


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente en total de datos registrados

Directions / Wind Classes (m/s)	0,00 - 8,00	8,00 - 16,00	16,00 - 24,00	24,00 - 32,00	32,00 - 40,00	40,00 - 48,00	48,00 - 56,00	56,00 - 64,00	>= 64,00	Total (%)
N	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NNE	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
NE	2	6	6	3	0	0	0	0	0	18
ENE	2	3	3	1	0	0	0	0	0	10
E by N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
E by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SW	2	3	4	4	3	2	2	0	0	21
WSW	2	6	7	6	5	3	2	0	0	31
W by S	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
W by N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
WNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sub-Total	23	24	20	14	9	5	3	1	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Todos los datos



PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente en total de datos registrados

Directions / Wind Classes (m/s)	0,00 - 8,00	8,00 - 16,00	16,00 - 24,00	24,00 - 32,00	32,00 - 40,00	40,00 - 48,00	48,00 - 56,00	56,00 - 64,00	>= 64,00	Total (%)
N	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2
NNE	2	2	0	0	0	0	0	0	0	5
NE	2	6	6	4	1	0	0	0	0	19
ENE	1	2	2	1	0	0	0	0	0	7
E by N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
E by S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SW	1	2	3	3	2	2	1	1	0	16
WSW	2	5	8	7	6	4	2	1	0	35
W by S	2	3	1	0	0	0	0	0	0	6
W by N	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2
WNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sub-Total	22	23	19	15	10	6	3	1	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Todos los datos

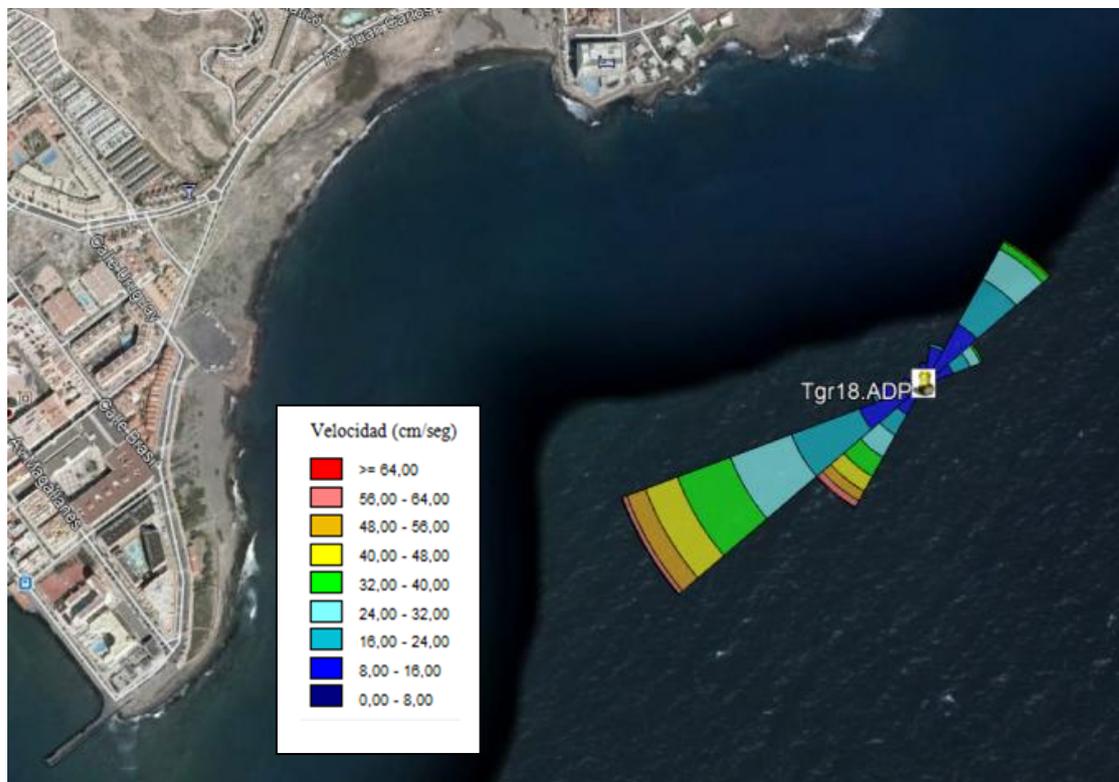




Tabla 39. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en la TGr18 (ADP Sontek)

Nivel de medición	Prof.	TGr-18 (Jaquita)	
		Dirección	Velocidad (cm/s)
Celda superficial	1-2 m	WSW (35%), NE (19%) y SW (16%)	0-8 (22%), 8-16 (23%), 16-24 (19%) y >24 (36%)
Celda intermedia	7-8 m	WSW (31%), SW (21%) y NE (18%)	0-8 (23%), 8-16 (24%), 16-24 (20%) y >24 (33%)
Celda de fondo	13-14m	SW (29%), WSW (21%) y ENE (15%)	0-8 (26%), 8-16 (30%), 16-24 (21%) y >24 (23%)

Resumen

Se han obtenido series temporales de corrientes entre -1 m y -15 m mediante un perfilador *doppler* fondeados desde el 13 de septiembre hasta el 31 de enero de 2018. Se obtuvieron 6691 perfiles por capa.

