

**SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE
GRANADILLA EN FASE OPERATIVA**
Informe anual 2018

Septiembre 2019

SANTA CRUZ DE TENERIFE



OAG (2019). *Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa. Informe anual 2018*.- S/C de Tenerife: Observatorio Ambiental Granadilla, pp. 238 [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 Trasplante de seba.....	17
3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL	18
3.1 Condiciones meteorológicas locales	18
3.2 Vigilancia de las obras	21
3.2.1 Materiales de acopio externos.....	21
3.2.2 Rellenos de las explanadas portuarias.....	22
3.2.3 Partículas en suspensión (polvo).....	22
3.2.4 Niveles sonoros.....	26
3.2.5 Mitigación lumínica.....	28
3.2.6 Dragados.....	30
3.2.7 Derrame accidental de hidrocarburos	31
3.2.8 Residuos flotantes y basuras.....	32
3.2.9 Control de la prohibición de la pesca.....	35
3.2.10 Señales y balizas	36
3.3 Integración paisajística	36
3.3.1 Adecuación cromática.....	36
3.3.2 Uso de flora local.....	36
3.3.3 Uso de bolos y callaos	36
3.3.4 Restauración de la zona de obras	37
3.4 Geodinámica litoral.....	37
3.4.1 Tránsito de arenas por tierra	37
3.4.2 Episodios tormentosos	40
3.4.3 Nivel medio del mar y oleaje	40
3.4.4 Flujo de la corriente	42
3.4.5 Tasa de sedimentación	50
3.4.6 Balance sedimentario.....	52
3.4.7 Basculamiento de las playas	58
3.4.8 Batimetría y perfil de las playas	68
3.4.9 Batimetría	69
Metodología de la Ecosonda Multihaz de máxima Resolución y Precisión.	71
Plan de campaña.....	72
Estudio de cambios	73
3.5 Calidad del medio marino.....	83
3.5.1 Parámetros oceanográficos	84
3.5.2 Calidad del agua.....	92



3.5.3	Contaminación microbiológica.....	101
3.5.4	Calidad de los sedimentos.....	103
3.5.5	Evaluación general del medio físico.....	120
3.6	Biodiversidad marina.....	122
3.6.1	Comunidades supramareales.....	123
3.6.2	Comunidades intermareales.....	126
3.6.3	Comunidades de peces litorales.....	130
3.6.4	Comunidades bentónicas.....	133
3.6.5	Infaua.....	136
3.6.6	Perfiles y cartografía bionómica.....	142
3.6.7	Mapa bionómico.....	155
3.6.8	Especies exóticas.....	161
3.6.9	Efecto arrecife artificial.....	165
3.6.10	Contaminación en organismos marinos.....	165
3.6.11	Desarrollo del mærl.....	175
3.6.12	Estado del sebadal.....	176
3.6.13	Evaluación general del sebadal.....	197
3.6.14	Evaluación general de la biodiversidad.....	198
3.6.15	Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116.....	198
4	RECOMENDACIONES.....	201
5	ANEXOS.....	205
5.1	Análisis de la corriente en la estación de muestreo TGr18 (La Jaquita).....	205
1.	Introducción.....	205
2.	Zona de estudio.....	206
3.	Metodología.....	207
4.	Resultados.....	212
5.2	Niveles de marea a la hora de toma de las imágenes de satélite.....	230
5.3	Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes.....	231
5.4	Relación actualizada de las estaciones de muestreo del OAG.....	232
5.5	Informe sobre la calidad del agua en el litoral frente al Polígono Industrial de Granadilla de Abona (Tenerife).....	234
5.6	Mapa bionómico.....	237
5.7	Mapa estaciones.....	238



SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA

Informe anual 2018

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Fundación del Sector Público Estatal Observatorio Ambiental Granadilla (OAG) fue creada por acuerdo del Consejo de Ministros y tiene como objetivo prioritario 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 Ministerio de Fomento y del Protectorado de Fundaciones.

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, terminándose las obras de abrigo en 2017. El año pasado se continuó con el muelle de ribera (cinco cajones), saliendo a concurso el resto de esta obra a principios del próximo año.

Desde la finalización de la obra de abrigo, quedó 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 2018 pueden descargarse desde la página web del OAG.



Figura 1. Obra de abrigo con plataformas atracadas (Fuente OAG)

De cara a la vigilancia ambiental en fase operativa (2017-2021), el OAG reformuló 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 (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 2018, 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 2018, 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 2018 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.

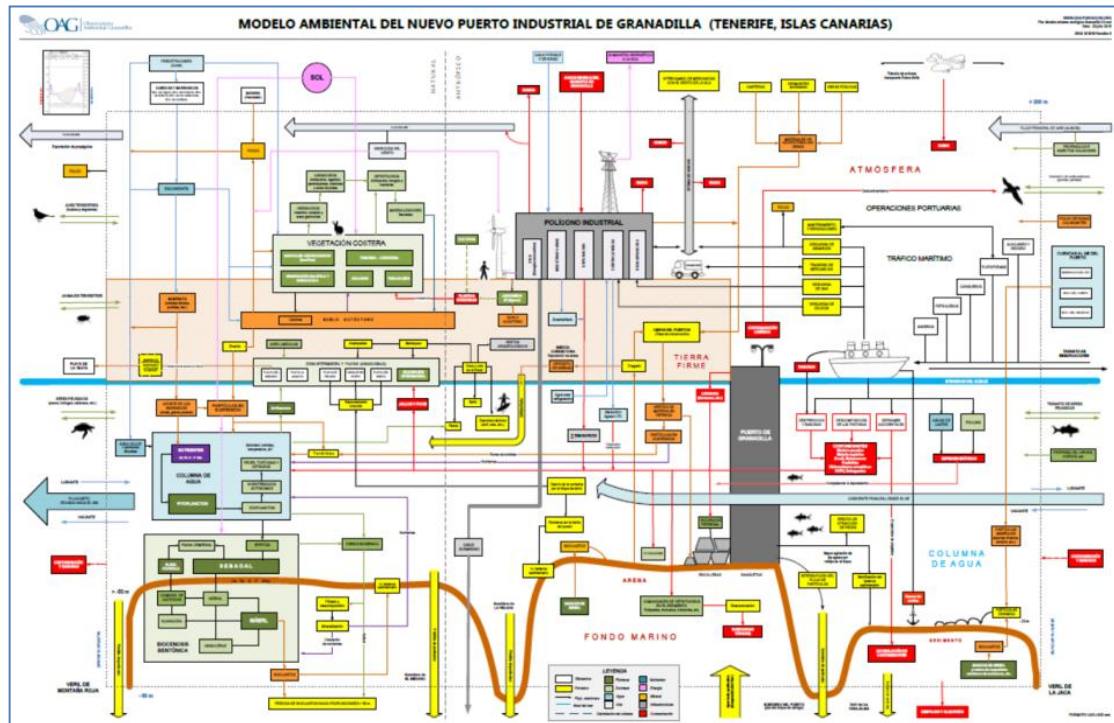


Figura 2. Modelo ambiental del puerto de Granadilla

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:

- Marzo 2018** Informe sobre la inconveniencia de permitir que en el puerto de Granadilla atraquen embarcaciones con cascos poblados por corales potencialmente invasores y, eventualmente, procedan a su limpieza.
- Agosto 2018** Informe sobre el Estado del Sebadal: periodo invernal 2018.
- Diciembre 2018** Informe sobre el Estado del Sebadal: periodo estival 2018.

A lo largo del ejercicio no hubo que comunicar mayores incidencias que las relacionadas con un incremento anormal de *E. coli* y *Enterococos* fecales en las muestras tomadas el 2 de agosto en las estaciones TGr09 y TGr10 (INC_OAG_2018.2), relacionadas con los vertidos de los emisarios próximos y que nada tienen que ver con la actividad portuaria. Tras este pico en agosto, los valores volvieron a estabilizarse a los normales de la zona.



2 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS

2.1 Modificaciones y situación de las obras

Durante 2018 se ha continuado con el segundo tramo del muelle de ribera. El último cajón del segundo tramo del muelle de ribera fue fondeado el 2 de junio de 2018, quedando así finalizado este tramo que consta de 5 cajones, contruidos *in situ* por la cajonera llegada desde Gran Canaria.

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 hasta 2017 se hacía bimestralmente por razones presupuestarias. Actualmente, debido a la baja frecuencia de avances constructivos, el OAG considera que no se justifica este mismo patrón de gasto, usando imágenes de baja resolución gratuitas publicadas por el operador del satélite *WorldView* y de las que el OAG adquiere mediante licitación, para la realización de los mapas bionómicos, con frecuencia semestral si las circunstancias permiten la toma.

Ya están aprobados por el Consejo de administración de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, el tercer y cuarto tramo del muelle de ribera, así como las obras de viario básico y de defensa y rellenos, estando pendientes las licitaciones pertinentes.



Figura 3. Trabajos en el segundo tramo del muelle de ribera (24 mayo 2018)



Figura 4. Descarga, almacenamiento provisional y distribución de partes de los aerogeneradores del parque eólico próximo (22 mayo 2018)

Por su parte, el OAG toma fotos de las obras (Figura 3 y Figura 4), exponiendo algunas en su página web. En 2018 se han incorporado al banco de fotos 4.237 imágenes (tomadas en 165 días diferentes), con lo que el total disponible desde 2008 asciende a 32.292 instantáneas (incluidas también las fotos de la vigilancia y actividades conexas).

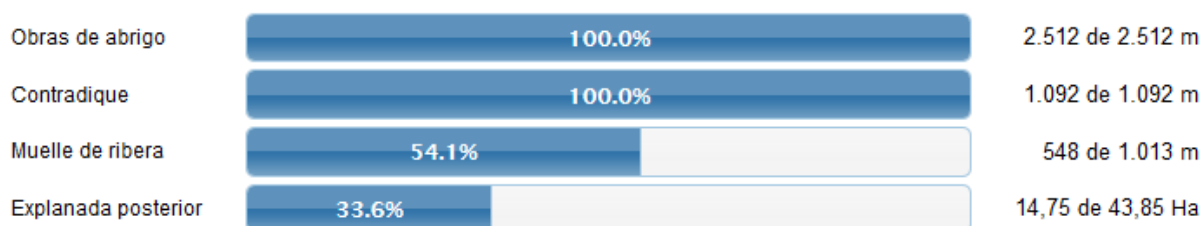


Figura 5. Porcentaje de obra realizada a final de año 2018

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

- 02-06-2018 Muelle de ribera: se fondea el último cajón de esta licitación referida al tramo II.
- 14-06-2018 Muelle de ribera: tras su terminación *in situ*, es fondeado otro cajón más.
- 08-06-2018 Muelle de ribera: es fondeado otro cajón continuando con la línea del muelle de ribera.
- 23-05-2018 Muelle de ribera: se coloca en su lugar el siguiente cajón.
- 18-05-2018 Muelle de ribera: es fondeado el cajón “Vera” del muelle de ribera. Fue fabricado *in situ* por la cajonera traída expresamente para ello. Es el primer cajón del tramo II.
- 05-01-2018 Atraca el dique flotante de la empresa naviera Palumbo Tenerife *Shipyards* proveniente de la isla de Trinidad.

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 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.

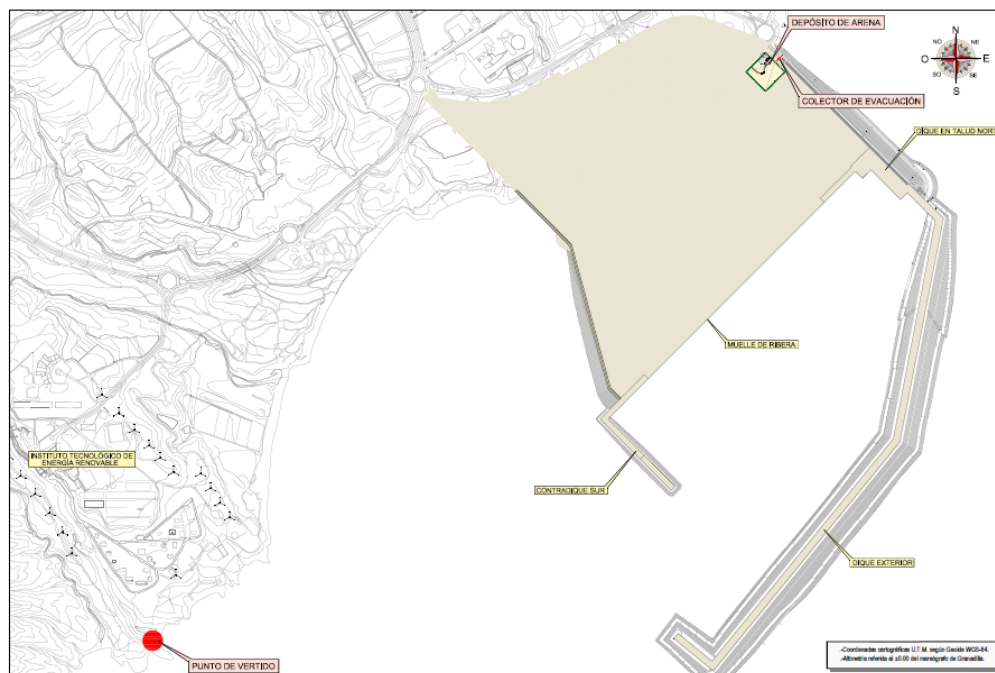


Figura 6. Ubicación del depósito de arena y punto de vertido de la alternativa adoptada

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.

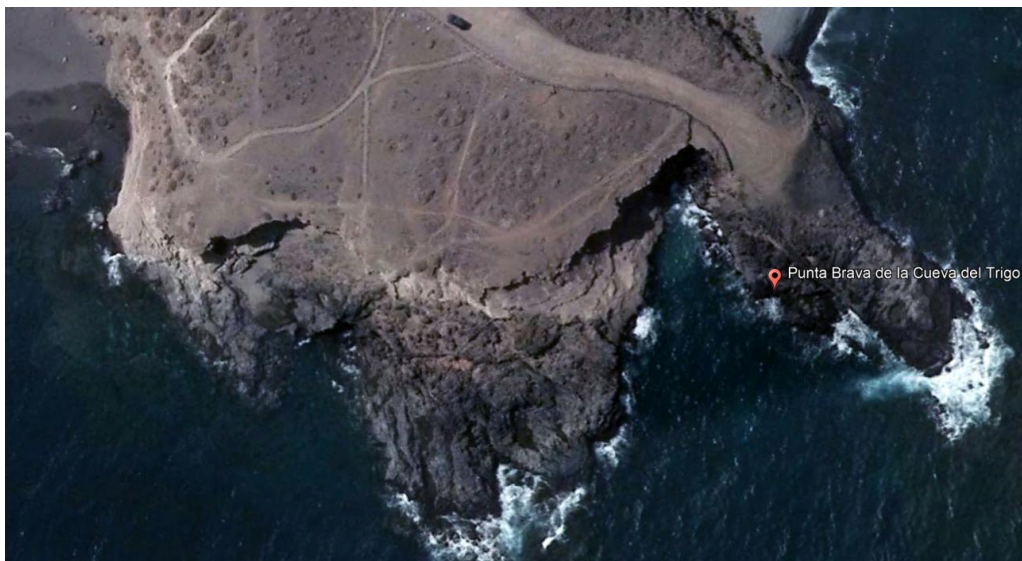


Figura 7. Puntos de vertido (izquierda) en la Punta del Cargadero del Trigo y punto final (derecha) en la Punta Brava de la Cueva del Trigo

Se procederá a llevar a cabo una simulación de vertido en ese punto a lo largo de 2019, una vez se pronuncie la Viceconsejería de Medio Ambiente.

El perfilador de corrientes fondeado en la TGr18 sigue siendo usado, cambiando baterías y descargando los datos cada seis meses. Estos datos, mucho más precisos, permiten la comparación 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, Bi y Bii 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 su principal objetivo: garantizar que el puerto de Granadilla se construya y gestione de manera respetuosa con el medio ambiente. 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.

2.3.1.2 Bi - 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 Bii - 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 Güí-güí (Figura 8), en Gran Canaria, tanto por parte del Gobierno de Canarias, como del entonces Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



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



2.3.1.4 Biii – 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, de conformidad con el artículo 11 de la Directiva 92/43/CEE (Directiva de hábitats). La fundación tendrá en cuenta los métodos y conclusiones del proyecto LIFE B4-3200/97/247 a la hora de elaborar el citado programa de seguimiento.”

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 contrario, 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 2013-2017¹ 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)

¹ **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.

Las campañas de censo relativo 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. Las campañas de 2018 se realizaron en agosto (Gran Canaria) y octubre (Tenerife y Fuerteventura), con avistamientos de 21, 21 y 3 tortugas respectivamente (Tabla 1, datos en negrilla).

Tabla 1. Especies avistadas durante las últimas campañas de tortuga boba
T = Tenerife, C = Gran Canaria y F = Fuerteventura

Especie	Campaña 2018					
	Grupos			Ejemplares		
	T	C	F	T	C	F
Alcatraz atlántico			2			2
Cachalote			1			1
Calderón gris						
Calderón tropical	11			>20		
Charrán común			1			1
Delfín común			2			10
Delfín de diente rugoso						
Delfín listado			8			>300
Delfín moteado			2			>300
Delfín mular	5	3		13	3	
Gaviota reidora			1			1
Págalo						
Paiño europeo						
Pardela pichoneta						
Rorcual indeterminado						
Rorcual tropical						
Tiburón indeterminado						
Tiburón martillo						
Tortuga boba				21	21	3
Zifio de Blainville						
Zifio de Cuvier						
Zifio indeterminado			1			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 Biv – 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 inspecciones realizadas en 2018, no se han apreciado acumulaciones de basura relevantes, pero sí un deterioro general de los caminos por presión antrópica, incluso con la visualización de nuevos senderos ajenos a los marcados por el Cabildo de Tenerife. Aparentemente, la reserva está incrementando bastante las visitas, por lo que se sugiere la instalación de paneles informativos en varios idiomas para que los visitantes no abandonen los senderos marcados y respeten la zona (Figura 10).



Figura 10. Caminos habilitados para el tránsito de visitantes

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. Parece que será en 2019 cuando ambas instituciones vuelvan a retomar el proyecto.

2.4 Trasplante de seba

Una de las posibles medidas establecidas en la declaración de impacto ambiental (DIA) de Granadilla se centra en los sebadales. El proyecto se realiza fuera de los límites de la ZEC ES7020116 «Sebadales 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 sebadales», [...] 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, 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.



3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL

El esquema del seguimiento ambiental del puerto en fase operativa difiere 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 (Figura 11), 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.).