- En general, toda la columna de agua se comporta de manera bastante homogénea.
- Las corrientes más intensas se presentan con mayor frecuencia en las direcciones WSW y SW en las tres profundidades representativas de la columna de agua.
- Las velocidades máximas obtenidas en las distintas capas fueron: capa superficial (73,9 cm/s), capa intermedia (72,4 cm/s) y en capa profunda (64, cm/s).
- Las velocidades medias observadas en la estación varían entre 16,75 cm/s en el fondo y 20,53 cm/s en superficie.
- Las corrientes con intensidades entre 8 y 16 cm/s son las más frecuentes (30%) para la celda pegada al fondo; sin embargo para las otras dos celdas son las velocidades de más de 24 cm/s las mayoritarias (36% para celda superficial y 33% para la celda intermedia).

Se continuará registrando la corriente en la zona y cuando se tenga una serie temporal mayor se abordará su estudio en las distintas fases de marea.

5.3 Niveles de marea a la hora de toma de las imágenes de satélite

	Fecha	Hora	Mareas web (m)	Mareógrafo Granadilla	Mareas	Corriente boya V (cm/s) D (°)
1	18/09/2011	12:28 am	1,02	147 ^	Subiendo	V:30 D:36 ↗
2	29/10/2011	12:23 am	1,51	186 ^	Subiendo	V:37 D:20 ↗
3	01/12/2011	12:11 am	0,98		Baja - subiendo	V:24 D:233 ↘
4	20/12/2011	12:13 am	2,02		Bajando	V:36 D:232 ↘
5	09/01/2012	12:14 am	0,96		Subiendo	V:20 D:35 ↗
6	18/02/2012	12:05 am	1,02	191 v	Bajando	V:03 D:334 ↖
7	08/03/2012	12:06 am	1,07	226 ^	Subiendo	V:08,5 D:28,4 ↘
8	01/04/2012	12:22 am	1,16	158 v	Bajando	V:03,8 D:143,4 ↖
9	06/05/2012	12:33 am	1,32	267 ^	Alta - subiendo	
10	05/06/2012	12:28 am	1,49	259 ^	Alta - subiendo	V:37,4 D:40,33 ↗
11	13/07/2012	12:28 am	1,71	179 v	Bajando	
12	01/08/2012	12:27 am	1,88			
13	14/07/2012	12:05 am	2,05		Alta - sube	V:33,70 D:57,8 ↗
14	08/10/2012	12:20 am	2,16		Baja - sube	V:44,70 D:23,39 ↗
15	10/11/2012	12:03 am	2,26		Subiendo	V: 07,40 D:13,0 ↗
16	15/12/2012	12:13 am	2,32		Subiendo	V:40,50 D:43,25 ↗
17	02/02/2013	12:07 am	0,87	0,87	Subiendo	V:34,87 D:39,29 ↗
19	25/03/2013	12:27 am	2,21	2,21	Subiendo	V:18,33 D:57,93 ↗
20	09/06/2013	12:27 am	1,81	1,81	Bajando	Sin datos - ↗
21	25/07/2013	12:32 am	1,26	1,26	Subiendo	V:09,75 D:44,3 ↗
22	04/10/2013	12:18 am	2,19	2,19	Subiendo	
23	03/12/2013	12:09 am	2,44	2,44	Bajando	V:41,28 D:37,76 ↗
24	0/03/2014	12:10 pm	1,02		Bajando	V:33,50 D:237,5 ↘
25	16/03/2014	12,16 pm	2,2		Alta	V:6,63 D:60,34 ↗
26	01/05/2014	12:21 pm	1,42		Subiendo	V:9,26 D:11,75 ↗
27	22/06/2014	12:03 pm	1,86		Bajando	↘
28	03/07/2014	11:57 am	0,87		Subiendo	↗
29	22/09/2014	12:10 pm	2,15		Alta	-
30	04/01/2015	11:47 am	2,01		Alta, subiendo	V:23,69 D:49,42 ↗
31	02/03/2015	12:00 pm	2,00		Alta, bajando	V:1,69 D:323,34 ↖
32	03/05/2015	11:44 am	1,82		Subiendo	V: 23,94 D: 62,87 ↗
33	01/07/2015	11:53 am	2,02		Subiendo	V: 14,61 D: 56,33 ↗
34	31/07/2015	11:51 am	1,93		Subiendo	V: 22,96 D: 65,89 ↗
35	01/09/2015	12:09 pm	0,98		Subiendo	V: 27,9 D: 65,91 ↗
36	14/12/2015	11:37 am	1,18		Subiendo	V: 4,2 D: 19,4 ↗
37	04/01/2015	11:47 am	2,01		Alta, subiendo	V:23,69 D:49,42 ↗
38	02/03/2015	12:00 pm	2,00		Alta, bajando	V:1,69 D:323,34 ↖
39	2016/04/29	12:12 pm	0,92		Baja, subiendo	V: 18,32 D: 229,12 ↘
40	25/06/2016	12:13 pm	0,73		Baja, subiendo	V: 13,02 D: 197,15 ↘
41	01/08/2016	12:14 pm	2,15		Alta, bajando	
42	01/11/2016	12:05 pm	2:04		Alta, subiendo	
43	02/12/2016	12:06 pm	1,77		Subiendo	V: 14,18 D: 74,79 ↗



5.4 Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes

Cuadro que figura en Anexo V del RD 817/2015 por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

N.º	N.º CAS ⁽¹⁾	Nombre de la sustancia	NCA-MA ⁽²⁾		
			Aguas superficiales continentales ⁽³⁾	Otras aguas superficiales	
(1)	100-41-4	Etilbenceno.	30	30	
(2)	108-88-3	Tolueno.	50	50	
(3)	71-55-6	1, 1, 1 – Tricloroetano.	100	100	
(4)	1330-20-7	Xileno (Σ isómeros orto, meta y para).	30	30	
(5)	5915-41-3	Terbutilazina.	1	1	
(6)	7440-38-2	Arsénico.	50	25	
(7)	7440-50-8	Cobre ⁽⁴⁾ .	Dureza del agua (mg/L CaCO ₃) CaCO ₃ ≤ 10 10 < CaCO ₃ ≤ 50 50 < CaCO ₃ ≤ 100 CaCO ₃ > 100	NCA-MA 5 22 40 120	25
(8)	18540-29-9	Cromo VI.	5	5	
(9)	7440-47-3	Cromo.	50	no aplicable	
(10)	7782-49-2	Selenio.	1	10	
(11)	7440-66-6	Zinc ⁽⁴⁾ .	Dureza del agua (mg/L CaCO ₃) CaCO ₃ ≤ 10 10 < CaCO ₃ ≤ 50 50 < CaCO ₃ ≤ 100 CaCO ₃ > 100	NCA-MA 30 200 300 500	60
(12)	74-90-8	Cianuros totales.	40	no aplicable	
(13)	16984-48-8	Fluoruros.	1700	no aplicable	
(14)	108-90-7	Clorobenceno.	20	no aplicable	
(15)	25321-22-6	Diclorobenceno (Σ isómeros orto, meta y para).	20	no aplicable	
(16)	51218-45-2	Metolacoloro.	1	no aplicable	

⁽¹⁾ CAS: Chemical Abstracts Service.

⁽²⁾ Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

⁽³⁾ Las aguas superficiales continentales incluyen ríos y lagos y las masas de agua artificiales o muy modificadas conexas.

⁽⁴⁾ Por lo que respecta a estas sustancias, los valores de la NCA en aguas superficiales continentales varían en función de la dureza del agua con arreglo a cuatro categorías.

5.5 Evolución del sebadal de Granadilla por sectores (2011-2017)

La Figura 162 valora la extensión del sebadal denso (> 1000 haces/m²) y medio (400-1000 haces/m²) en hectáreas por agregación de cuadrículas de 2,56 m² (tamaño de pixel) a partir de las imágenes del satélite Worldview2. El sebadal laxo y vestigial no se ha contabilizado. Es necesario tener en cuenta la fecha de la fotografía, que no hace comparables los años 2013, 2014 y 2015 con el resto.

Tabla 40. Hectáreas de sebadal denso y medio. Valores superiores al año de referencia (2011) en verde; inferiores en rojo y similares en azul

Sectores	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 Tajao	0,65	12,89	-	33,96	8,73	-	7,82
2 Tarajal	2,63	46,17	3,60	67,34	49,38	-	23,47
3 Camello	2,11	26,27	9,19	41,16	17,62	-	19,78
4 Puerto	50,94	56,38	74,18	77,33	51,50	10,94	36,99
5 Pelada	32,96	21,60	12,48	50,64	12,46	16,65	16,47
6 Jaquita	52,09	52,02	57,95	83,45	47,37	16,60	27,43
7 Médano	28,60	28,36	28,84	25,53	39,15	11,93	15,77
8 La Tejita	3,53	11,43	8,96	26,79	39,78	4,38	32,34