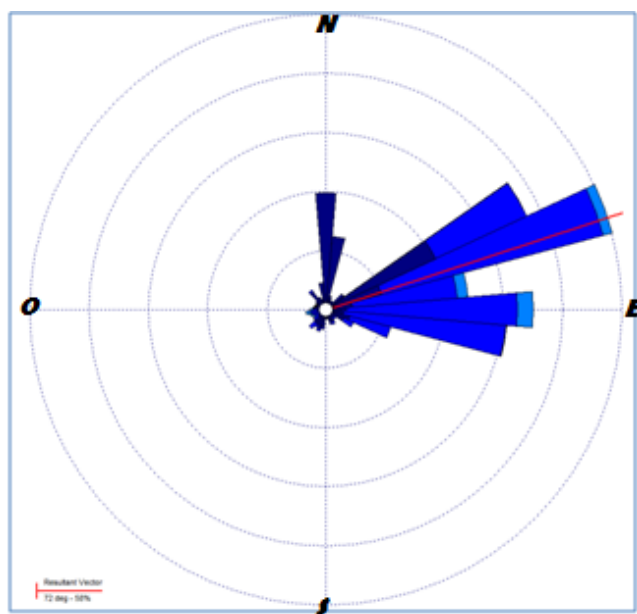


Figura 11. Rosa de vientos 2018. La línea roja representa el vector resultante. Datos: Estación de tierra

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. Durante este año, la estación meteorológica instalada en la boya solo estuvo operativa durante el mes de enero, por problemas técnicos. Por lo tanto, se han descartado los datos de esa estación. La estación de tierra estuvo operativa durante todos los meses, pero hubo algunos fallos en algunos sensores, por lo que algunos datos de determinados parámetros fueron también descartados. Se puede apreciar los periodos descartados como líneas rectas en las gráficas:

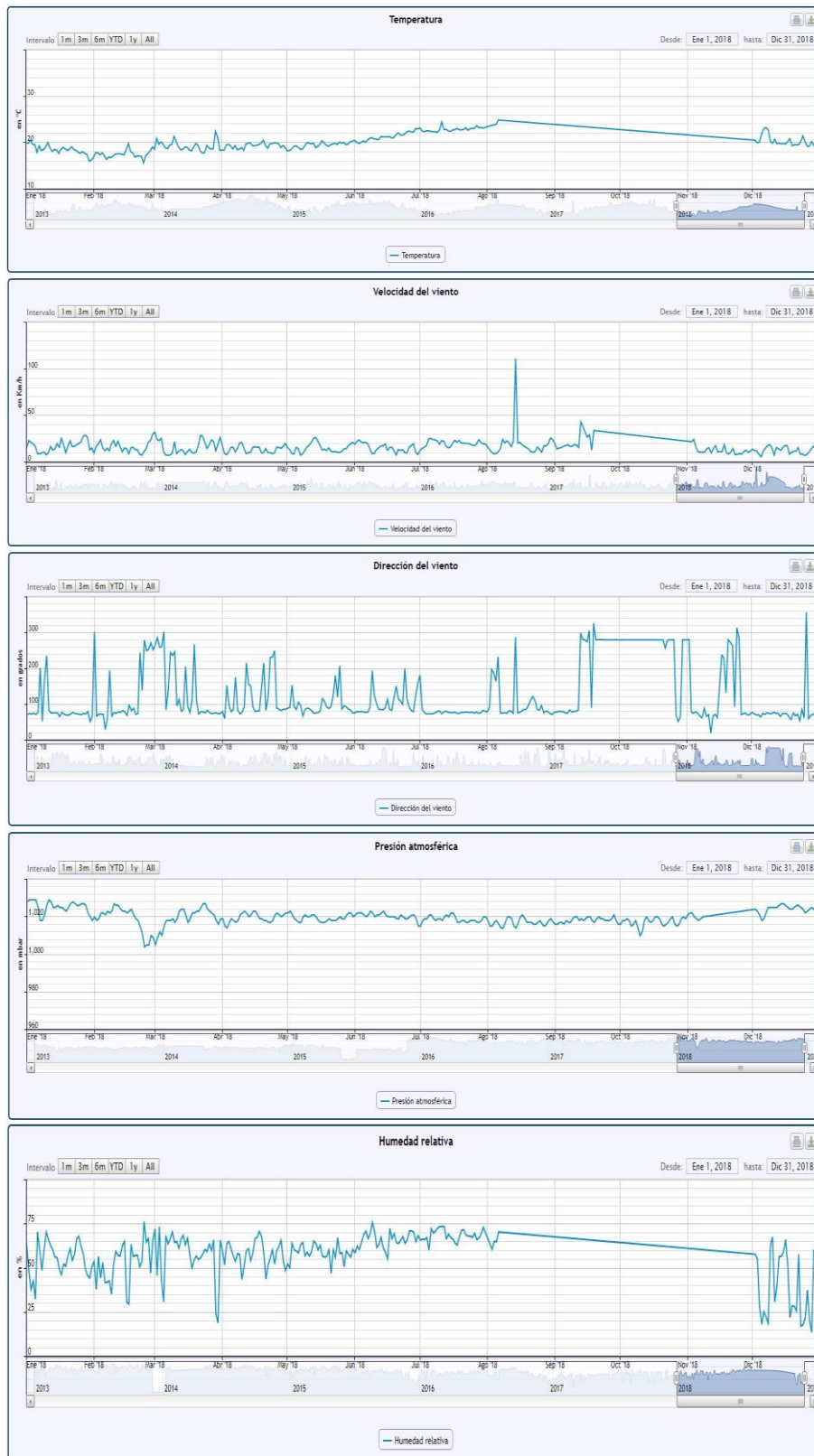


Figura 12. Parámetros meteorológicos medidos por la estación de tierra del OAG durante 2018



La información meteorológica se ofrecía 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 (Tabla 2). A partir de este año 2019, los datos se mostrarán con una nueva interfaz, mucho más informativa y con una mejor estética, para facilitar al usuario la lectura y comprensión de los datos.

Como se aprecia en la Figura 12 (tramos rectilíneos), algunos sensores dieron problemas durante 2019, de manera que los datos para esos periodos son extrapolados para poder representar el gráfico.

Tabla 2. Descriptores de los parámetros atmosféricos registrados

Parámetro	Valor máximo	Valor medio	Valor mínimo
Temperatura	30,89°C	19,90°C	12,18°C
Velocidad del viento	39,66 m/s	4,26 m/s	0,141 m/s
Dirección del viento	360°	113,57°	0°
Presión atmosférica	1030 mbar	1020,82 mbar	1004 mbar
Humedad relativa	100%	72,76%	13,70%

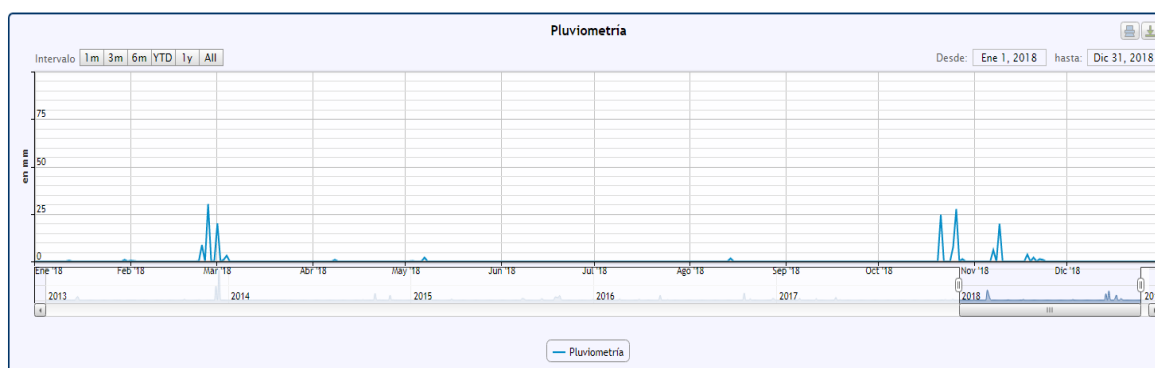


Figura 13. Precipitaciones registradas por la estación meteorológica de tierra durante 2018

Las precipitaciones habidas en la zona durante 2018 alcanzaron los 132,6 l/m² (Figura 13), bastante más que en el año precedente (36 l/m²). El año 2018 ha sido un año bastante húmedo (Tabla 3), alcanzando el máximo de precipitaciones desde que tenemos registro en el OAG. Además, las lluvias cayeron bastante repartidas a lo largo de todo el año.

Tabla 3. Precipitaciones diarias en 2018 (estación meteorológica de Granadilla)

2018	(mm)	2018	(mm)
11 ene.	0,4	2 may.	0,2
29 ene.	0,8	6 may.	2
31 ene.	0,4	13 ago.	1,6
1 feb.	0,2	24 oct.	7,6
22 feb.	0,2	25 oct.	27,6
23 feb.	8,6	27 oct.	1,2
25 feb.	30,2	8 nov.	19,8
27 feb.	0,2	17 nov.	3,6
28 feb.	20	19 nov.	2
2 mar.	0,8	21 nov.	1,2
3 mar.	3	22 nov.	0,8
7 abr.	0,2	Total anual	132,6

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, la explanada posterior y viarios y construcciones, por lo que la 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 2018 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:

- 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.
- Durante el relleno de la cubeta se controlará que no se emplea como material de relleno residuos tales como chatarras, ruedas, bidones, o restos vegetales.
- 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 2018 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, por lo que se decidió mantener este control durante la fase operativa hasta que toda la obra está totalmente terminada. El desmantelamiento de la planta machacadora, junto con la disminución del tráfico rodado, ha provocado que la presencia de polvo haya disminuido considerablemente.

Tabla 4. Datos provisionales de episodios de calima ocurridos durante 2018
(Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, MAPAMA)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1-4, 16-17, 19-22, 27-31	1-3, 11-18, 25	1, 27- 30	10-12, 17-19, 22-27		20, 22	9-12, 18-22, 28-30	4-8, 11-15, 20-24, 25-28, 30-31	12-16, 18-20, 22-30	1-9, 23-27	28-30	3-11, 13, 16- 29, 31

La Tabla 4 recoge las fechas de episodios de calima del 2018 (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica), suministrados en el marco

del "Encargo del Ministerio para la Transición Ecológica a la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la detección de episodios naturales de aportes transfronterizos de partículas y otras fuentes de contaminación de material particulado, y de formación de ozono troposférico (7CAES010)".

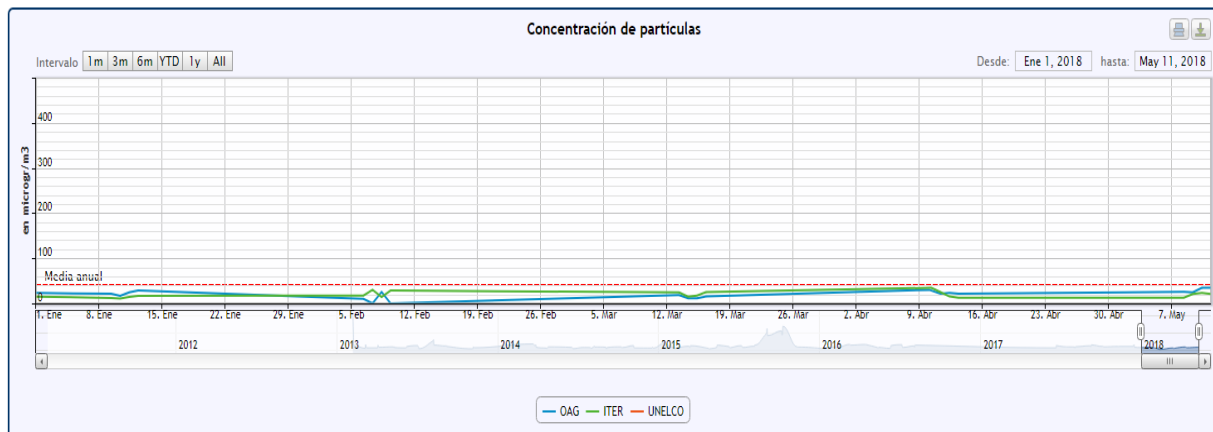


Figura 14. Medidas del polvo PM10 durante de 2018. La línea roja marca la media desde 2011 a 2018

El captador de la estación “Unelco” sufrió un acto vandálico en 2017 y tras ser valorada su reparación, ésta se descartó, por lo que desde entonces 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).

En mayo de 2018, finalizó la colocación del último de los cajones del puerto, por lo que se decidió parar con las mediciones de polvo, al no haber obras en la zona.

Actualmente los captadores están operativos, a falta de calibrar, listos para empezar con las mediciones en cuanto comience de nuevo la obra de relleno del muelle de ribera.

El valor diario (media de los cuatro días) se presenta para cada mes en la gráfica adjunta (Figura 14), en este caso hasta el mes de mayo.

- En la estación “OAG” no se ha superado el límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2018. Según la normativa vigente, el límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no debe superarse más de 35 días al año. Se tomaron 18 datos, con una media anual de $22,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin llegar a superar tampoco en ninguna ocasión los $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 15 ocasiones. El valor medio anual disminuye con respecto a los años anteriores (en 2017 fue de $37,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- El mayor valor obtenido en la estación “OAG” fue de $34,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor bastante inferior al máximo alcanzado durante los dos últimos años. Esta estación está emplazada a 70 m lineales de la machacadora por lo que, cuando esta funcionaba, los registros se corresponden más a valores de emisión que de inmisión.
- En la estación “Iter” tampoco se ha superado el límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2018. Se tomaron 20 datos, con una media anual de $19,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin superar tampoco los $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ninguna ocasión. El valor medio anual disminuye con respecto a 2017 ($26,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$), volviendo a valores muy parecidos a 2016 ($19,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



- El valor mayor obtenido en la estación “Iter” fue de 34,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aproximadamente la mitad que el valor máximo de 2017 (60,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	3	
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17,63	24,36	
Año 2012	Captador “Unelco”	Captador “Iter”	
Nº de medidas	27	53	
Periodo	Mayo, Julio-Diciembre	Enero - Diciembre	
Medidas >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	4	
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	6	3
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4	2	3
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	15	5
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0+dic	11	0
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16,69	36,24	19,14
Año 2017	Captador “Unelco”	Captador “OAG”	Captador “Iter”
Nº de medidas	--	28	36
Periodo	--	Junio-Diciembre	Enero-Diciembre
Medidas > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	3	2
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	--	37,15	26,39
Año 2018	Captador “Unelco”	Captador “OAG”	Captador “Iter”
Nº de medidas	--	18	20
Periodo	--	Enero-Mayo	Enero-Mayo
Medidas > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	0	0
Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	--	22,23	19,57

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración en 24 horas en más de 35 ocasiones al año, ni una media anual de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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). Los acopios y movimientos de tierra (Figura 15) son la principal fuente del polvo (Tabla 6).

Tabla 6. Evaluación quincenal de los riegos anti-polvo

Año 2018	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
Refuerzo riego	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ruido extra	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

A lo largo de 2018 no se han producido incidencias destacables en relación con el polvo, y en lo que respecta a los riegos anti-polvo, la situación ha sido parecida a la de otros años.

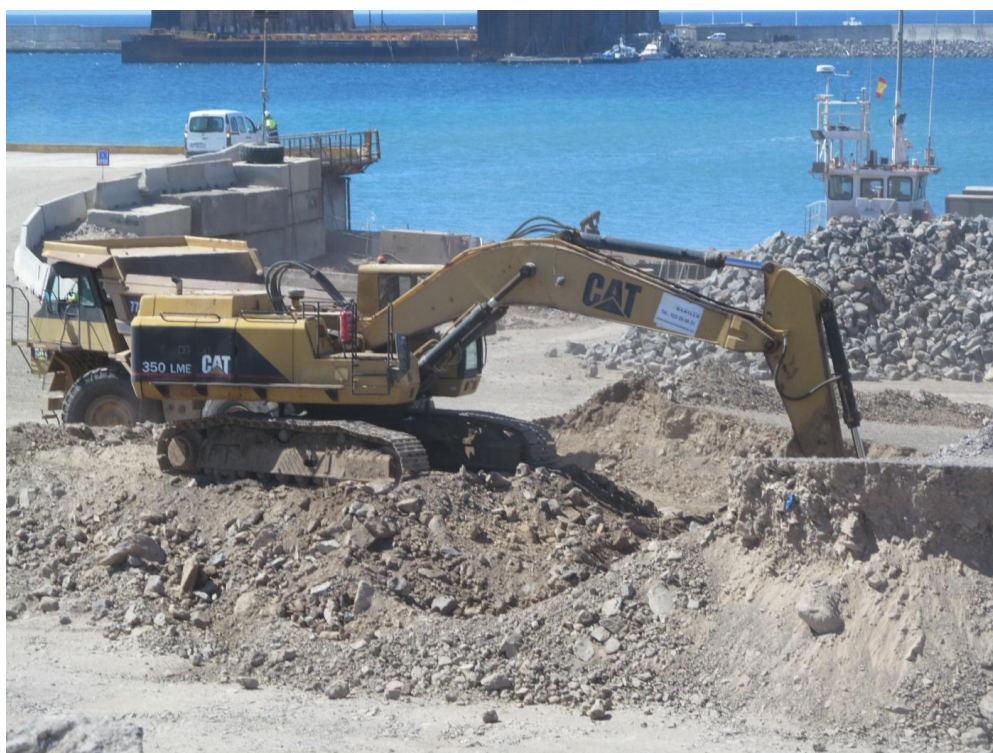


Figura 15. Movimientos de tierra en muelle de ribera (Marzo 2018)



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 (Figura 16).

Los parámetros a medir y los valores de referencia obtenidos del informe de la fase previa (2007 y 2008) del programa de vigilancia ambiental se pueden consultar en la 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 16. 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, en algunas ocasiones.

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 nº 26 de 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 17).
- 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 64% de las veces el nivel basal de 73,51 db medido en 2018. Los niveles diarios superan el 20,63% (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 73,54%) (Tabla 8)

Tabla 8. Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto/quincena) en 2017 y 2018

2018 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	63	13	20,63%	0	0%	0	0%
ER2 – Casetas	63	63	100%	63	100%	62	98,41%
ER4 - Polígono	63	63	100%	58	92%	0	0%
Promedio 1minuto	63	46	73,54%	40	64%	21	33%
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%

Como cabía esperar, el ruido ha decrecido en comparación con la situación previa a las obras (valores medios) en la estación ER4 - Polígono, al haberse reducido los movimientos de maquinaria en la zona. En la estación ER2 – Casetas estos valores medios están por encima de los valores de referencia, para esta diferencia es mínima. La estación ER1 – Rotonda se mantiene en valores muy parecidos a los de referencia.

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 17. Medición del ruido diario en 2018 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones ER

3.2.5 Mitigación lumínica

Para evitar en lo posible el deslumbramiento de aves y en general (Figura 18), la contaminación lumínica, se debe comprobar quincenalmente las disposiciones de la DIA sobre las luminarias a emplear, que son las siguientes:



Figura 18. Luminaria definitiva instalada junto a marca de estribor de bocana (obra de abrigo)

- 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.

Estas condiciones, no obstante, deben adaptarse a las nuevas tecnologías.



Durante 2018 se han instalado todas las nuevas luminarias, que tienen las siguientes características:

En el dique exterior se han instalado dos tipos distintos de luminarias:

74 luminarias Philips Luma 2 modelo BGP625 OFR6 1X100 HB-NW, 100 *LEDs* de potencia total 215W, con marco, carcasa y acoplamiento en aleación de aluminio inyectado a presión, óptica R6, cierre en vidrio templado y con grado de protección IP66IK09.

16 luminarias Philips Luma 1 modelo BGP623 OFR3 1X80 HB-NW, 80 *LEDs* de potencia total 172W, con marco, carcasa y acoplamiento en aleación de aluminio inyectado a presión, óptica R3, cierre en vidrio templado y con grado de protección IP66IK09.

Por otro lado, en el contradique se han instalado también otros dos tipos distintos de luminarias:

28 luminarias Philips Luma 2 modelo BGP625 OFR6 1X120 HB-NW, 120 *LEDs* de potencia total 254W, con marco, carcasa y acoplamiento en aleación de aluminio inyectado a presión, óptica R6, cierre en vidrio templado y con grado de protección IP66IK09.

11 luminarias Philips Luma 1 modelo BGP623 (ver características anteriores en obra de abrigo).

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.

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 2018, 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 2018 se dragaron 17.745 m³ dentro de las obras “Segundo tramo de muelle polivalente del puerto de Granadilla”, rellenándose con ellos los cajones del segundo tramo del muelle de ribera.

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:

- Comprobar los términos de dicho plan (Figura 19) desde al inicio de la explotación del puerto, pudiendo aportar sugerencias.
- 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.
- 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.
- Verificar que los residuos eventualmente recogidos después de un derrame, son trasladados a la refinería de CEPESA 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 están por concluir.

Actualmente no repostan buques en Granadilla y no se ha producido ningún derrame accidental.

2018

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	PIM en trámite	Inexistentes	No procede

Figura 19. Extracto de la página web, medio informativo habitual del OAG, sobre vertidos accidentales



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 (Figura 20).
- 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 (Figura 21).

En 2018 no se dispone de la embarcación de limpieza necesaria. Una vez que se dote el pantalán de la primera alineación de la obra de abrigo con electricidad, agua y combustible, la embarcación del OAG estará disponible para la Autoridad Portuaria antes posibles necesidades de limpieza.

Año 2018

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																					
Sin residuos			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																					
Sin residuos	X	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	54	01	02	03	04	05	06	07
Inspección																					
Gestor autor.																					
Muchos residuos																					
Pocos residuos																					
Sin residuos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									

Figura 20. Extracto de la página web, sobre residuos flotantes y basuras



Figura 21. Playa de El Medio (14 de mayo de 2018)

Los muestreos de basura en la playa colindante se llevaron a cabo en todos los 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 2018. Al ser una playa visitada por campistas y bañistas que no limpia el Ayuntamiento competente, ni ningún otro organismo público, es normal que en épocas estivales haya mayor cantidad de residuos.

La figura 22 representa la cantidad de basura recogida, separada por cuatrimestres, mostrando la figura 23 una representación del tipo más frecuente (bote de plástico).



Tabla 9. Tipos de basuras recogidos en 2018

Tipo de basura	1er cuatrimestre	2º cuatrimestre	3er cuatrimestre	4º cuatrimestre	Total anual
1.- Plástico/poliestireno	4	6	70	37	117
2.- Goma	1	0	3	0	4
3.- Ropa-textil	0	0	6	5	11
4.- Papel/cartón	1	1	86	1	89
5.- Madera	1	0	1	1	3
6.- Metal	0	0	30	11	41
7.- Vidrio	0	0	1	4	5
8.- Cerámica	0	0	8	0	8
9.- Residuos higiénico-sanitarios	0	2	0	7	9
10.- Residuos médicos	0	0	0	0	0
11.- Heces	0	0	5	0	5
12.- Piezas de parafina	0	0	0	0	0

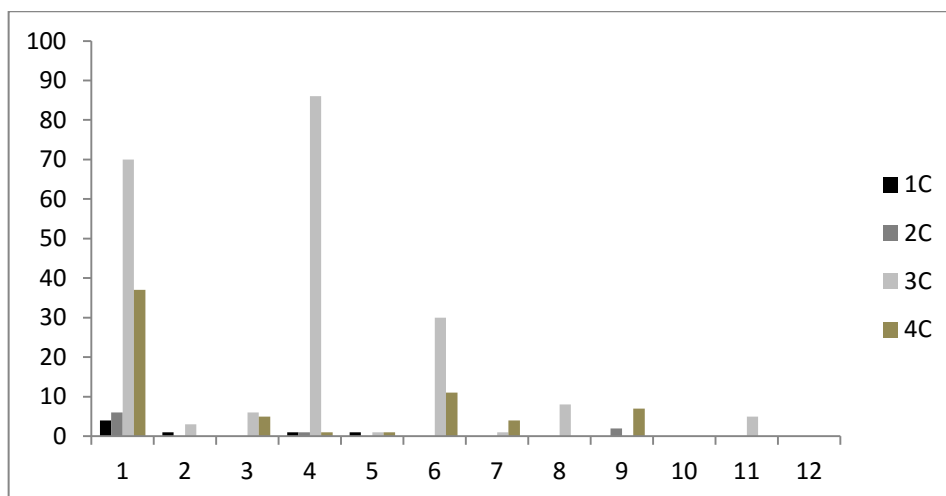


Figura 22. Cantidad (número de unidades) de basuras recogidas en la playa de El Medio en 2018. Gris claro: tercer cuatrimestre; verde oliva: cuarto cuatrimestre. Tipos de basuras: plástico/poliestireno (1), goma (2), ropa-textil (3), papel/cartón (4), madera (5), metal (6), vidrio (7), cerámica (8), residuos higiénico-sanitarios (9), residuos médicos (10), heces (11) y piezas de parafina o cera (12)



Figura 23. Ejemplo de basura encontrada en la visita del segundo trimestre

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 (Figura 24) 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 2018 no se observó ningún pescador deportivo dentro de las instalaciones.



Figura 24. Cartel indicador de prohibición de baño y pesca en obra de abrigo



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 cesó a partir de octubre 2017.

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 2018 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. 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 2018 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 hizo en noviembre de 2017.
- Por razones de operatividad del puerto los acopios de callaos fueron trasladados al polígono industrial de Granadilla (Figura 25). El OAG comprueba regularmente que están en su sitio y que no han sido trasladados ni usados para otro fin.



Figura 25. 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

3.3.4 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.

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 los primeros años 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, una vez concluido el dique exterior, es 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 (Figura 26). 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 26. 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 la dinámica litoral de las arenas.

Los resultados obtenidos (ver el estudio completo en el Anexo 5.1 del informe anual de 2017.OAG_PVA.Gr_9/2018) muestran un flujo heterogéneo a lo largo de la franja de transporte (Figura 27). 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 2018, se calcula tanto los flujos por separado de la anualidad 2018 como del acumulado del 2017 y 2018. En la siguiente tabla (Tabla 10) se obtiene a modo de resumen los datos obtenidos en los tres casos.

Tabla 10. Datos obtenidos con cálculos para la anualidad 2017, 2018 y el acumulado (2017+2018)

Anualidad	Flujo anual en toda la franja (Tm/m ³)	Flujo anual que se dirige a Tejita (82,4%) (Tm/m ³)	Tasa de transporte horario (gr/m/h)	Índice intensidad
2017	5.594/3.901	4.710/3.284	735	4
2018	1.533/1.069	1.290/890	201	6
Acumulado (2017+2018)	3.716/2.592	3.129/2.182	489	0,1

El flujo anual en el 2018 de arena en toda la franja se ha estimado en 1.533 Tm o 1.069 m³, de los cuales, el 84,2% (1290 Tm o 890 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 201 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). Si comparamos los datos del 2017 y 2018 se observan datos fluctuantes por lo que es necesario continuar con los muestreos para poder conseguir estabilidad. Se seguirán tomando pesadas de arenas de las trampas para poder obtener datos con mayor fiabilidad.



Figura 27. 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 (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.

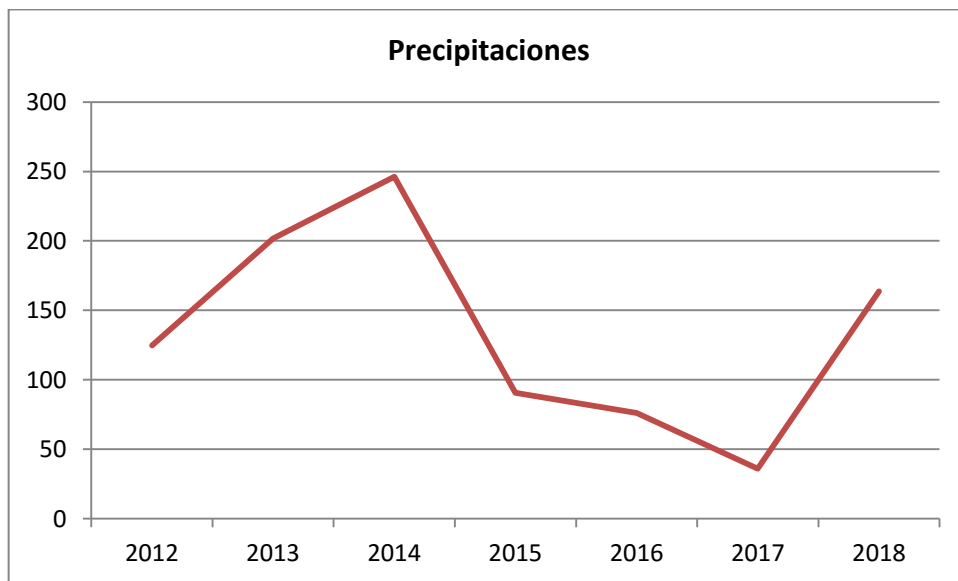


Figura 28. Precipitaciones en la estación meteorológica del OAG en Granadilla (mm)

Durante 2018 ha habido un total de 164 litros/m² de precipitación (Figura 28). Ha llovido solamente en 25 ocasiones (Tabla 10), destacando la tormenta de sur del 25 de febrero de 2018, caracterizada por fuertes vientos y lluvias. Se obtuvieron datos en el aeropuerto Reina Sofía de 55 litros/m² y de 30 litros/m² en la estación meteorológica de tierra del OAG, situada en el puerto.

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.

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, como se ha comentado, 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 29).

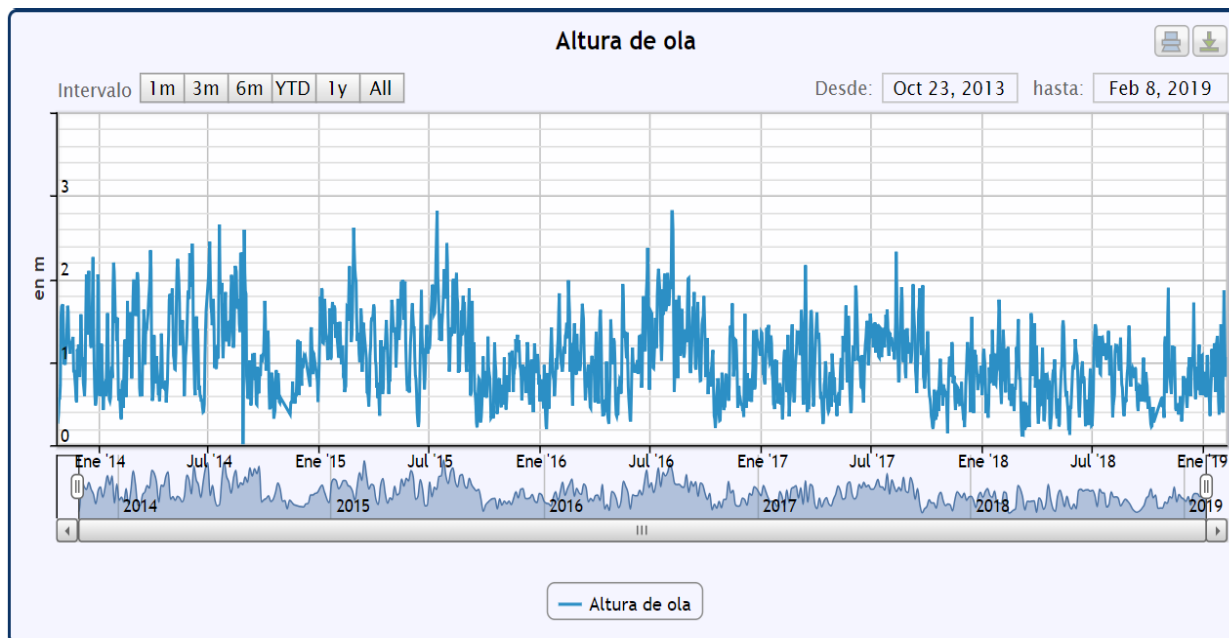


Figura 29. Valores extrapolados para Granadilla (Puertos del Estado). Arriba: altura de la ola. Abajo: dirección media del origen del oleaje



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 se encuentran en torno a 40 cm/s, aunque lo habitual en las zonas intermedias son velocidades de entre 10-25 cm/s.

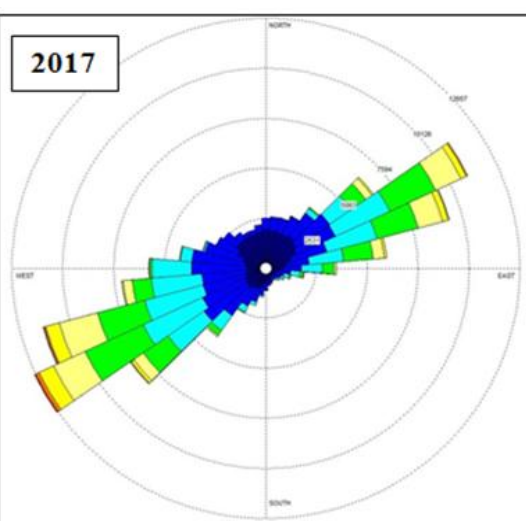
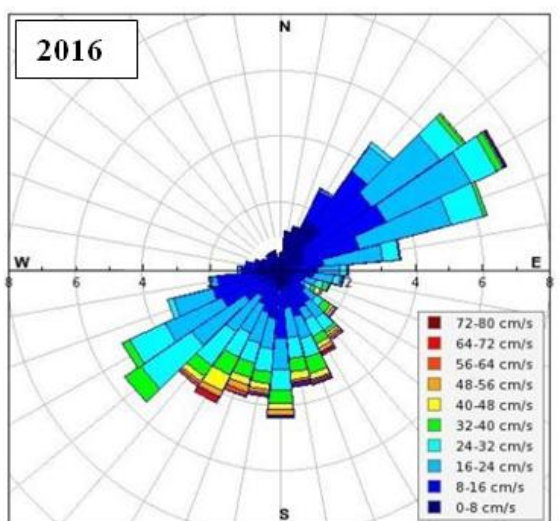
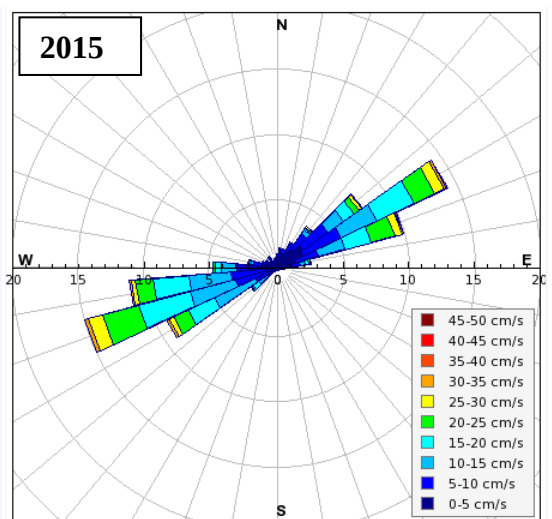
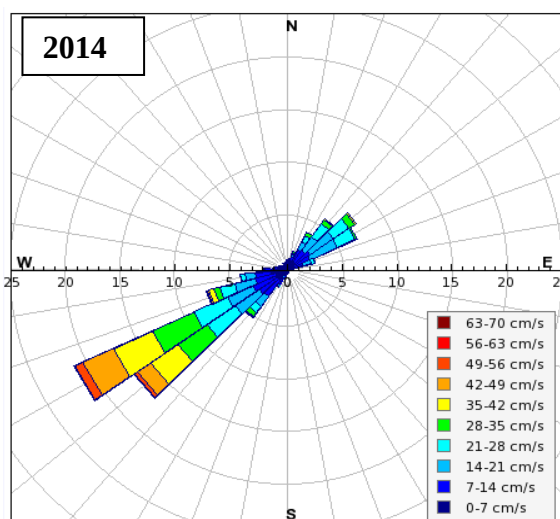
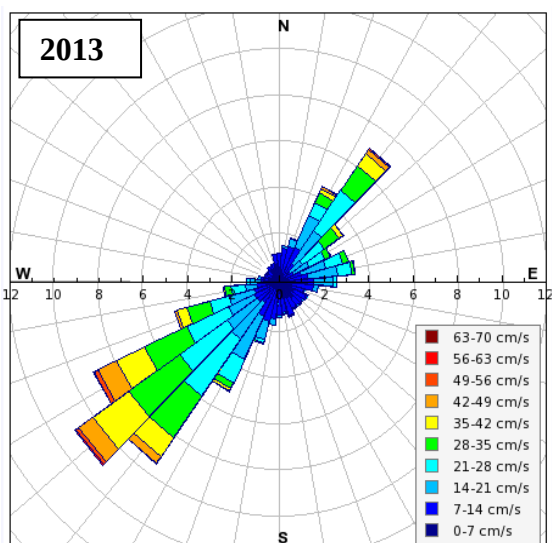
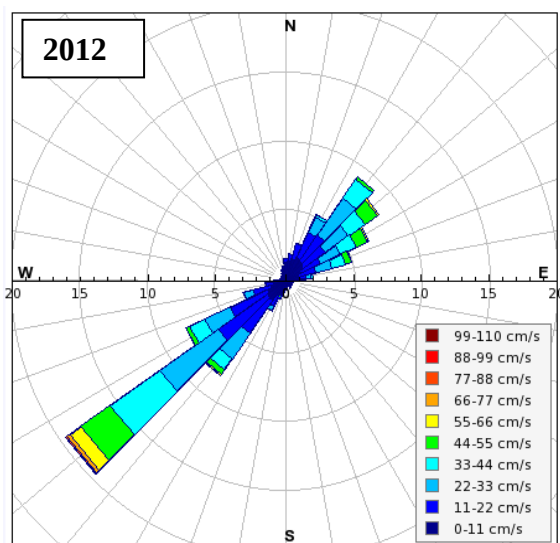
Las corrientes de marea discurren hacia el NE en llenante, y hacia el SW en vaciante, quedando una corriente residual hacia el SW por influencia de la Corriente de Canarias, que es responsable del transporte neto de partículas que se produce en sentido NE > SW. Dicho flujo de partículas quedó interrumpido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

En la página *web* del OAG se muestran los datos de la corriente obtenidos en con la boya oceanográfica-meteorológica instalada frente a Montaña Pelada y próxima al límite norte de la ZEC Sebadales del Sur de Tenerife. A partir de finales de febrero de 2018 hemos adoptado un sistema de envío de datos de la boya a tiempo real por lo que se han minimizado los errores de comunicación que teníamos en años anteriores. Se han obtenido datos desde febrero hasta final de año.

Por otra parte, al haber finalizado las obras de abrigo, se han realizado estudios complementarios para conocer con mayor precisión el comportamiento real de las corrientes a sotavento. Desde septiembre de 2017 se obtienen datos en continuo con el perfilador ADP fondeado en la estación TGr18 (Jaquita) (ver Anexo 5.1)

Durante este año 2018 no se ha realizado suelta de boyas de deriva con geolocalizadores. Se espera reanudar la suelta junto con la prueba del vertido de arena en el punto final determinado por la Autoridad Portuaria para los aportes periódicos, si éstos fueran necesarios.

En enero de 2017 se encargó al IH Cantabria 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 (Apartado 3.6). 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.



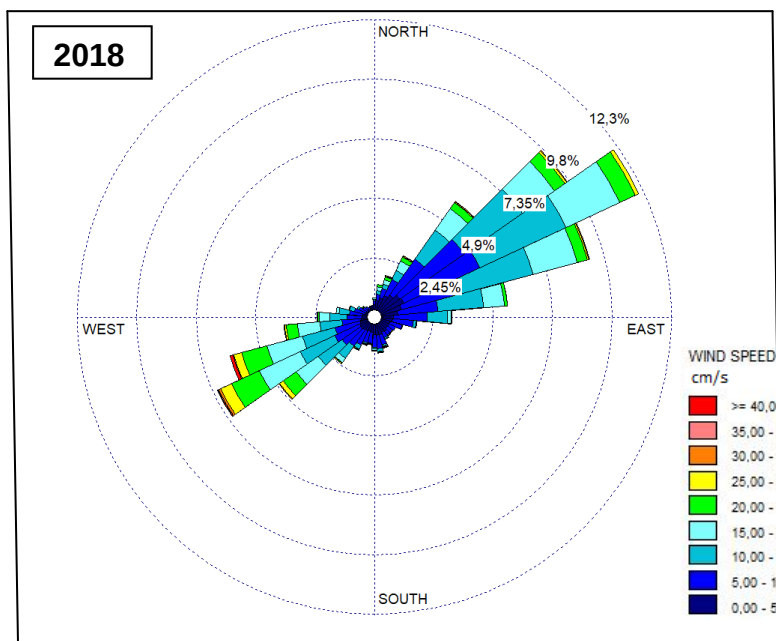


Figura 30. Rosas anuales de corrientes en la boya de Granadilla (2012-2018)

La rosa de corrientes anual de 2014 (Figura 30), 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 30).

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 11).

En 2018 se observa una tendencia opuesta a la que se venía teniendo, es decir predominancia de las direcciones NE. La velocidad media anual ponderada de la corriente en llenante fue 9,82 cm/s, y en vaciante 11,18 cm/s, con picos máximos en llenante de 125,12 cm/s hacia el E y en vaciante de 168,56 cm/s hacia el SW (Tabla 11). Las velocidades medias obtenidas continúan siendo similares a las obtenidas en años anteriores, sin embargo las velocidades picos son bastante más elevadas. Esto puede ser debido a que tanto para el año 2017 como para el 2016

los días muestreados fueron inferiores a los del 2018 (315 días para 2018, 120 días para 2017 y 139 días para 2016). Así mismo, tanto en 2017 como en 2016 el periodo estival que es cuando predominan los vientos alisios que mueven las masa de agua superficiales de NE-SW no fueron muestreados, por lo que dichos picos que se producen en esta estación no fueron detectados.

Habrà que esperar al año 2019 para poder tomar conclusiones más fiables y valorar en qué medida la finalización de la construcción del muelle en diciembre de 2016 ha afectado a la dinámica de corrientes en la posición donde está ubicada la boya del OAG.