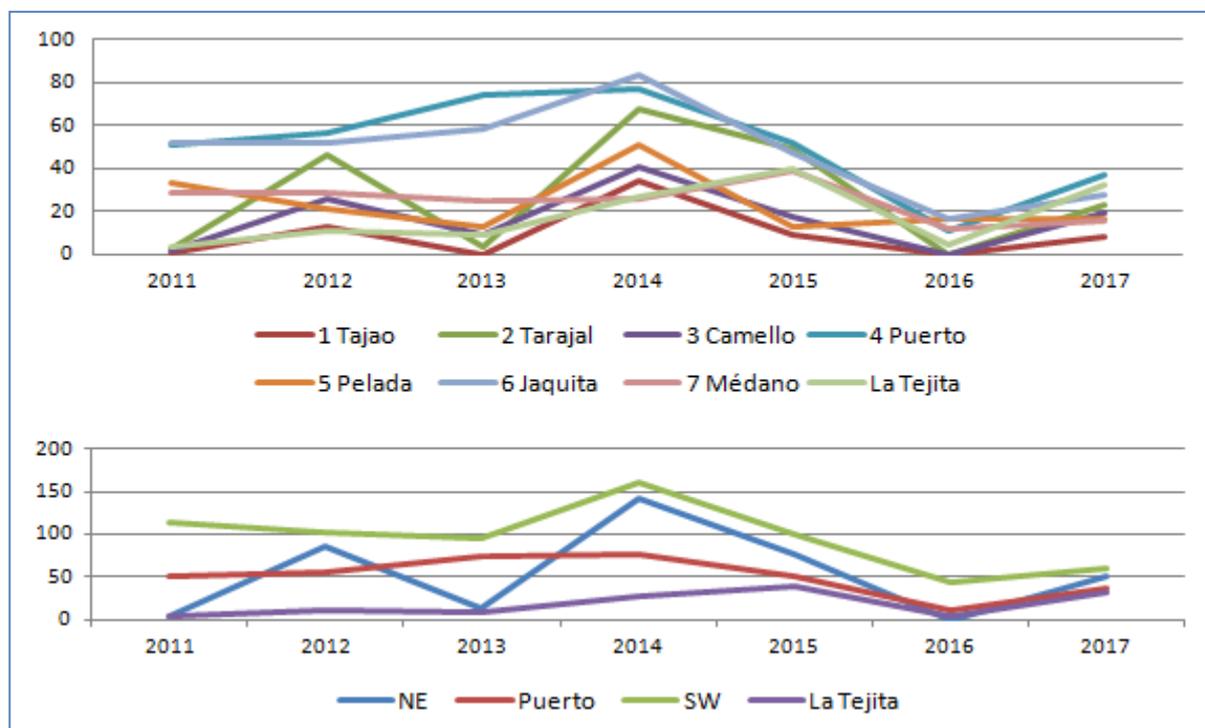


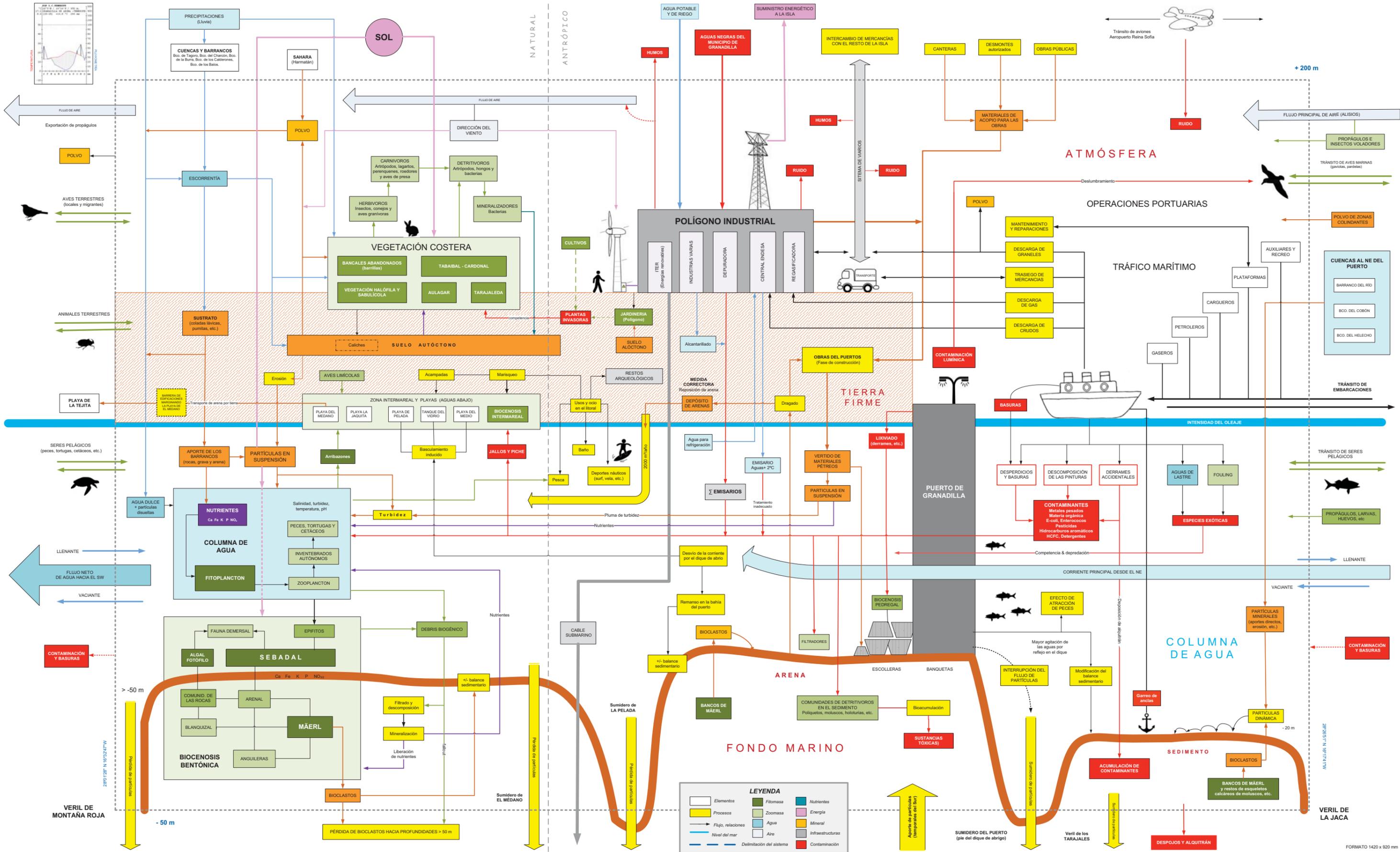
Figura 162. Evolución de la cobertura del sebadal medio y denso en hectáreas: Arriba: por sectores. Abajo: por bloques