Tabla 11. Media de la velocidad de la corriente según cuadrante y la residual ponderada, medida en la boya de Granadilla en 2016 (tabla inferior), 2017 (tabla media) y 2018 (tabla superior)

Dirección		Cuadrante	Frecuencia	Velocidad media	Media 2018
Llenante	N	337,5° a 22,5°	4,4%	6,60 cm/s	9,82 cm/s 60,3%
	NE	22,5° a 67,5°	33,93%	11,09 cm/s	
	E	67,5° a 112,5°	17,45%	9,47 cm/s	
	SE	112,5° a 157,5°	4,57%	4,75 cm/s	
Vaciente	S	157,5° a 202,5°	5,99%	6,01 cm/s	11,18 cm/s 39,7%
	SW	202,5° a 247,5°	18,31%	13,32 cm/s	
	W	247,5° a 292,5°	12,59%	11,97 cm/s	
	NW	292,5° a 337,5°	2,80%	4,67 cm/s	
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	
Vaciente	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	
Vaciente	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 12. Evolución de la corriente residual en la boya de Granadilla

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Velocidad de la corriente en cm/s	3,37	2,08	5,72	11,03	1,89	7,81	1,29	0,92
Rumbo de la corriente	328,1	233,93	225	240,94	286,56	196,05	280,20	287,04
Velocidad cm/s con rumbo 270°	2,52	2,05	5,72	10,60	0,90	6,84	0,74	0,35
Desplazamiento diario hacia SW (m)	2.169	1.771	4.942	9.530	778	5.909	639,36	305,66
Días muestreados del año*	232	270	201	240	364	139	120	315

*=La diferencia de días muestreados es debido a problemas de distinta índole con el correntímetro o labores de mantenimiento del mismo.

La evolución anual de la corriente residual absoluta –es decir, la resultante después de conjugar todas las direcciones, su frecuencia e intensidad– es de 0,92 cm/s, y proyectada sobre el eje NE-SW que es el paralelo a la costa, resulta de 0,35 cm/s; se trata de valores más bajos que durante los años anteriores (Tabla 12).

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 (Figura 31). A parte de las sueltas realizadas en el 2017 comentadas en el informe anual del año pasado (Figura 32), el día 10/10/2017 se realiza una suelta en marea vaciante, de manera lineal desde la punta de Cueva del Trigo hacia mar adentro. Para completar la información de dicha suelta falta realizar otra suelta con marea llenante. En el 2018 no pudo realizarse por motivos climatológicos y de logística. Por lo tanto queda pendiente esta suelta de boyas de deriva.

Las boyas de deriva costera usadas son 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 boya –que lleva una bolsa-faldón colgada a hace de vela sumergida– es desplazada por la superficie del mar por acción de la corriente y envía, con la periodicidad que elija el usuario, posición y tiempo.



Figura 31. Aspecto de la boya de deriva

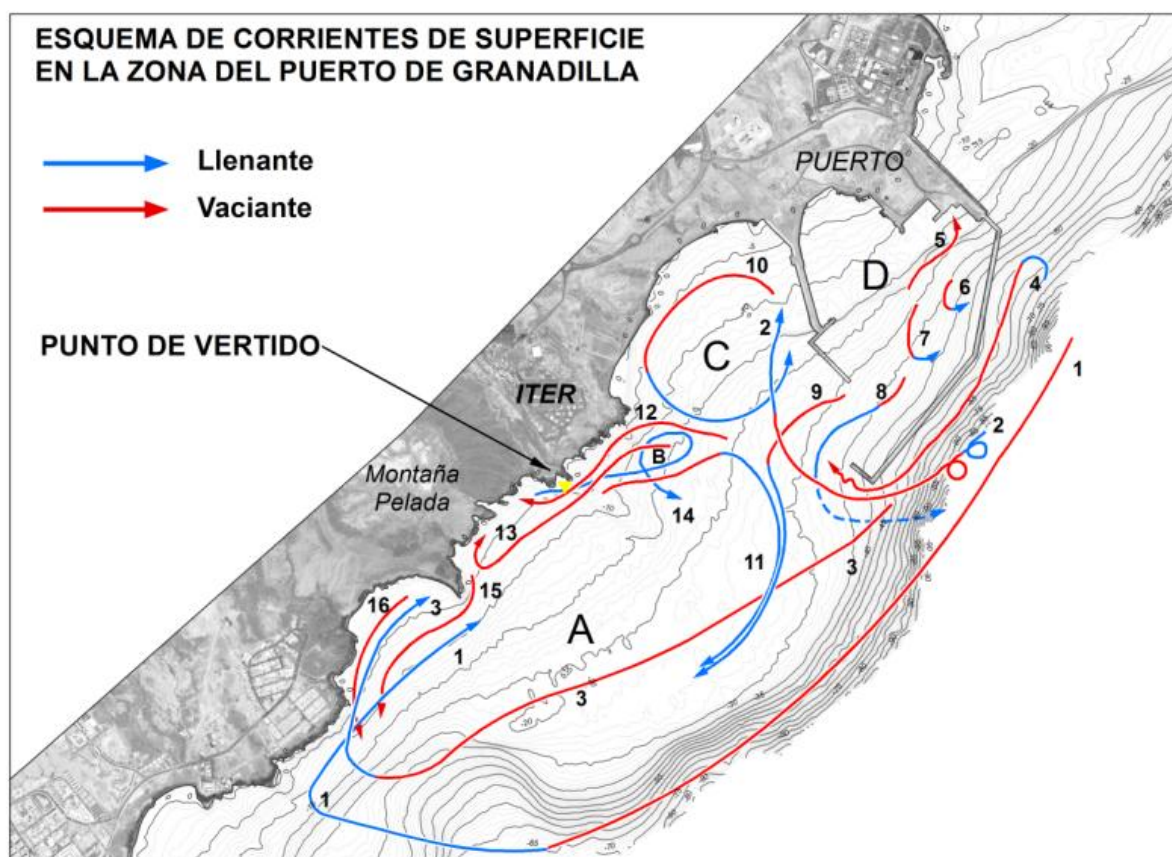


Figura 32. Esquema provisional de las corrientes locales en vaciante (rojo) y llenante (azul) , según sueltas realizadas 18 y 20 de Abril y 17 y 19 de Junio de 2017



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 de forma simultánea (Figura 33).

En primera instancia, en el 2017, 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 encargados de dirigir las maniobras de entrada y salida de embarcaciones. Se mantuvieron activos durante 51 días durante el verano de 2017.



Figura 33. Perfilador SonTex ADP 500 Khz fondeado

Desde el 13 de septiembre de 2017 lleva fondeado un perfilador ADP en la estación TGr18 (18 m) para obtener una serie temporal que permita determinar con exactitud las corrientes en distintas fases de marea y determinar 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 apreciaba en la boya. Este perfilador continúa fondeado y se vira aproximadamente dos veces al año para descargar los datos y cambiar las baterías. A fecha de septiembre de 2018 se ha virado el perfilador dos veces, una el 31/01/18 y otra el 02/08/18. En este informe reflejaremos los datos correspondientes a este periodo, es decir, del 13/09/17 al 02/08/18. (Ver Anexo 5.1)

A modo de resumen podemos destacar (Figura 34 y Tabla 13):

- En general, en toda la columna de agua (celdas muestreadas) se observan velocidades de corrientes ligeramente superiores para el primer periodo respecto al segundo. En todas las celdas el incremento es del orden de 2-3 cm/s. También se observaron estos incrementos en las velocidades máximas obtenidas. Incremento del orden de 10-17 cm/s en todas las celdas del virado 1 respecto al virado 2. Será necesario una serie temporal más grande para poder explicar estas diferencias.
- A pesar de lo descrito en puntos anteriores se puede concluir cierta homogeneidad en los dos periodos. Si realizamos el análisis en conjunto de toda la serie temporal se observa que las resultantes finales coinciden, predominando las direcciones SW y WSW. Las componentes de dirección predominantes son similares, por lo que debemos de tomar como referencia principal el caso con mayor tamaño muestral que corresponde con los datos de los dos virados unificados.
- Ya centrados en los datos unificados, obtenemos que la dirección predominante en las 3 capas estudiadas es la SW, seguida de la dirección NE. Ambas direcciones en igual proporción en toda las capas. Datos a prever debido a las corrientes de marea predominantes.
- Las velocidades más frecuentes en las tres capas continúan siendo las comprendidas entre 8-16 cm/s, aunque en una proporción muy similar a las comprendidas entre 0-8 cm/s. Para la celda superficial (c13), el 67% de los casos están concentrados en las velocidades 0-24 cm/s, así mismo para la celda intermedia (c6) un 72 % estaría en este rango y para la celda profunda (c1) el 79%.
- Las velocidades máximas obtenidas en las distintas capas fueron: capa superficial (74,4 cm/s), capa intermedia (73,6 cm/s) y en capa profunda (66,8 cm/s).
- Las velocidades medias observadas en la estación varían entre 15,45 cm/s en el fondo y 19,12 cm/s en superficie.

Tabla 13. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en TGr_18 (Jaquita)

Nivel de medición	Prof.	TGr-18 (Jaquita)	
		Dirección	Velocidad (cm/s)
Celda superficial	1-2 m	SW (32%), NE (22%) y WSW (18%)	0-8 (23%), 8-16 (24%), 16-24 (20%), 24-32 (16%), 32-40 (10%), 40-48 (5%) y >48 (3%)
Celda intermedia	7-8 m	SW (34%), NE (21%) y WSW (16%)	0-8 (25%), 8-16 (25%), 16-24 (22%), 24-32 (14%), 32-40 (8%), 40-48 (4%) y >48 (2%)
Celda de fondo	13-14m	SW (36%), NE (16%) y ENE (15%)	0-8 (28%), 8-16 (31%), 16-24 (21%), 24-32 (11%), 32-40 (6%), 40-48 (2%) y >48 (0%)

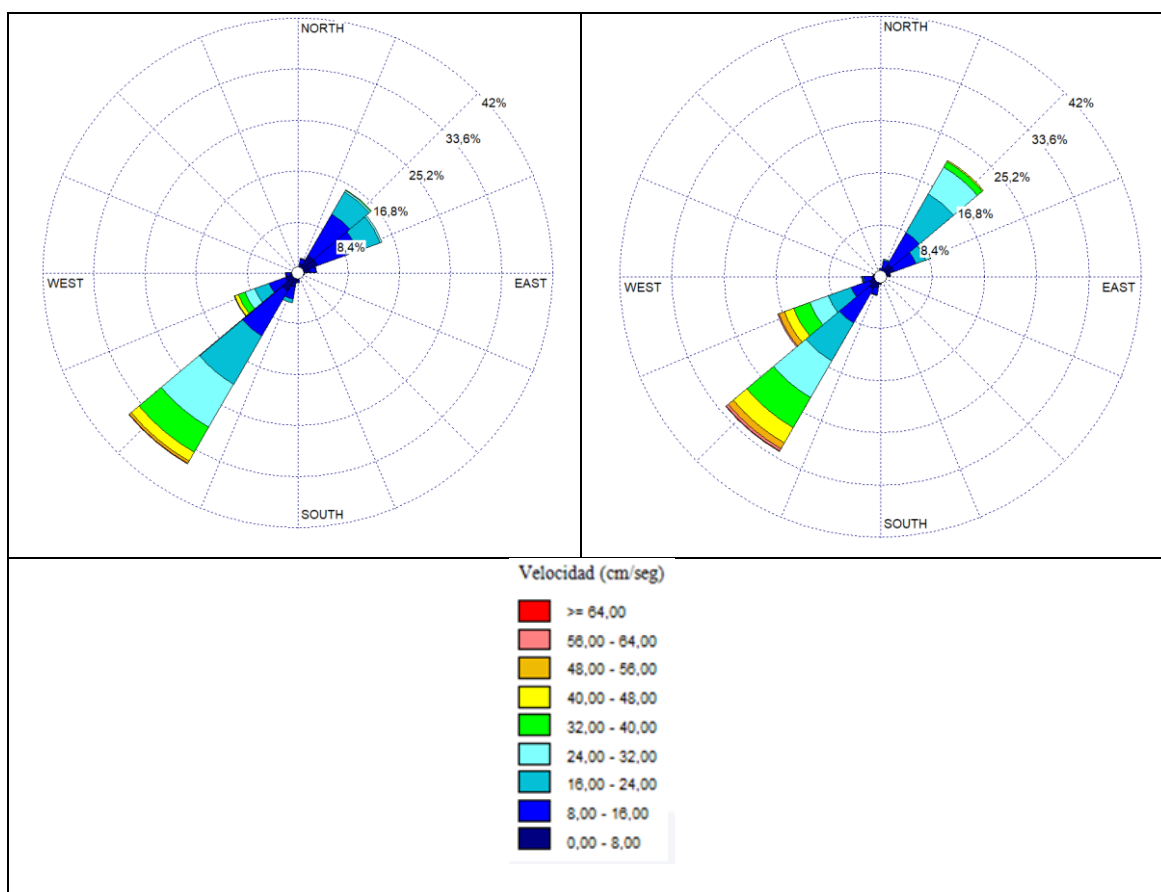


Figura 34. Rosa de dirección e intensidad de la corriente en el fondo (izquierda) y en superficie (derecha)

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 35). 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 2018 ha aumentado ligeramente respecto a los años previos, en los que venía siguiéndose una tendencia de disminución. Se han alcanzado valores incluso superiores al promedio (Figura 36).
- La tasa de sedimentación media en el primer cuatrimestre es 62,7 gr/m²/día, en el segundo 37,2 gr/m²/día y en el tercero 92,7 gr/m²/día.
- 2015 sigue siendo el año de mayores registros y desde entonces los valores anuales iban descendiendo, hasta llegar a este año dónde de nuevo, hay picos importantes.

- La tasa promedio anual de sedimentación todas las estaciones en 2018 es de 64,2 gr/m²/día, casi el doble que la obtenida en 2017 (34,2 gr/m²/día).
- El valor medio máximo del año se registró en la estación TGr08 Lajón (137 gr/m²/día), al norte del puerto, y el menor en la TGr22 Charcón (-1 gr/m²/día), en La Tejita.
- Parece que los valores altos registrados en las estaciones TGr08 Lajón y TGr05 Tarajales (82 gr/m²/día) son los que están haciendo que el valor medio de este año sea tan superior al año 2017.

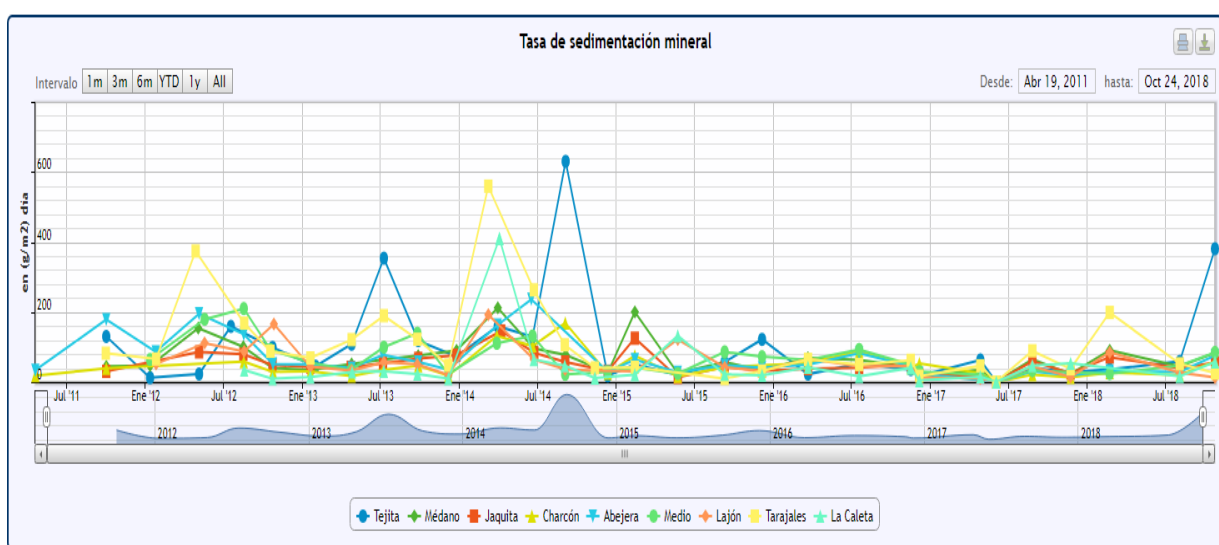


Figura 35. Evolución temporal de la tasa de sedimentación mineral en la costa de Granadilla (2011-2018)

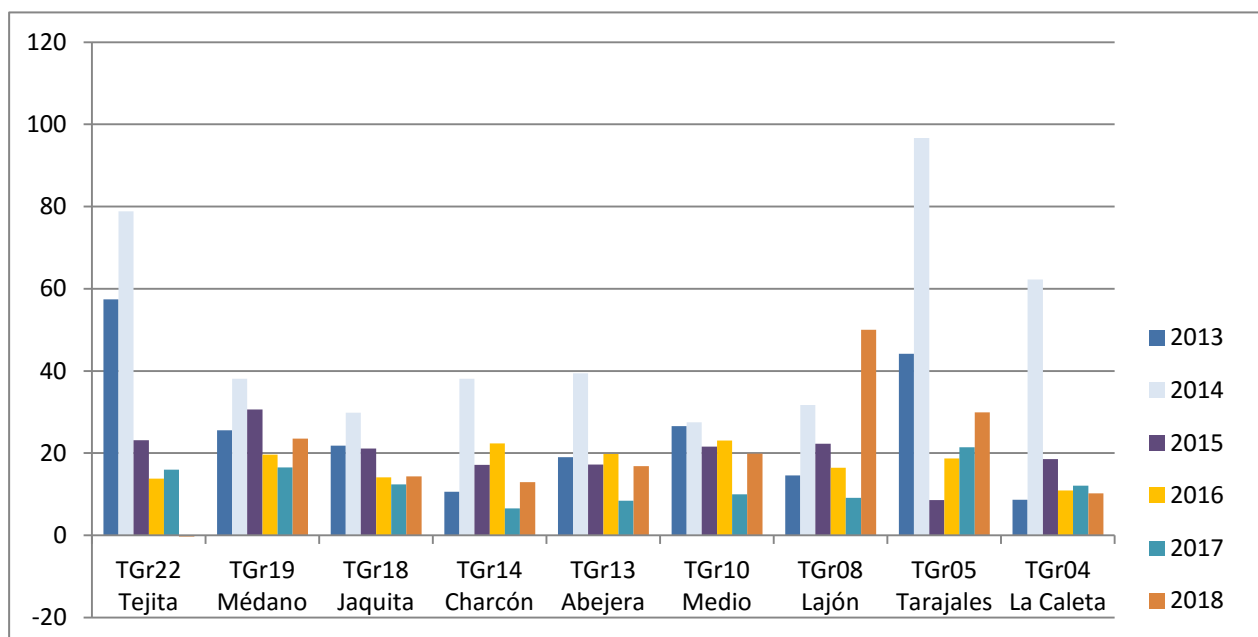


Figura 36. Variación espacial de la sedimentación anual (kg/m²) de material mineral en la costa de Granadilla a lo largo del periodo de 2013 a 2018



El promedio de la proporción de materiales volátiles de todas las estaciones muestreadas suele ser bastante constante y fluctúa entre el 3 y el 6% (Figura 37). En 2018 los promedios de los tres cuatrimestres se encuentran dentro de ese rango. Únicamente cabe destacar como valores superiores a la media, los promedios obtenidos de 7,2% (TGr19-primer cuatrimestre), 7,3 % (TGr10-primer cuatrimestre) y de 10,1 % (TGr04-tercer cuatrimestre). 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%.