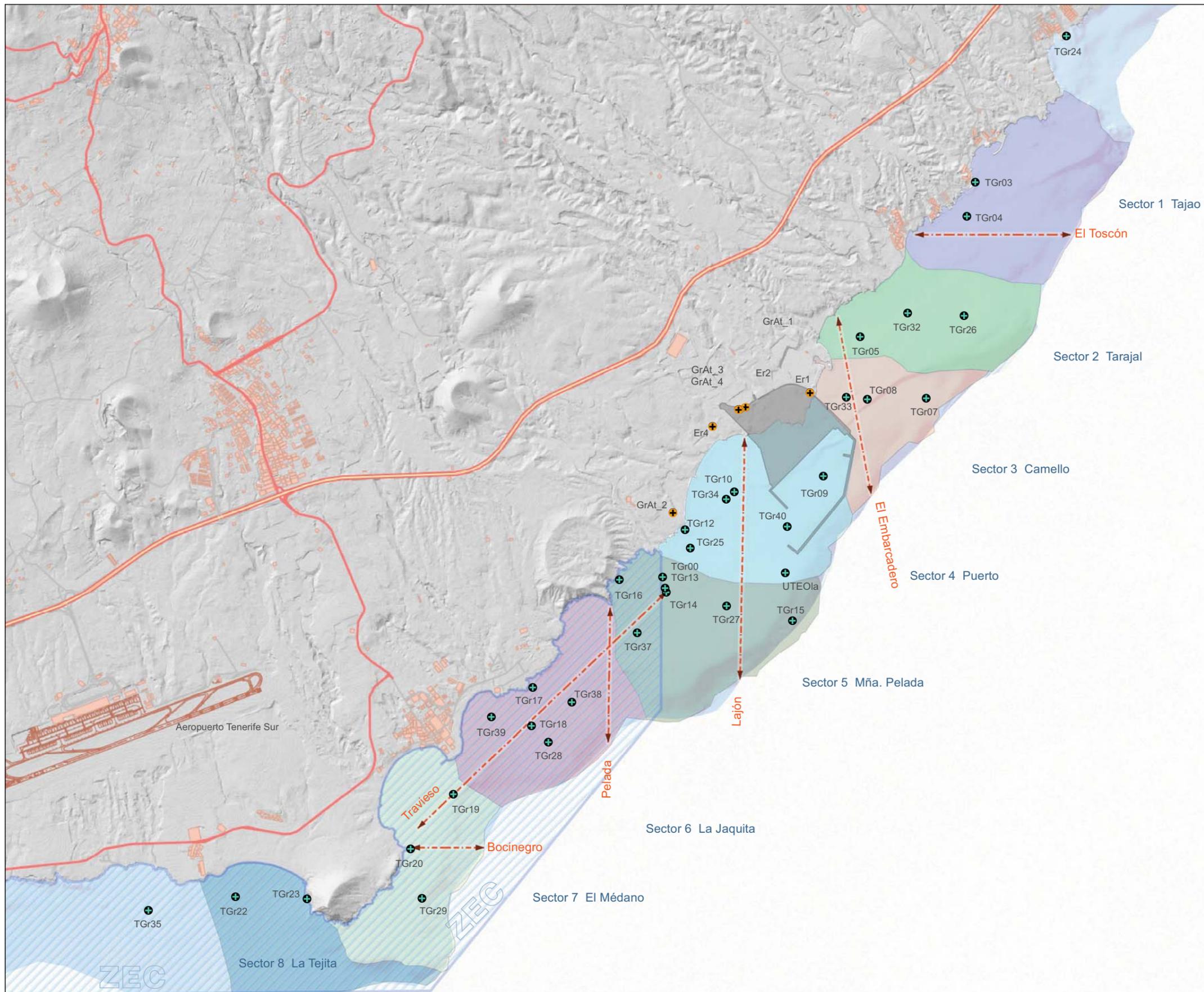


5.6 Relación actualizada de las estaciones de muestreo del OAG

Código	Denominación	Latitud	Longitud	Destino
TGR00	Boya Granadilla	28° 3' 40,230" N	16° 30' 32,076" O	Meteorología y correntímetro
TGR03	San Felipe	28° 6' 17,200" N	16° 28' 20,183" O	Comunidad intermareal y erizo
TGR04	La Caleta	28° 6' 4,154" N	16° 28' 23,653" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos y seba
TGR05	Tarajales	28° 5' 17,482" N	16° 29' 9,075" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, seba, plancton y estacado
TGR06	Embarcadero	28° 5' 5,14"N	16° 29' 22,65" O	Erizo
TGR07	Camello	28° 4' 54,236" N	16° 28' 40,278" O	Comunidad pelágica
TGR08	Lajón	28° 4' 53,592" N	16° 29' 5,641" O	Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna, seba, plancton y estacado
TGR09	Dársena	28° 4' 21,402" N	16° 29' 29,298" O	Sonda, agua, micro, sedimentos, plancton e infauna
TGR10	Medio	28° 4' 17,543" N	16° 30' 2,731" O	Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna, demersal, seba y plancton
TGR12	Tancón	28° 4' 2,651" N	16° 30' 23,804" O	Com intermareal, bentos y erizo
TGR13	Abejera	28° 3' 45,529" N	16° 30' 32,604" O	Trampa, seba y estacado
TGR14	Charcón	28° 3' 38,779" N	16° 30' 31,596" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, infauna, plancton y seba
TGR15	Pelada	28° 3' 28,328" N	16° 29' 36,898" O	Comunidad pelágica
TGR16	Rajita	28° 3' 43,178" N	16° 30' 51,924" O	Comunidad intermareal y erizo
TGR17	Punta Brava	28° 3' 1,452" N	16° 31' 28,737" O	Comunidad intermareal, bentos y erizo
TGR18	Jaquita	28° 2' 46,776" N	16° 31' 29,094" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, plancton y seba
TGR19	Médano	28° 2' 20,285" N	16° 32' 2,451" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos y seba
TGR20	Bocinegro	28° 1' 59,115" N	16° 32' 20,702" O	Comunidad intermareal, erizo y estacado
TGR22	Tejita	28° 1' 39,817" N	16° 33' 36,018" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, seba y estacado
TGR23	Montaña Roja	28° 1' 39,322" N	16° 33' 5,143" O	Erizo
TGR24	Las Lisas	28° 7' 13,672" N	16° 27' 41,475" O	Erizo
TGR25	Carrera	28° 3' 55,692" N	16° 30' 21,391" O	Bentos
TGR26	Cambada	28° 5' 26,020" N	16° 28' 24,344" O	Maërl
TGR27	Confite	28° 3' 33,664" N	16° 30' 5,378" O	Maërl
TGR28	Piedras blancas	28° 2' 40,630" N	16° 31' 21,775" O	Maërl