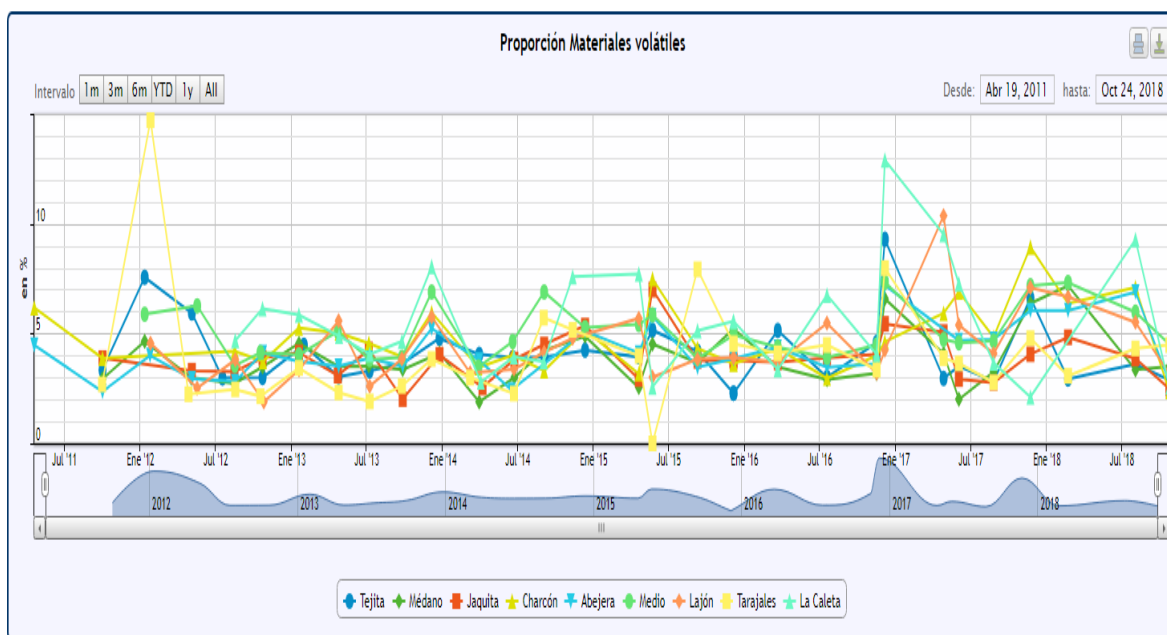


Figura 37. Evolución del contenido en materiales volátiles en el sedimento capturado (2013-2018)

3.4.6 Balance sedimentario

Se han fijado diez estaciones para el seguimiento de la acumulación o pérdida de arena mediante estacas decimetradas. 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 (Figura 38).

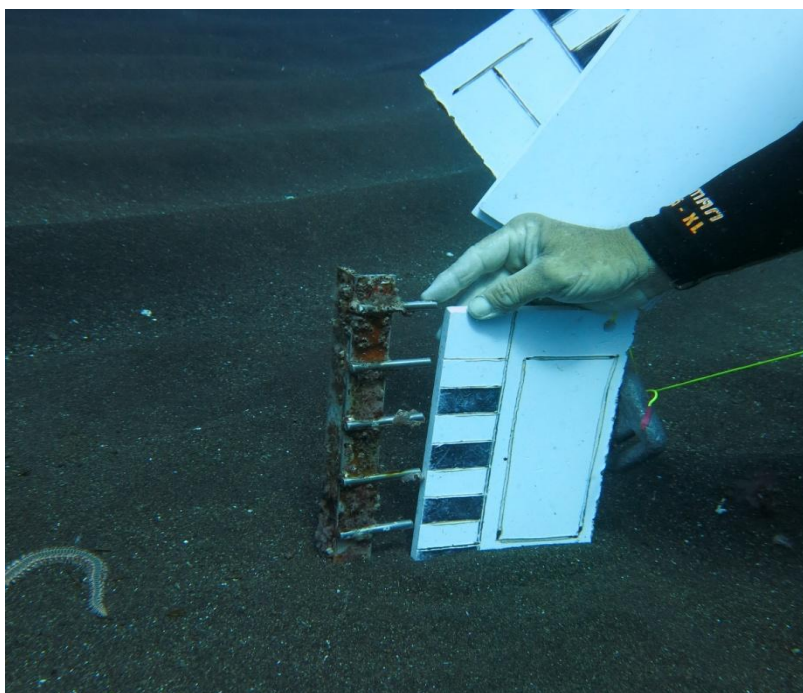


Figura 38. Estaca pentametrada y pizarra indicadora del número de estaca para la toma de foto

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 Tabla 14 se aprecia este comportamiento irregular. La línea negra separa las estaciones situadas al norte del puerto (arriba) de las que están al sur (abajo). Parece haber una tendencia general de ganancia de arena en las estaciones situadas al norte a diferencia de la predominancia de estacas con pérdida de arena que se aprecian al sur.

Tabla 14. Variación de las estacas por colores: verde = sedimentación, rojo = erosión, amarillo = estable

	0	1	2	3	4
TGr32	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo
TGr05	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Rojo
TGr08	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde
TGr33	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
TGr34	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo
TGr13	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo
TGr37	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde
TGr38	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Amarillo
TGr20	Rojo	Amarillo	Amarillo	Verde	Rojo
TGr22	Verde	Rojo	Rojo	Amarillo	Rojo



La Figura 39 muestra la ubicación de las estaciones sobre el modelo de predicción elaborado por IH Cantabria (2010). Las estacas se revisan cada seis meses, aproximadamente. En general, la predicción se ha ajustado a la dinámica marina medida en la zona durante los años de estudio.

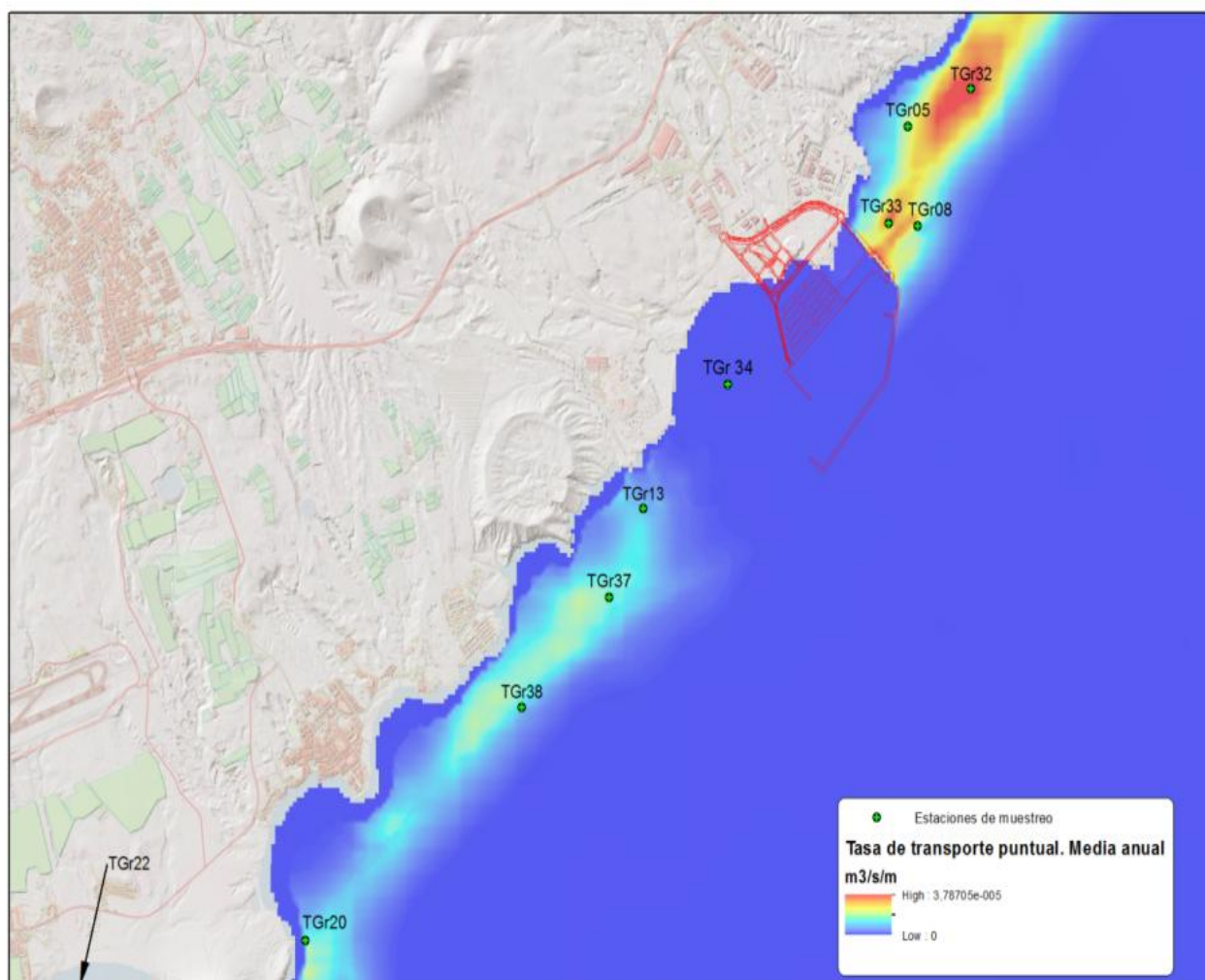
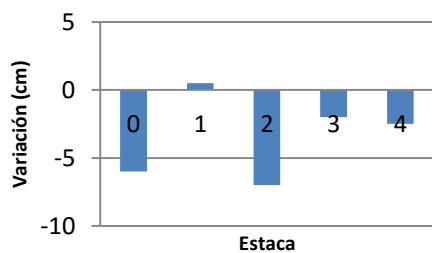


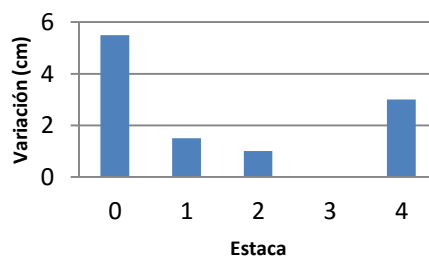
Figura 39. Estaciones con estacas graduadas para el seguimiento de variaciones del fondo. Acumulaciones (azul) y pérdidas de sedimento (rojo) previstas según la diferencia media anual de la tasa de transporte ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$) (IH Cantabria, 2011)

La Figura 40 muestra la variación total de cada estaca, en cada una de las estaciones de muestreo.

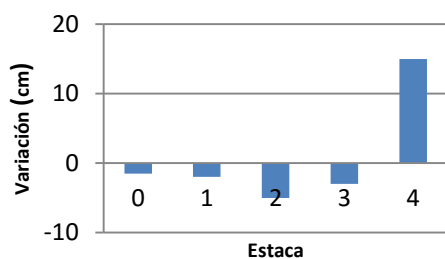
TGr34 Galletita (13 m)



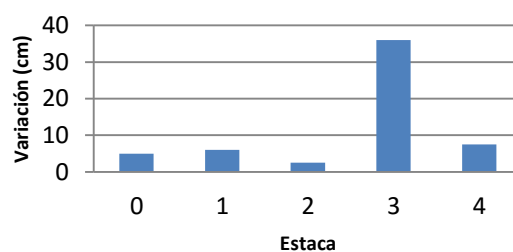
TGr05 Tarajales (12 m)



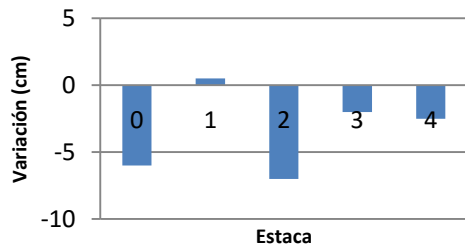
TGr08 Lajón (13 m)



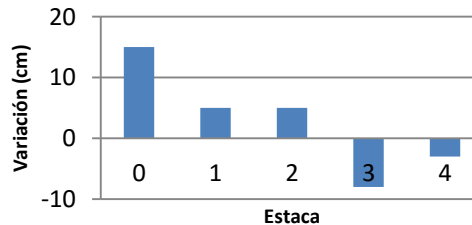
TGr33 Emisario (12 m)



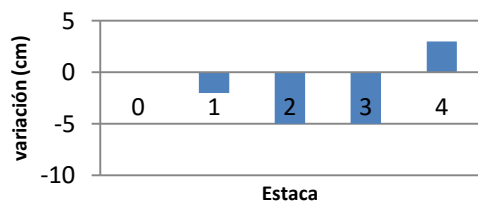
TGr34 Galletita (13 m)



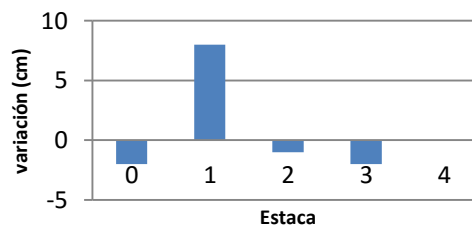
TGr13 Abejera (11 m)



TGr37 Ensanchada (18 m)



TGr38 Barca (18 m)



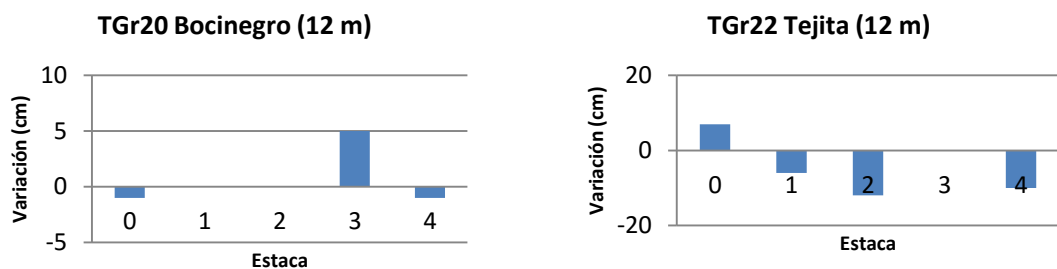
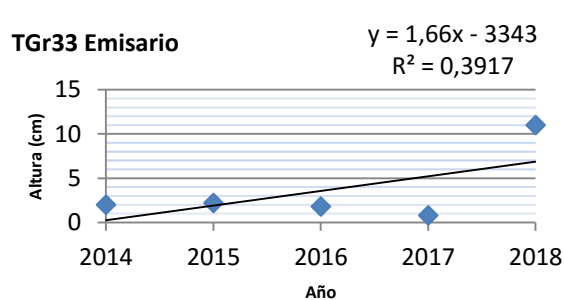
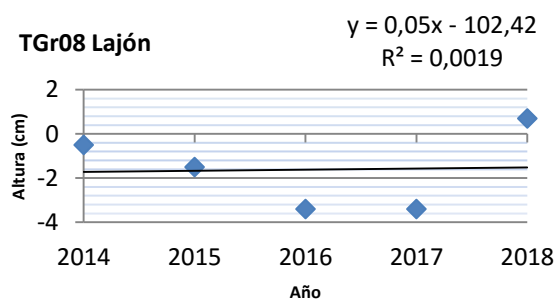
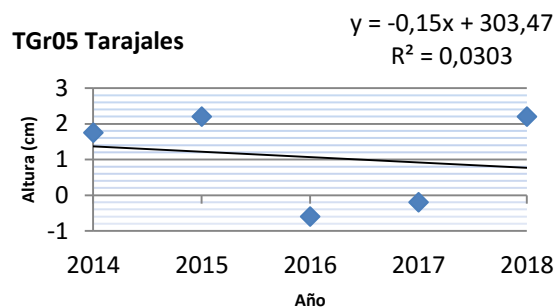
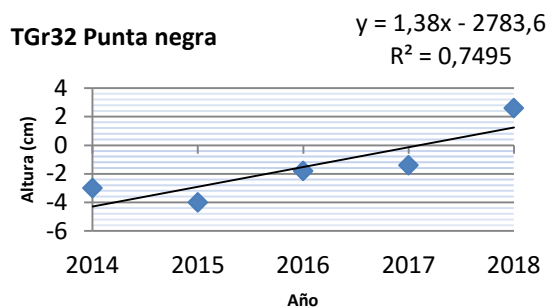


Figura 40. Gráficos de variación media total por estacas

Se muestra la tendencia que sigue cada una de las estaciones en la Figura 41, teniendo en cuenta que se dispone de datos desde 2012 (en el mejor de los casos), con un total de 6 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.



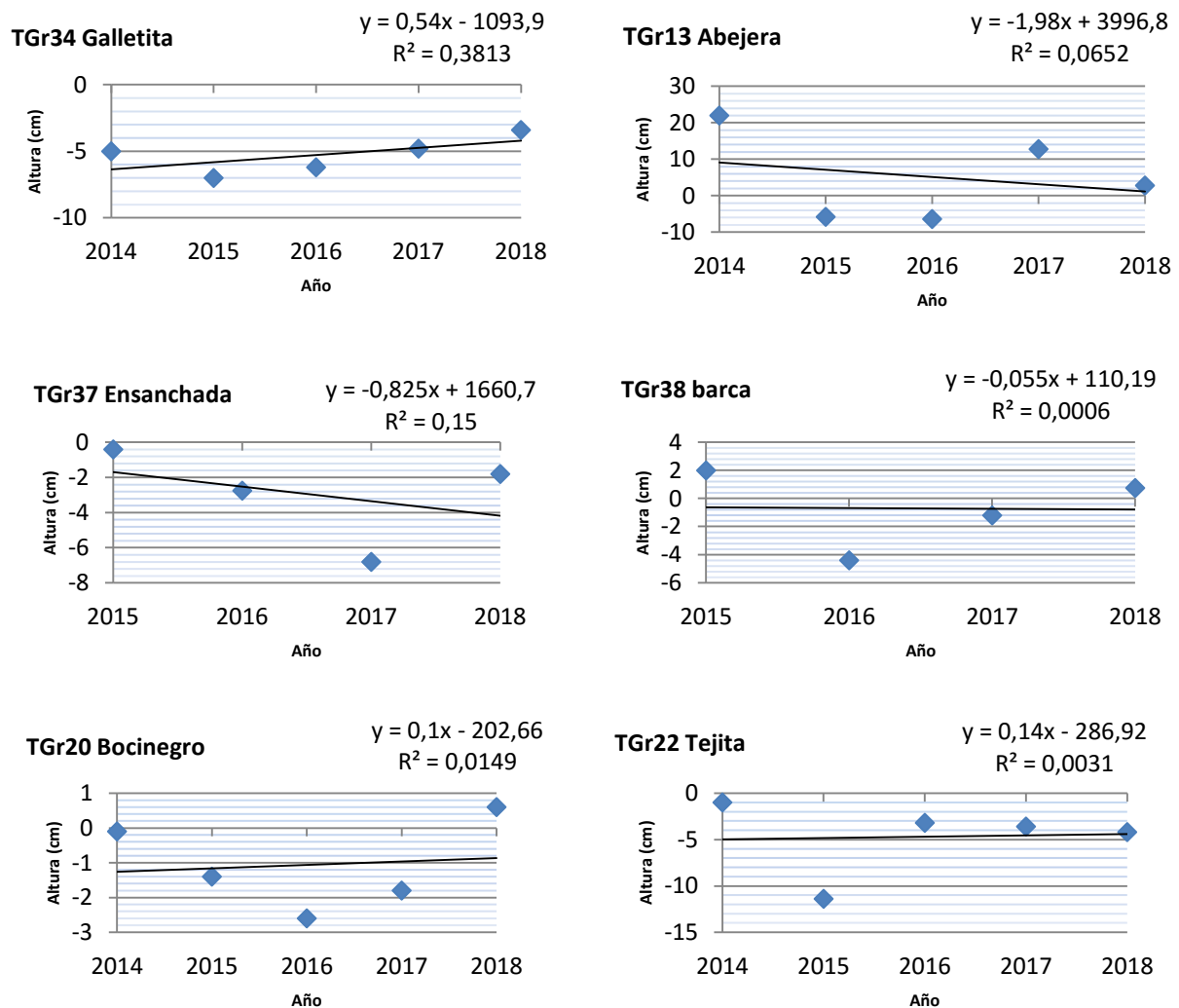


Figura 41. Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación

Se muestran las tendencias en todas las estaciones, aunque no sean representativas en algunas de ellas (valor de R no idóneo). En general las variaciones siguen siendo de muy pocos centímetros, y se observa como estaciones que un año pierden arena, al año siguiente la recuperan, y viceversa. Se trata de un sistema muy dinámico.