TGr29	Montelís	28° 1' 40,199" N	16° 32' 15,539" W	Maërl
TGr30	Trans-Pelada	28° 3' 13,331" N	16° 30' 56,108" O	Bentos
TGr31	Trans-Embarcadero	28° 5' 0,406" N	16° 29' 13,713" O	Bentos
TGr32	Punta Negra	28°5'26,765" N	16°29'48,683" O	Estacado
TGr33	Emisario	28°4'54,178" N	16°29'14,816" O	Estacado
TGr34	Galletita	28° 3' 31,9'' N	16° 30' 58,8'' W	Estacado
TGr35	San Miguel	28° 1' 34,320" N	16° 34' 13,579" W	Maërl
TGr37	Ensanchada	28° 3' 22,926" N	16° 30' 43,919" W	Estacado
TGr38	Barca	28° 2' 56,076" N	16° 31' 11,765" W	Estacado
TGr39	Arena	28° 2' 50,000" N	16° 31' 46,500" W	Bentos
TGr40	Martillo	28° 4' 4,354" N	16° 29' 39,672" W	Sonda, agua y sedimentos
MEDIO TERRESTRE				
GrAt_2	Iter	28° 4' 9,124" N	16° 30' 29,125" O	Captador de polvo
GrAt_3	Casetas	28° 4' 49,009" N	16° 30' 0,851" O	Captador de polvo
Er4	Polígono	28° 4' 42,416" N	16° 30' 12,445" O	Medidas de ruido
Er2	Casetas	28° 4' 49,946" N	16° 29' 58,336" O	Medidas de ruido
Er1	Rotonda	28° 4' 55,707" N	16° 29' 30,537" O	Medidas de ruido





ESTACIONES TERRESTRES

CÓDIGO *	DENOMINACIÓN
Er1	Rotonda
Er2	Casetas
Er4	Polígono
GrAt_2	ITER
GrAt_3	OAG
GrAt_4	METEO OAG

ESTACIONES MARINAS

CÓDIGO *	DENOMINACIÓN	FONDO (m)
TGr00	Boya de Granadilla	-13,301908
TGr03	San Felipe	-2,19
TGr04	La Caleta	-10,32
TGr05	Tarajales	-12,16885
TGr06	Embarcadero	-1
TGr07	Camello	-51,502754
TGr08	Lajón	-13
TGr09	Dársena	-26,298454
TGr10	Medio	-13,532754
TGr12	Tancón	-2,297977
TGr13	Abejera	-11,089207
TGr14	Charcón	-13,98906
TGr15	Pelada	-58,052868
TGr16	Rajita	-3,184617
TGr17	Punta Brava	-3,400099
TGr18	Jaquita	-17,690508
TGr19	Médano	-12,175013
TGr20	Bocinegro	-2,633182
TGr22	Tejita	-11,687243
TGr23	Montaña Roja	-1,01
TGr24	Las Lisas	-1
TGr25	Carrera	-11,657032
TGr26	Cambada	-24,864019
TGr27	Confite	-22
TGr28	Piedras blancas	-29,990452
TGr29	Montelis	-15,351696
TGr32	Puntanegra	-14
TGr33	UNELCO	-11,929495
TGr34	Galletita	-13,543505
TGr35	San Miguel	-15,44
TGr37	Ensanchada	-18,017374
TGr38	Barca	-28,178383
TGr39	Arenal	-3
TGr40	Martillo	-28,15
UTEOLA	Boya de la UTE, medición oleaje	-28,98

Proyección UTM huso 28 extendido elipsoide WGS84. Coordenadas geográficas elipsoide WGS84 ITRS93

FUNDACIÓN OBSERVATORIO AMBIENTAL GRANADILLA
CIF G38951836

Edificio Puerto-Ciudad, Oficina 1B
38001 Santa Cruz de Tenerife
Islas Canarias - España

Tel.: +34 922 298 700 Fax: +34 922 298 704
info@oag-fundacion.org · www.oag-fundacion.org

estación marina
 transecto de vídeo en arrastre
 ZEC

estación terrestre
 Puerto de Granadilla

PVA GRANADILLA
Estaciones y transectos de muestreo

Nº Mapa ANEXO D	Centro de datos 31 - diciembre - 2017
--------------------	--

SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA – V.16/2018

PARÁMETRO	OBJETO DE SEGUIMIENTO	LOCALIZACIÓN	EJECUCIÓN	FRECUENCIA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROTOCOLO METODOLÓGICO	COD.F.
1. VIGILANCIA DE LAS OBRAS (temporal)	1.1 MATERIALES ACOPIO EXTERNOS	Puntos de acceso a la zona portuaria	OAG	Ocasional													1.1 Inspección visual y fotografía	A1
	1.2 RELLENOS Y VERTIDOS AL MAR	Zona de carga de gánguiles y descarga de camiones	OAG	Ocasional													1.2 Inspección visual y fotografía	A2
	1.3 VERTIDOS ACCIDENTALES	Viaríos de la zona portuaria y zona del parque móvil	OAG	Semanal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1.3 Verificación de parque móvil y maquinaria	A3
	1.4 POLVO EN SUSPENSIÓN	Estaciones GrAt-1, GrAt-2, GrAt-3	OAG	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.4 Muestreo 5 días por 3 captadores	A4
	1.5 NIVEL SONOROS	Estaciones ER4, ER2, ER1	OAG	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5 Sonómetro (3 x 1 min/día) y número de aviones	A5
	1.6 MITIGACIÓN DEL POLVO	Zona de obras y vías de acceso	OAG	Quincenal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.6 Verificación de parque móvil y obras	A6
	1.7 MITIGACIÓN DEL RUIDO	Zona de obras y vías de acceso	OAG	Quincenal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.7 Verificación de parque móvil y maquinaria	A6
	1.8 MITIGACIÓN LUMÍNICA	Todo el recinto portuario	OAG	Ocasional	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.8 Verificación durante de instalación de luminarias	A6
2. INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA	2.1 ADECUACIÓN CROMÁTICA	Ámbito terrestre del puerto	OAG	Trimestral	1			1			1			1			2.1 Inspección visual de alteraciones	B1
	2.2 USO DE FLORA LOCAL	Zonas verdes del ámbito portuario Viarío del polígono de industrial de Granadilla	OAG	Trimestral	1			1			1			1			2.2 Verificación visual parterres y jardines	B1
	2.3 USO DE BOLOS Y CALLAOS	Playa La Caleta y zonas de acopio y reutilización	OAG	Trimestral	1			1			1			1			2.3 Verificación de actuaciones mientras duren	B1
	2.4 RESTAURACIÓN ZONA DE OBRAS	Áreas ocupadas por las instalaciones de obra	OAG	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2.4 Control de medidas durante y después de desmantelar	B2
3. OPERACIONES PORTUARIAS	3.1 DRAGADOS	Ámbito marítimo del puerto	OAG	Ocasional													3.1 Verificación permisos / inspección de fondos	C1
	3.2 DERRAMES ACCIDENTALES	Bocana del puerto y almacenes	OAG	Trimestral	1			1			1			1			3.2 Verificación de quipos y Plan de Emergencia	C2
	3.3 LIMPIEZA DÁRSENA PORTUARIA	Dársena portuaria	OAG	Semanal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.3a Verificación labores de inspección y recogida 3.3b Presencia de basuras y tipología, Destino residuos retirados	C3
	3.4 INVENTARIO BASURA PLAYA ANEJA	Playa del Medio	OAG	Trimestral	1			1			1			1			3.4 Protocolo OSPAR	C4
	3.5 CONTROL PROHIBICIÓN PESCA	Recinto portuario y obras de abrigo	OAG	Semanal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.5 Coteo y ubicación de pescadores	C3
4. GEODINÁMICA LITORAL	4.0 CLIMA MARÍTIMO	TGr00 (boya) y estación de tierra	OAG	Continuo	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	4.0 Registro estaciones meteorológicas (boya y terrestre)	-
	4.1 EVOLUCIÓN CAMPO DE DUNAS	Franja entre El Médano y La Tejita	OAG	Semestral				1						1			4.1 Interpretación imagen Worldview	-
	4.2 TRANSPORTE EÓLICO DE ARENAS	Franja entre El Médano y La Tejita	OAG	Semanal	1			1			1			1			4.2 Trampas de arena en tres puntos	D2
	4.3 EPISODIOS TORMENTOSOS	Tramos de costa entre el puerto y Montaña Pelada	OAG	Ocasional													4.3 Imagen tomada desde zepelín	-