En la Figura 42 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, siendo la TGr33 la que más arena ha ganado (11 cm) y la TGr22 la que más ha perdido (-4 cm). Durante los años anteriores, el patrón anual era siempre muy parecido al patrón general, sin embargo, este año se observa una ganancia de arena en todas las estaciones, haciendo que la pérdida que estaban experimentando algunas, se vea



ralentizada. En general, parece que las estaciones al norte del puerto están ganando arena mientras que en las del sur se pierde, con la excepción de la TGr13.

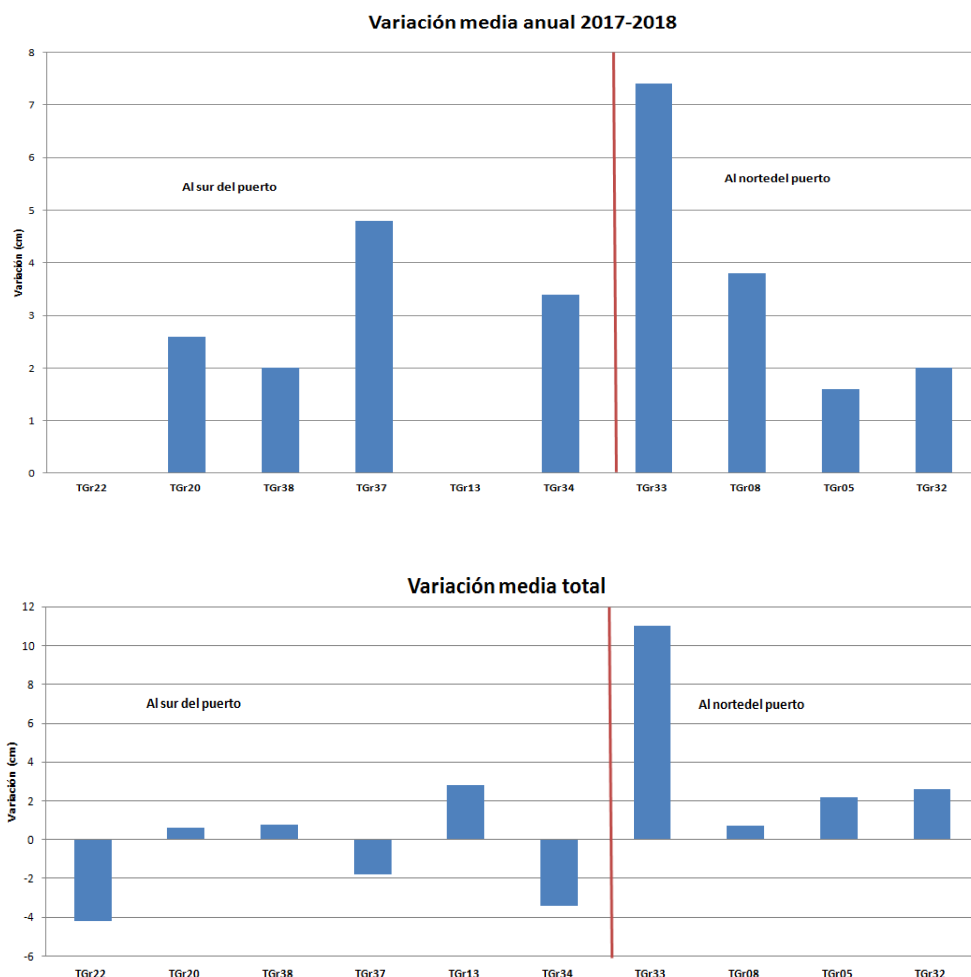


Figura 42. Variación media de las estacas en cada estación entre 2017 y 2018 (arriba) y desde que se instalaron hasta la actualidad (abajo). La flecha roja representa la posición del puerto con respecto a las estaciones

3.4.7 Basculamiento de las playas

El PVA de Granadilla presta atención al seguimiento del cambio de línea de las playas aguas abajo del puerto (cuyo basculamiento estaba previsto). El OAG analiza desde julio de 2011 (antes de las obras) el canal pancromático (resolución de 50 cm) de las imágenes de satélite *WorldView* (II y III). La frecuencia de obtención de las tomas satelitales ha ido cambiando conforme las obras en la infraestructura se han reducido, y en estos momentos se intenta programar la adquisición de la escena en condiciones atmosféricas y marinas lo más cercanas a lo ideal, dos veces al año. Esta restricción, junto con la necesidad de licitación del suministro, ha provocado que en 2018 solo se cuente con una toma válida.

La metodología para la obtención de esas líneas representativas de la forma y orientación de las playas consiste en el dibujo sobre la imagen digital manteniendo el trazo en la zona media de la espuma en las crestas de las olas que rompen, tratando de imaginar un frente común para todas las olas que en un momento dado estén en el máximo de encrespamiento antes de romper. No deja de ser un análisis subjetivo y sujeto a los efectos de la marea y el estado de la mar. El fondo de cada playa, con su pendiente, también modifica el comportamiento de los trenes de olas y dificulta el trabajo en los casos de pendientes muy bajas, como son los casos de El Médano y La Pelada. No obstante, para minimizar la variabilidad inter-observador, el trabajo lo realiza la misma persona con un criterio personal y fijo.

Para analizar el basculamiento de la línea de playa hay que tener en consideración el efecto de la marea en las mediciones. En el Anexo 5.2 se incluyen los datos de nivel de marea que corresponden al momento en que fue tomada cada imagen por el satélite junto con el desnivel particular de la playa. Al comparar, por ejemplo, imágenes de la playa de Los Tarajales, no afectada por la obra y con una diferencia de mareas de 1'0 m, tomadas con marea alta (02-12-2016, 1'77 m) y marea baja (21-4-2018, 0'77 m), en similares condiciones de mar, se aprecia un retroceso de las aguas en la playa de 10 m perpendiculares a su eje en la zona media (véanse las figuras 43 y 44).



Figura 43



Figura 44

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, a 31 de julio 2011) y que corresponde a una marea de +1,96 m.



Para el presente informe se escogieron las imágenes del 21 de abril de 2018, con una marea de 0'77 m (Tabla 15), lejos de la cota de referencia. En el caso de la playa de La Caleta, que registra una variación de -3'53 (retranqueo), si hacemos la corrección a partir de la pendiente del fondo de la playa para simular una marea de 1'96 m, que es la presente en julio de 2011, podemos estimar que la línea de playa estaría en -12'06 m, lo que indicaría en esta playa que existe una recuperación en este extremo Sur respecto al año pasado.

Tabla 15. 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 en febrero 2013, septiembre 2014, julio 2015, agosto 2016, noviembre 2017 y abril 2018

Nombre de la playa	Variación por metro de marea	Extremo Sur (metros)						Extremo Norte (metros)					
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Los Tarajales	18,9 m	+5	+3	+11	-4,56	7	14	+1	+0	8	-4,56	8	14,22
La Caleta	7,9 m	-20	-13	-16	-18,73	-20	-3,53	+11	+17	+20	+17,7	23	26,6
El Medio	7,3 m	-11	-17	-21	-14,0	-10	-6,96	+23	+44	+52	+49,5 3	62	67,7
Punta del Vidrio	7,3 m	-15	-36	-54	-63,42	-69	-66,6	+20	+51	+57	+53,7 2	59	66,65
La Pelada	29,3 m	+9	+13	+24	+15,1	+23	32,68	+9	+13	+24	+6,5	+30	38,84
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 o viceversa. 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). En el caso particular de la playa de La Pelada, no parece que haya basculamiento pero los datos sí sugieren la posibilidad de un avance homogéneo de la rompiente y un crecimiento hacia el norte en el frente de playa.

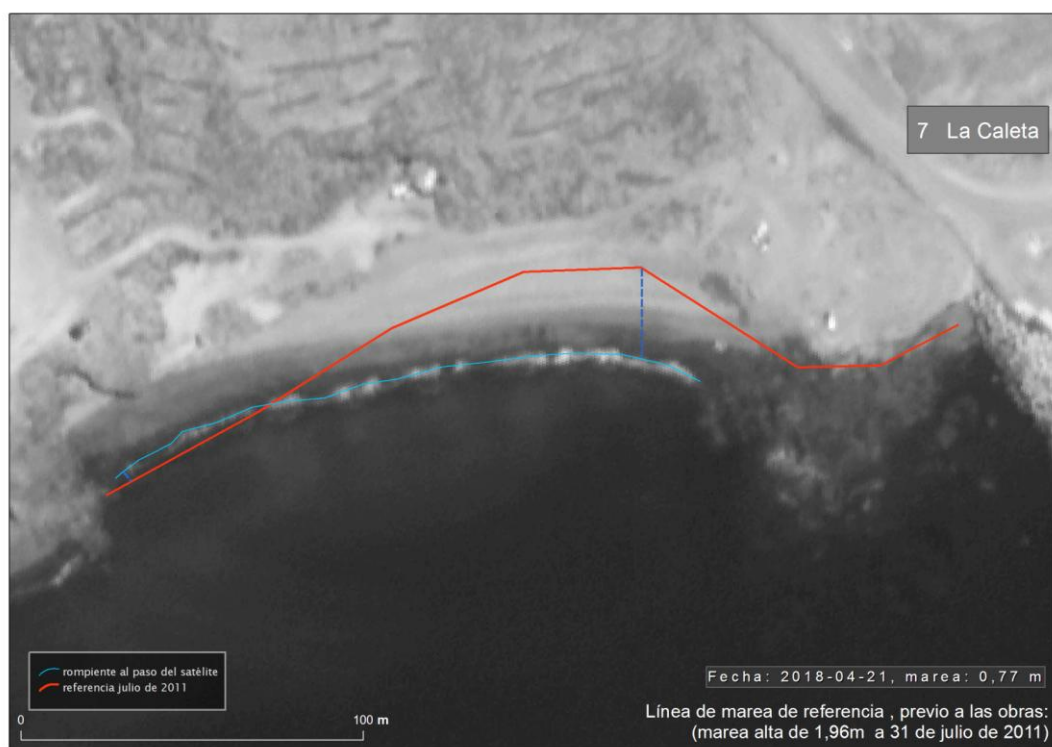


Figura 45. Playas de los Tarajales (arriba) y La Caleta (abajo) a 21 de abril de 2018

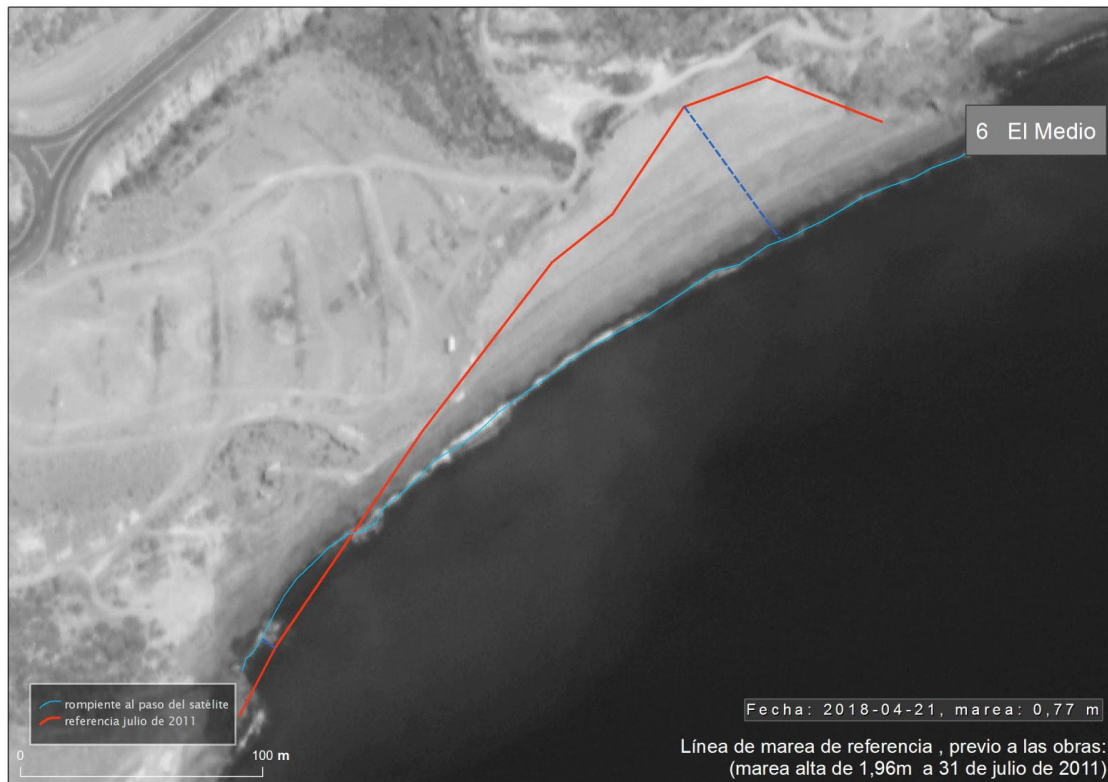


Figura 46. Playas del Medio (arriba) y Tanque del Vidrio (abajo) a 21 de abril de 2018

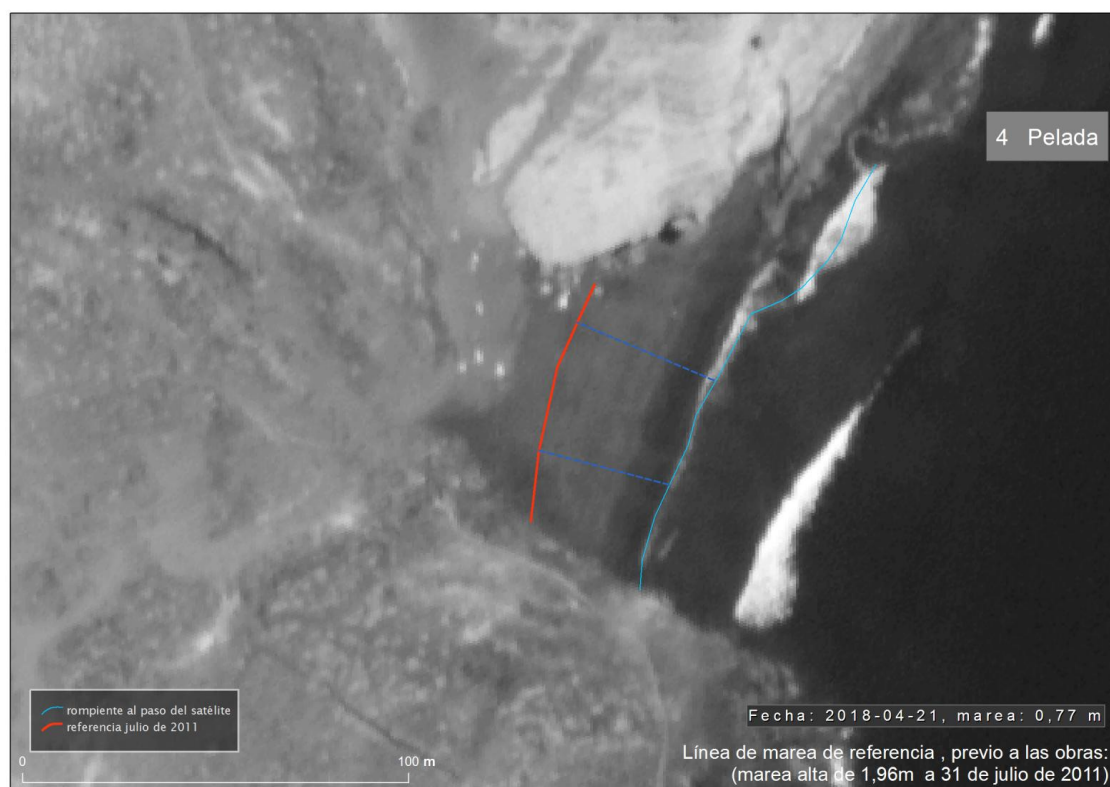


Figura 47. Playas de La Pelada (arriba) y la Jaquita (abajo) a 21 de abril de 2018

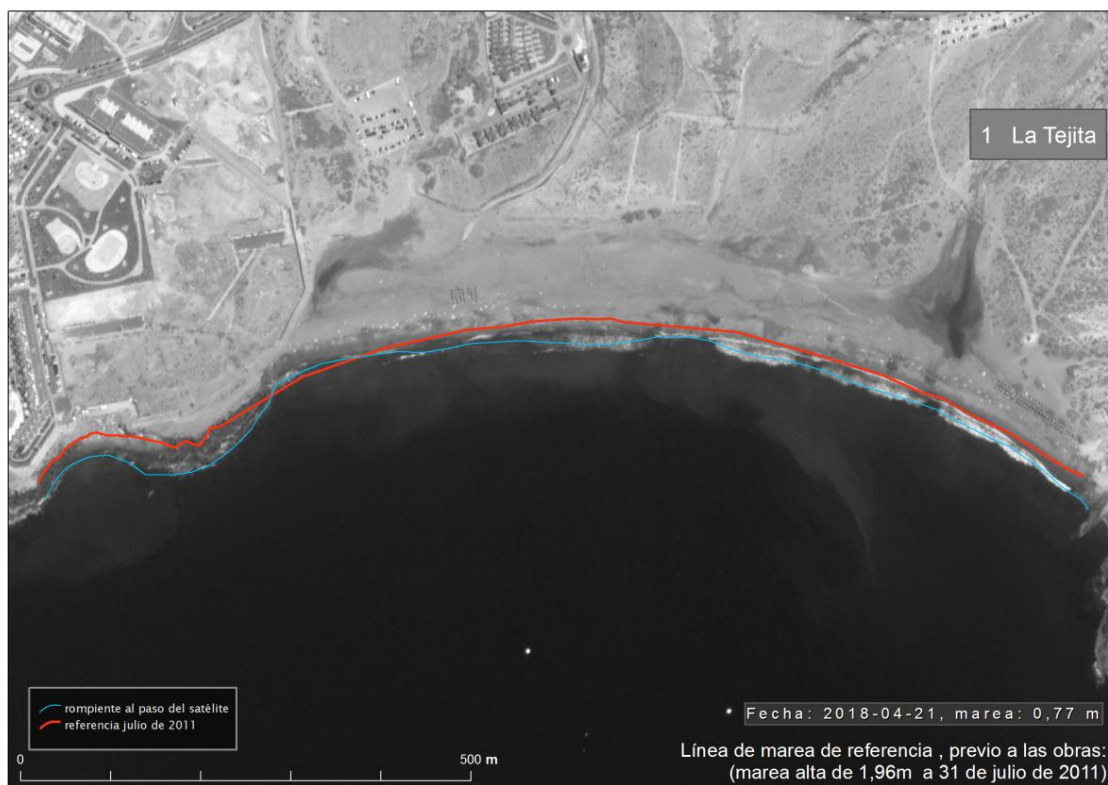
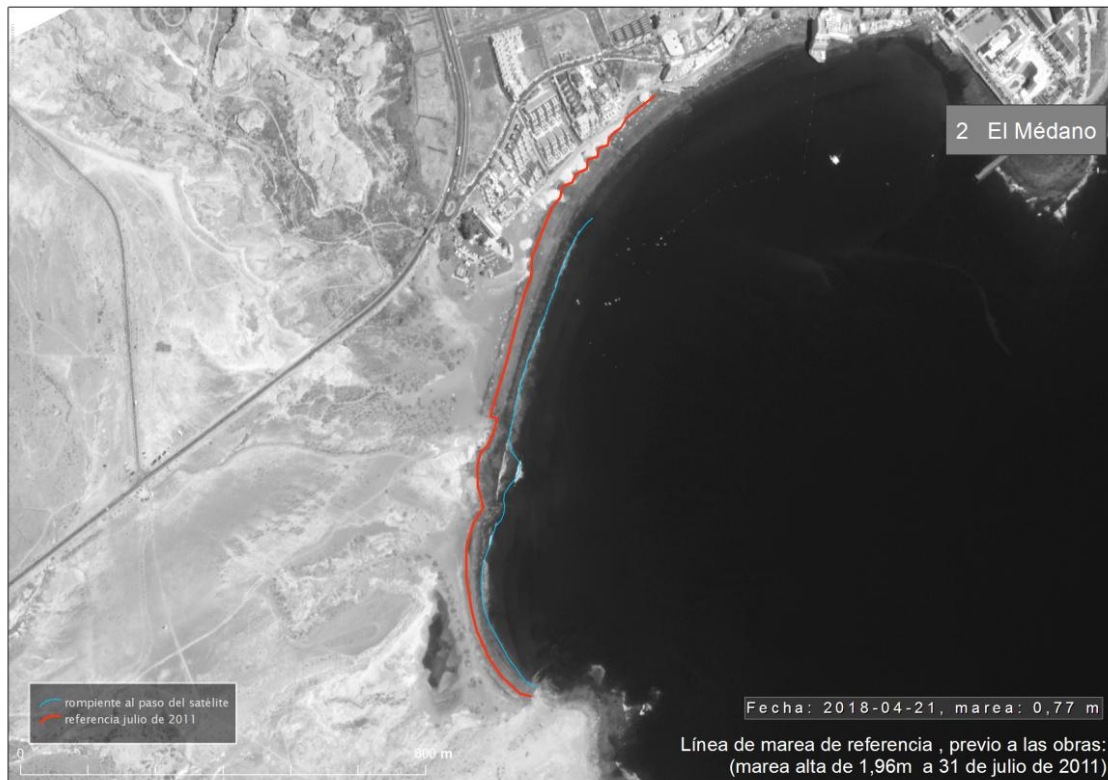


Figura 48. Playas de El Médano y La Tejita el 21 de abril de 2018

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 45), El Medio y Punta del Vidrio (Figura 46). La línea roja en las fotografías representa la línea de playa original, antes del comienzo de las obras del puerto. La línea azul representa la línea de rompiente de playa en el instante de la toma de la escena por el satélite.