	4.4 OLEAJE Y NIVEL DEL MAR	Boya de Puertos del Estado, y mareógrafo local	Aut. :Port.	Continuo	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	4.4 Registros instrumentales	-
	4.5 FLUJO DE LA CORRIENTE	TGr 00 (boya) y TGr 18 (perfilador) / Boyas deriva (ocas.)	OAG	Continuo	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	4.5 Registros correntímetro y boyas de deriva	-
	4.6 TASAS DE SEDIMENTACIÓN	Estaciones TGr.04, 05, 08, 10, 13, 14, 18, 19 y 22	OAG	Trimestral		1			1			1			1		4.6 Captadores de sedimentos y granulometría	D6
	4.7 BALANCE SEDIMENTARIO	Estaciones TGr 05, 08, 13, 22, 32, 33, 34, 37, 38 y 41	OAG	Semestral			1						1				4.7 Control de estacas decimétradas	D7
	4.8 BASCULAMIENTO DE PLAYAS	Tarajales, La Caleta, El Medio, Punta del Vidrio, La Pelada, La Jaquita, El Médano y La Tejita	OAG	Anual										1			4.8 Análisis comparado de ortofotos	---
	4.9 PERFILES Y BATIMETRÍAS DE PLAYAS	El Medio, La Pelada, La Jaquita, El Médano y La Tejita	Empresa	Semestral				1					1				4.9 Sonda multihaz	-
4.10 GRANULOMETRÍA	El Medio, La Pelada, La Jaquita, El Médano y La Tejita	OAG + Lab.	Semestral				1					1				4.10 Análisis de laboratorio	D10	
6. CALIDAD DEL MEDIO MARINO (subrayado = ROM)	5.1 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS	Estaciones TGr <u>04, 05, 08, 09, 10, 14, 18, 19, 22 y 40</u>	OAG	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6.1a Sonda multiparamétrica a plomo	E1
	5.2 CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA	Estaciones TGr <u>04, 05, 08, 09, 10, 14, 18, 19, 22 y 40</u>	OAG + Lab.	Trimestral		1			1			1			1		6.2 Muestreo 2 profundidades (3 ROM), y analítica laboratorio	E2
	5.3 CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA	Estaciones TGr 09 y 10	OAG + Lab.	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6.3 Muestreo a 1 m y análisis de enterobacilos	E3
	5.4 CALIDAD DEL SEDIMENTO	Estaciones TGr <u>04, 05, 08, 09, 10, 14, 18, 19, 22 y 40</u>	OAG + Lab.	Cuatrimestral			1				1				1		6.4 Muestreo con draga , granulometría y analítica química	E5
7. BIODIVERSIDAD	6.1 COMUNIDADES SUPRAMEREALES	Estaciones TGr 03, 12, 16, 17 y 20	OAG	Semestral				1						1			7.1 Proporción de Chtamalus vivos y muertos	F1
	6.2 COMUNIDADES INTERMAREALES	Estaciones TGr 03, 12, 16, 17 y 20	OAG	Semestral				1						1			7.2 Cobertura algal y especies dominante	F2
	6.3 COMUNIDADES PECES LITORALES	Demersales: TGr 05,10 y 18 Pelágicos: TGr.07 y15 Interior de la dársena portuaria	OAG	Semestral Bimestral	1		1		1			1		1		1	7.3 a Coteo de peces en tiempos pautado (buceador) 7.3b Recorrido con el ROV en el interior del puerto	F3a F3b
	6.4 COMUNIDADES BENTÓNICAS	Estaciones TGr.25, 26, 27, 28 y 35 (mäerl) TGr 25 (erizo) TGr 18, 25 y 39 (peces) + transecto Pelada (anguila)	OAG	Semestral				1						1			7.4 Cuantificación especies indicadoras y conteo peces	F3
	6.5 INFAUNA	Estaciones TGr.05, 08, 09, 10, 14 y 18	OAG + Lab.	Semestral				1						1			7.5 Análisis composición comunidad de poliquetos	F5a F5b
	6.6 PERFILES BIONÓMICOS	Toscón, Embarcadero, Lajón, Pelada, Bocinegro, Travieso	OAG	Semestral			1						1				7.6 Grabación de vídeo arrastrado ye interpretación hábitats	F6
	6.7a ESPECIES EXÓTICAS (PLANCTON)	Entre TGr 05-08, 09-10 y 14-18 (meromesozooplanton)	OAG	Semestral			1						1				7.7a Arrastres horizontales (15-20 min, veloc 1,2 nudos) con WP2	F7a
	6.7b ESPECIES EXÓTICAS (FOULING)	Dársena portuaria y zona de fondeo	OAG	Trimestral			1			1			1			1	7.7b Inspección casos con ROV	F7b
	6.8. EFECTO ARRECIFE ARTIFICIAL	Dársena portuaria (dique externo, fondo y contradique)	OAG + Lab.	Semestral				1						1			7.8 Coteo de peces con ROV en tramos pautados	F8
	6.9 CONTAMINACIÓN ANIMALES MARINOS	Estaciones TGr 03,6, 12 16, 17, 20, 23 y 24	OAG + Lab	Semestral			1						1				7.9 Análisis de hidrocarburos y metales en erizos	G9
	6.10 DESARROLLO DEL MÄERL	Estaciones TGr. 26, 27, 28, 29 y 35	OAG	A determinar				1						1			7.10 Ocupación de plataforma estándar por mäerl	F10
6.11 ESTADO DEL SEBADAL	Estaciones TGr.04, 05, 08, 10, 13, 14, 18, 19 y 22	OAG	Semestral			1						1				7.11 Estudio del estado fisiológico y de desarrollo del sebadal	F11	