El método utilizado en la exposición anterior para determinar el basculamiento arroja ciertas incertidumbres debidas al factor “oleaje” y “estado de la mar”, así como debidas al modelo del fenómeno. Tanto el tamaño como la energía de las olas influyen en la medición, a lo que se añade la calidad de la imagen y los problemas de georreferenciación de la misma, que se deben a la peculiar forma del área de estudio, estrecha y con una alineación casi recta, muy marcada, en la que no se pueden marcar puntos de control bien distribuidos para evitar distorsiones, tal como se recomienda generalmente, lo que impide una mayor exactitud de referenciación. Por esa razón se ha buscado otro tipo de representación de la playa que pueda evitar estos sesgos, y hemos ensayado la modelización de la playa de manera que se mida el ángulo del frente de playa en dos alineaciones:

- del centro al extremo sur y
- del centro al extremo norte.

En la figura 49 puede verse un ejemplo.

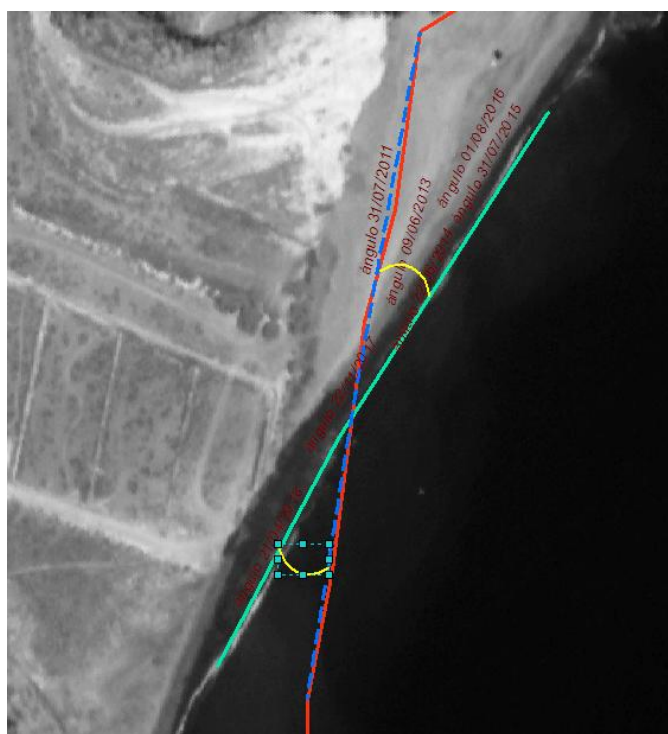


Figura 49. Playa de Punta del Vidrio, oscilación entre los años 2011 (discontinua) y 2018 (turquesa). Los ángulos medidos se marcan con un arco amarillo

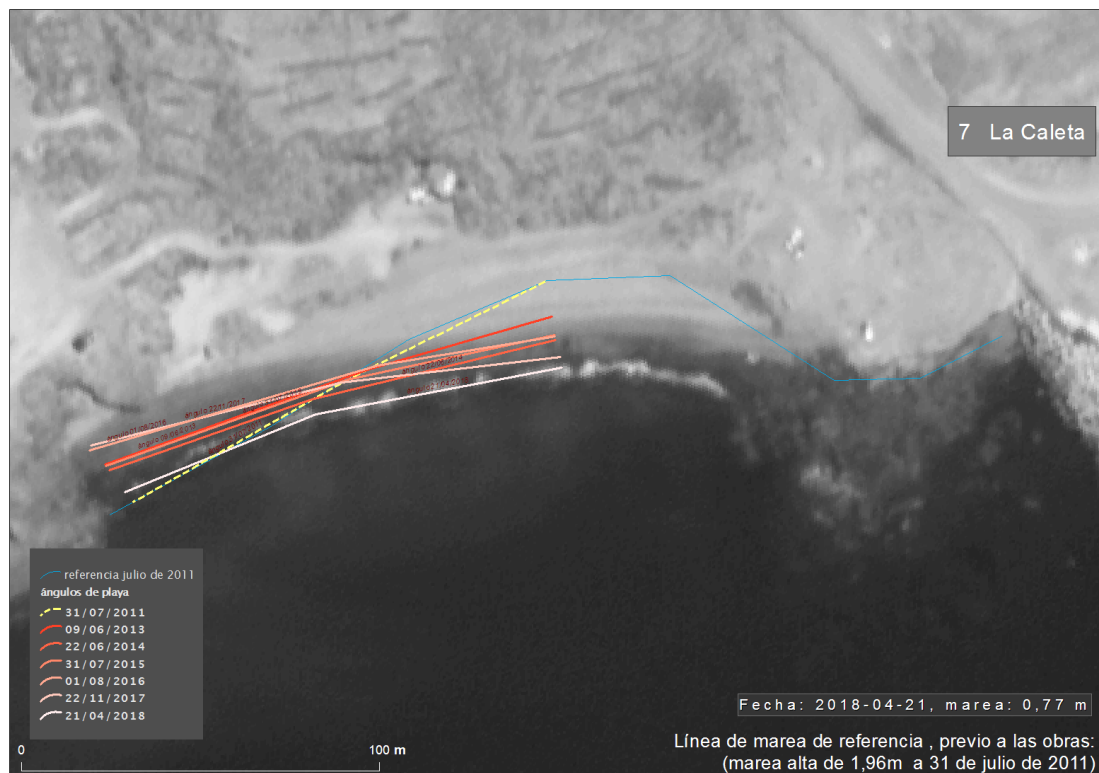
El resultado de esta forma de medir el basculamiento se recoge en la tabla 16.



Tabla 16. Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas de reloj. En Pelada se considera solo una alineación (extremo Sur)

Tramo de Playa		31/07/2011	09/06/2013	22/06/2014	31/07/2015	01/08/2016	22/11/2017	21/04/2018
La Caleta	N	0,00 °	10,46 °	12,46 °	14,34 °	16,14 °	19,72 °	16,10 °
	S	0,00 °	9,98 °	10,58 °	10,06 °	12,75 °	15,76 °	7,64 °
El Medio	N	0,00 °	7,06 °	12,38 °	13,56 °	14,48 °	16,04 °	18,67 °
	S	0,00 °	6,55 °	6,58 °	13,15 °	10,55 °	10,12 °	7,70 °
Punta del Vidrio	N	0,00 °	6,75 °	15,02 °	18,14 °	19,49 °	22,39 °	22,76 °
	S	0,00 °	1,63 °	10,08 °	14,04 °	16,54 °	20,16 °	18,81 °
Pelada	S	0,00 °	n/a	5,36 °	6,54 °	19,49 °	8,87 °	6,75 °

En la figura 50 puede distinguirse el cambio en esta orientación para las cuatro playas que han presentado modificaciones relevantes y un patrón en las mismas.



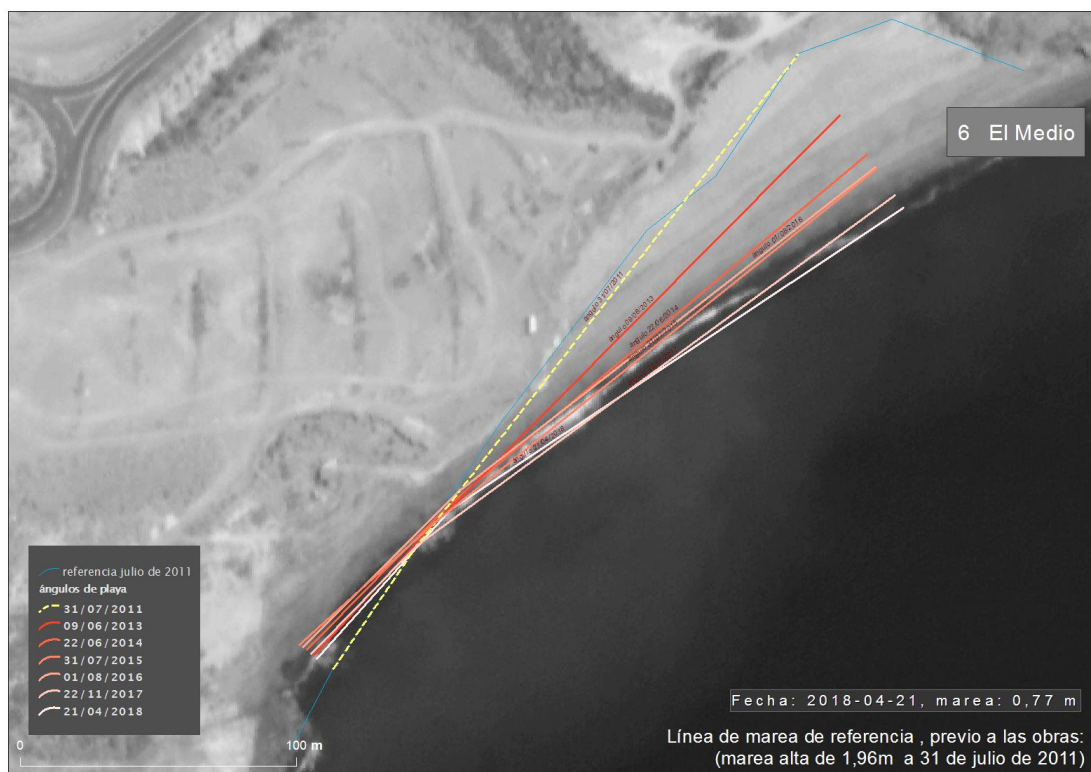




Figura 50. Cambios de orientación en el eje de las playas

3.4.8 Batimetría y perfil de las playas

Uno de los impactos vigilados por el Observatorio es el del cambio de la morfología en el fondo de las playas. Ya en la fase previa a la ejecución de la obra se realizaron levantamientos batimétricos y perfiles transversales de las playas objeto de vigilancia, y urgía la realización periódica de nuevos muestreos que proporcionasen una instantánea de los mismos elementos y dibujar un modelo de evolución.

En 2017 se sacó a licitación la realización de los perfiles y levantamiento de batimetrías de las principales playas con interés social (La Tejita, El Médano, La Jaquita y La Pelada; Figura 51), que fue adjudicado finalmente a la empresa PROMAR2007 INVESTIGACIONES MARINAS S.L.

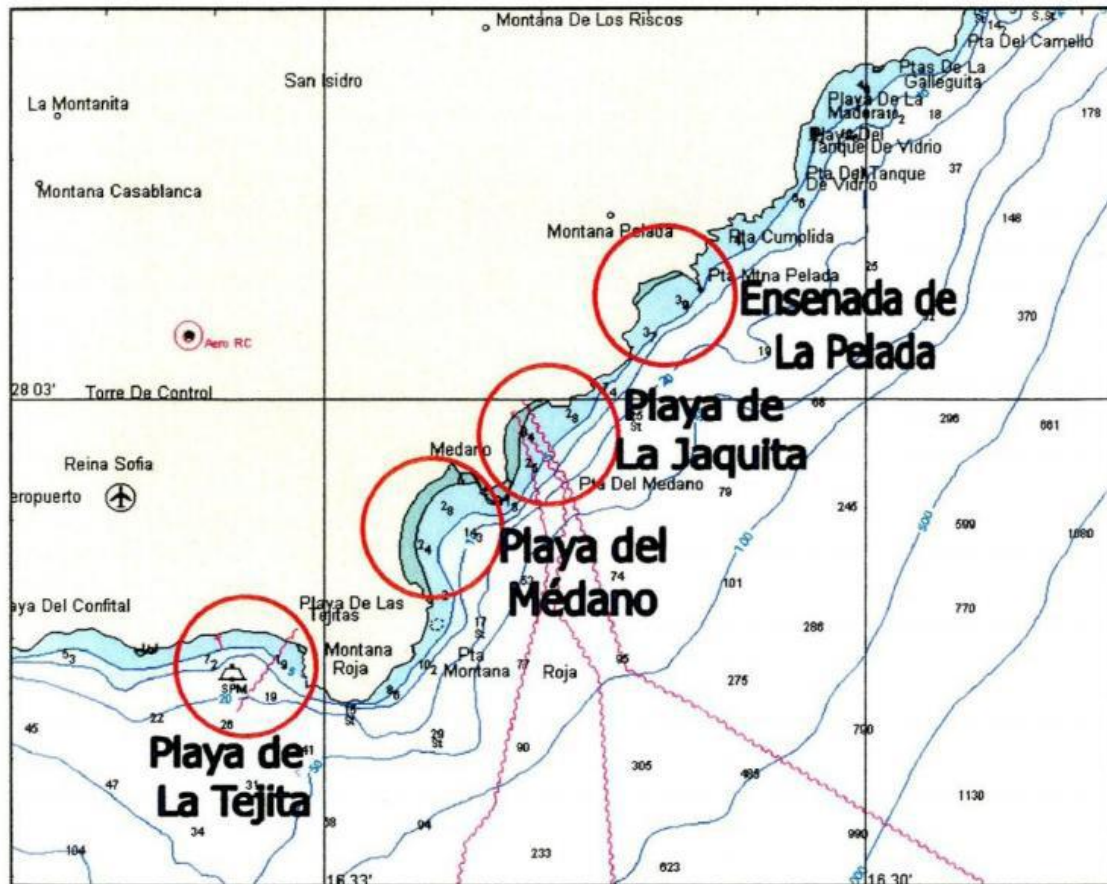


Figura 51. Playas objeto de batimetría

Con técnicas actualizadas, basadas en geoposicionamiento diferencial GPS y GNSS, así como en el empleo de estaciones totales y sondas multihaz y tratamiento de nubes de puntos, se acomete el estudio en dos líneas:

3.4.9 Batimetría

En este caso las tecnologías que entran en juego son las del geoposicionamiento y el barrido con ecosonda multihaz, acompañados de software de navegación especial que asegura la correcta trayectoria de la nave sobre la que se trabaja y de tratamiento de la nube de puntos proporcionados por la sonda, software que genera, casi en tiempo real, el modelo en tres dimensiones del fondo marino muestreado.

Las referencias para el posicionamiento constituyeron en una red de estaciones operadas por la empresa pública GRAFCAN que se acceden mediante una conexión a un servicio proporcionado por la misma empresa, y que permite técnicas de GPS diferencial para aumentar la precisión de las mediciones. La técnica compara los datos de posición de la estación de referencia, siempre fija en tierra, y los de una estación móvil (*rover*), que porta el equipo de



trabajo de campo. Las variaciones que refleje la posición de la estación de referencia se aplican a las mediciones obtenidas por el *rover*, corrigiéndolas (Figuras 52 y 53).

Los datos de marea se corrigen con el proceso *RTK Tide*, que utiliza una estimación de altura respecto a la estación fija y la coteja con los datos de un mareógrafo perfectamente georreferenciado.

El conjunto logra precisiones de 2 y 4 cm en horizontal y vertical, respectivamente.

La navegación fue asistida por el software *Hypack Max* que utiliza la información de geoposicionamiento obtenida por los métodos que se han explicado.



Figura 52. Buque oceanográfico "CALIMA" e instalación de equipos de navegación

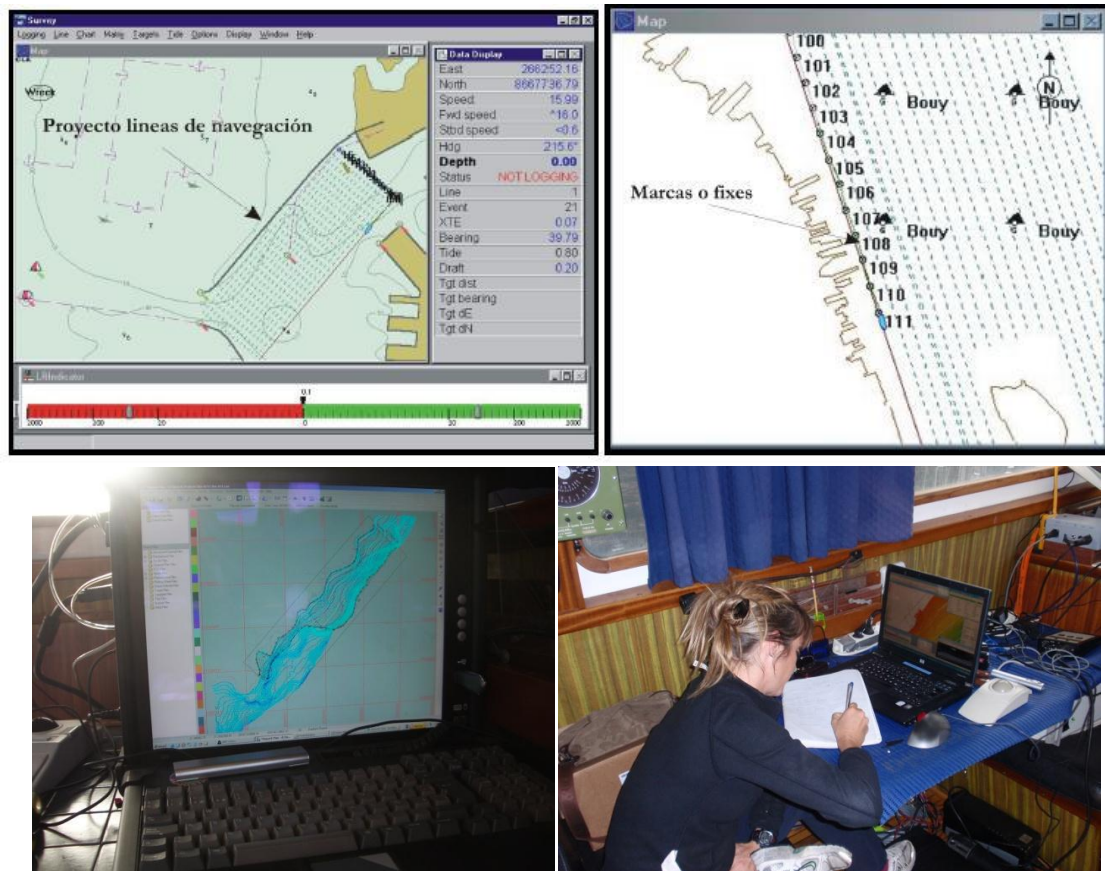


Figura 53. Ejemplos de la pantalla del sistema de navegación *Hypack Max*, en los que se puede observar tanto proyecto de líneas como las marcas o *fixes* que genera

Metodología de la Ecosonda Multihaz de máxima Resolución y Precisión.

Actualmente se dispone de tecnología suficiente para aportar medidas de elementos sumergidos con precisiones centimétricas casi en tiempo real. Además, dado que se pueden hacer hasta más de 9000 medidas precisas x,y,z por segundo es posible aportar una visión tridimensional precisa de todos los elementos sumergidos al poco tiempo de haber recogido los datos.

Esto es más completo y rápido que cualquier levantamiento topográfico, y de una precisión comparable. Los ejemplos gráficos adjuntos, de un pecio con un ancla de 6m y cañones, y de un cajón y escollera de un puerto, dan un buen ejemplo de ello.

El sistema de control, registro y procesado estará complementado con medios auxiliares de grabación digital, para tener una copia de seguridad de todos los datos brutos y finales. Los planos definitivos se obtendrían en gabinete tras el procesado y filtrado de todos los datos obtenidos.



Plan de campaña.

La campaña batimétrica (trabajo de campo) que se llevó a cabo los días 18, 19, 20, 21 y 22 de octubre del 2018, para la obtención de los registros batimétricos. El primer día se realizaron las labores de instalación y calibración de los equipos, así como el control de puntos geodésicos presentes en el Puerto. El segundo, tercer y cuarto día se realizó el levantamiento batimétrico. Los trabajos se realizaron con una climatología moderada, viento flojo del Nordeste, mar en calma.

Durante el levantamiento, la posición del área del piso marino sonificada por cada haz emitido, se corrigió con la información proveniente del sensor de movimiento que mide los ángulos de actitud del buque (cabeceo, balanceo, guiñada y altura sobre o bajo el nivel medio del mar). Además, las señales acústicas se corrigieron constantemente por las variaciones de la velocidad del sonido superficial. La zona se ha cubierto con un total de **125 líneas** paralelas a costa.

Los datos obtenidos son procesados en gabinete mediante el *software* de procesamiento de datos, *MB Max*, (*Hypack*). Este programa pertenece a la compañía *Coastal Oceanographics Inc*. Se limpian los datos, de forma gráfica y con herramientas estadísticas, se introducen las correcciones de marea y los perfiles de velocidad de sonido en agua.

En este proceso se eliminan los datos erróneos debidos a los movimientos del barco, los errores que pudieran ser producidos por el posicionamiento, así como por una mala reflectividad.

Se elaboró un modelo final de elevación digital con una resolución de 1x1 m con los datos batimétricos post procesados. Los datos del modo *side scan sonar* no fueron tratados, ya que se consideraron sólo como apoyo a la interpretación y se creó un mosaico de los sonogramas crudos con una resolución de 1x1 m.

Los datos son guardados en formato XYZ, como nube de puntos (Figura 54).

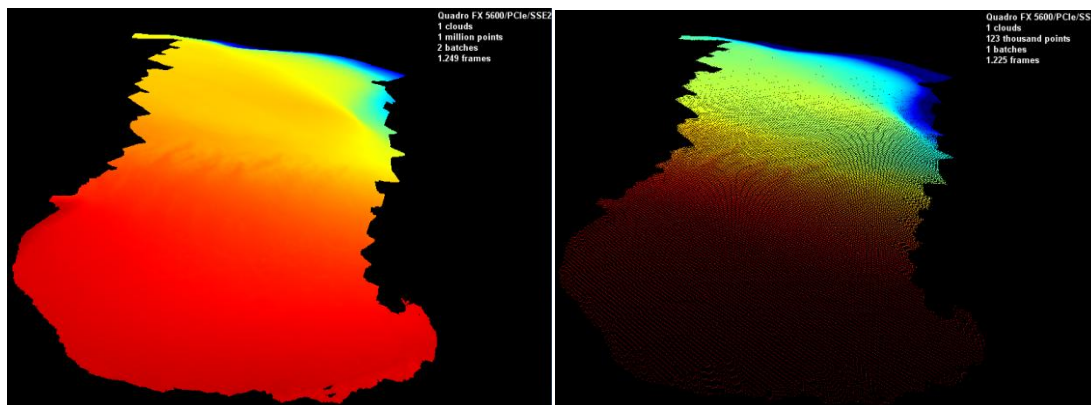


Figura 54. Ejemplo de imágenes

Estudio de cambios

Una vez obtenidos por el OAG todos los resultados del trabajo de campo y su posterior proceso de gabinete, en el Observatorio procedimos al análisis de las diferencias entre cada par de ficheros (campana de 2017 y campana de 2018) por playa. Este trabajo se llevó a cabo comparando directamente las nubes de puntos con “*Cloud Compare*”, un programa de código abierto especializado en el tratamiento de nubes de puntos, y que tiene entre otras una herramienta para calcular la distancia en cada eje X, Y y Z entre cada punto de un fichero y el más cercano del otro fichero. Nosotros nos centramos en las distancias en el eje Z dado que si usamos las tres dimensiones espaciales nos proporciona vectores no necesariamente orientados en el eje de la altura y, consiguientemente, de módulo mayor que podría llevarnos a error.

Antes de hacer el cálculo, para evitar tener en cuenta los puntos que quedasen fuera del espacio común a ambos conjuntos de datos, se delineó manualmente un polígono que abarcase el área en el que hubiese puntos de ambos grupos y, a continuación, se creó un subconjunto para cada playa, eliminando los datos externos. La nube de puntos de cada playa se recortó mediante un polígono resultado de la intersección de sendas envolventes de ambos conjuntos de datos.

El resultado de las comparaciones no refleja cambios significativos entre las dos fechas para ninguna de las playas, tal como se ve en el gráfico de histogramas, según el cual la mayoría de las distancias (un 99%) es menor de 0,6 m de ganancia o pérdida (Figura 55).

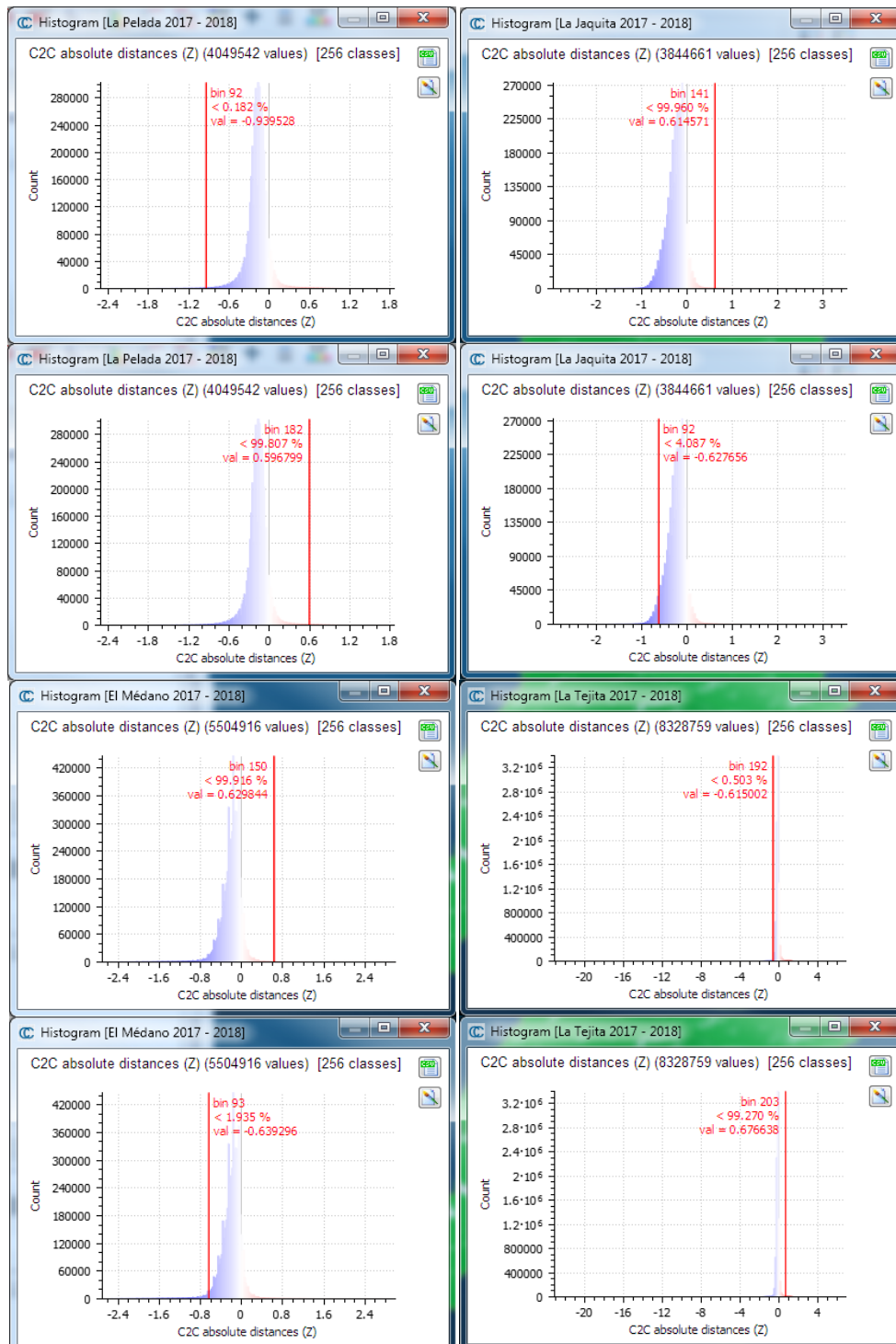


Figura 55. Histogramas de distancias en el eje Z

Respecto a los valores máximos y mínimos y del rango de distancias de cada caso, los valores más alejados son, frecuentemente, *outliers* debidos a errores, “sinks” o sumideros, o interferencias (caso de La Tejita y El Médano; Figura 56). A la vista del plano de cada una de

las áreas, se nota en las áreas rojas una ganancia en altura, o pérdida de profundidad, y en las azules el efecto contrario. El color gris o blanco es de las áreas en las que las diferencias son las menores, casi cero.

El Médano presenta dos áreas en las que se percibe una pérdida de profundidad, correspondiendo a elementos antrópicos (basura o escombros) y un socavamiento en la costa más al sur de esta playa, sin una correspondiente acumulación compensatoria por basculamiento en el otro extremo, en la zona del Hotel.

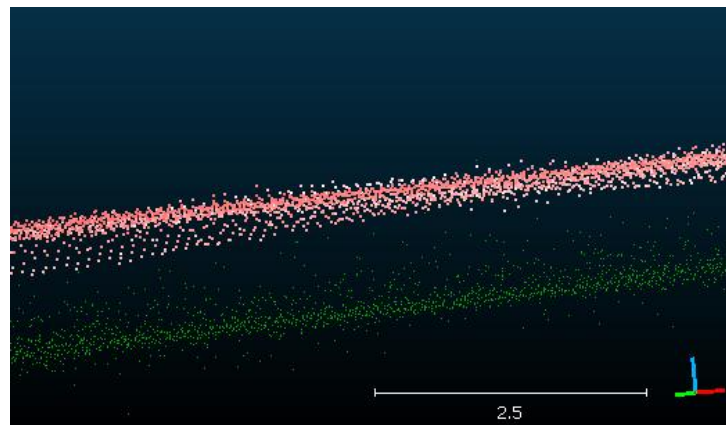


Figura 56. La Tejita (detalle). En rosa/rojo, muestreo de 2018, y en verde el de 2017. El crecimiento es de alrededor de 2 m

En La Tejita, con un historial de cambios batimétricos más errático, vemos un comportamiento diferencial entre los extremos de la playa. En el oriental, protegido del oleaje, hay crecimiento del fondo, superior en zonas a los 2 m (Figura 57); un decrecimiento bastante menos acusado aparece en el otro extremo, de tonos más azules.

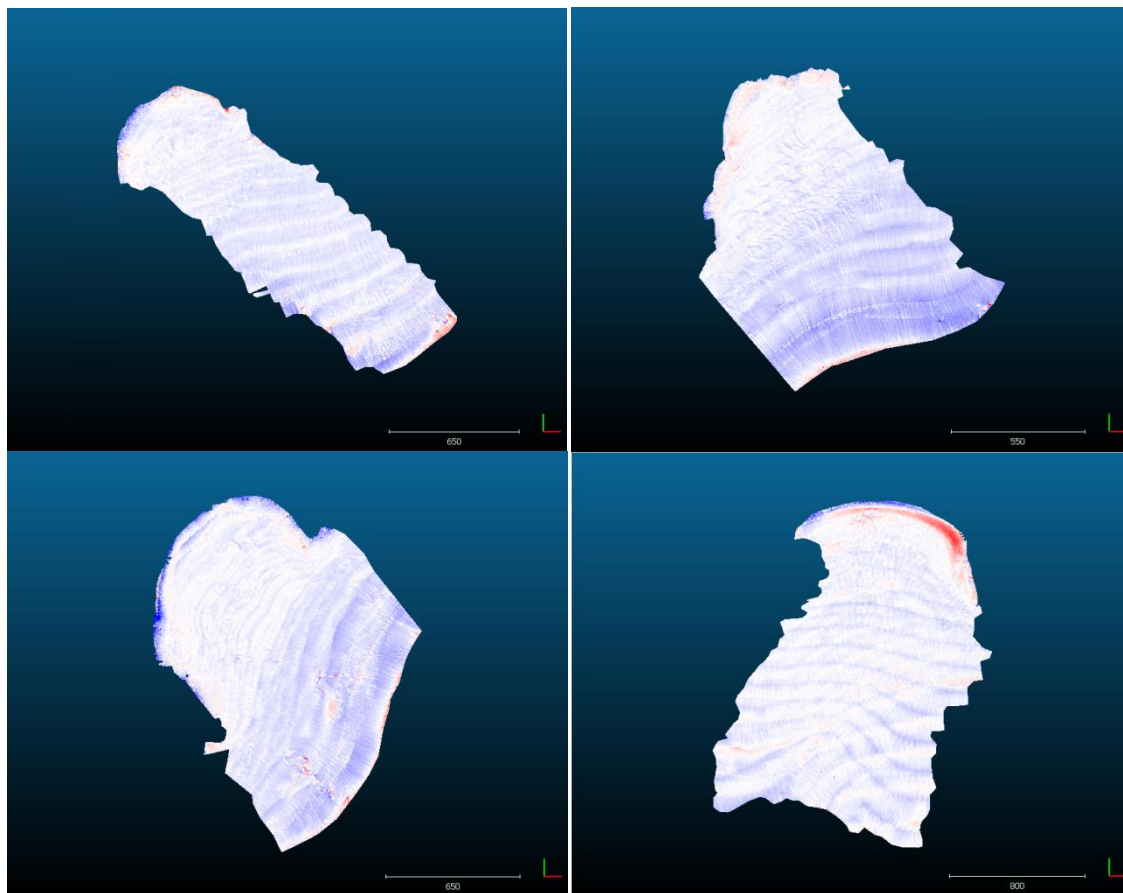


Figura 57. Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2018. Rojo, pérdida de profundidad. Azul, ganancia. De arriba abajo e izquierda derecha, La Pelada, La Jaquita, El Médano, La Tejita

En la playa de La Pelada el comportamiento apunta a una erosión en la parte central pero en la oriental una ligera ganancia de arena, mientras en el extremo más profundo del sondeo muestra un depósito que hace elevar el nivel y se pinta de rojo en el mapa. Algo parecido en la zona más profunda ocurre en La Jaquita, aunque ésta presenta una cierta elevación también en la parte más somera, en la línea de playa.

3.4.9.1 Perfiles de playa

El trabajo consiste en medir los perfiles por métodos GPS, con sistema de GNSS y apoyo en la antena de Grafcan situada en San miguel de Abona. Partiendo de los perfiles usados en el trabajo de la fase previa, en 2007, y ajustándolos al modelo de ondulación del geoide para Canarias, se replantearon esos ejes, puesto que los originales carecían de apoyo en ese modelo y exhibían diferencias significativas en las cotas de referencia con las mediciones preparatorias de este trabajo, para después situar los puntos de medición que serán usados en todo el proyecto en los próximos años.

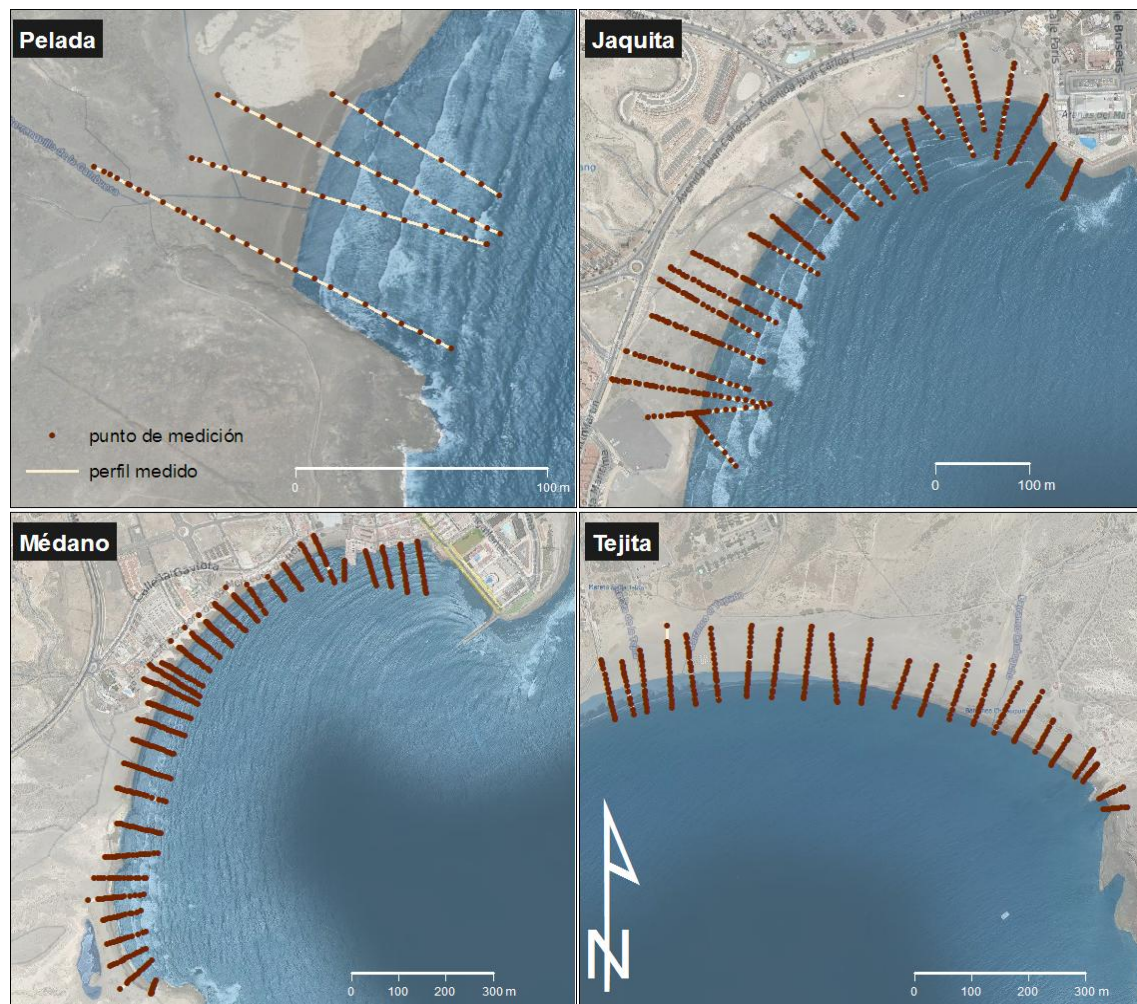


Figura 58. Perfiles en los que se ha medido la cota respecto al cero establecido en el trabajo

Los perfiles cubren desde la bajamar más escorada hasta la marea más alta, lo que se ha tratado de resolver en el periodo de estudio haciendo las mediciones en las épocas de mareas vivas, para poder adentrarse en las zonas más profundas firmemente apoyados en el fondo arenoso (Figura 58).

La playa del Médano se midió durante la semana de mareas vivas del 8 al 14 de octubre. La playa de la Jaquita durante la semana de mareas vivas del 22 al 28 de octubre y del 6 al 11 de noviembre. La playa de la Tejita en la semana de mareas vivas del 6 al 11 de noviembre. La playa de La Pelada se realizó el 27 de noviembre de 2018.

De cada perfil se obtuvieron cotas en cada punto y en cada año, que pueden ser comparadas mediante gráficos en los que aparecen dibujados los puntos observados del perfil de cada año. El espacio encerrado por las líneas de perfil anuales se colorea de forma distinguible, remarcando dónde el segundo año 2018 tiene cotas superiores a los de 2017 (aporte de arena) y dónde sus cotas son menores (pérdida de arena) al año previo. Para una mejor apreciación de las diferencias los perfiles se han dibujado a una escala horizontal de 1/500 y una escala vertical de 1/100 (Figura 59).

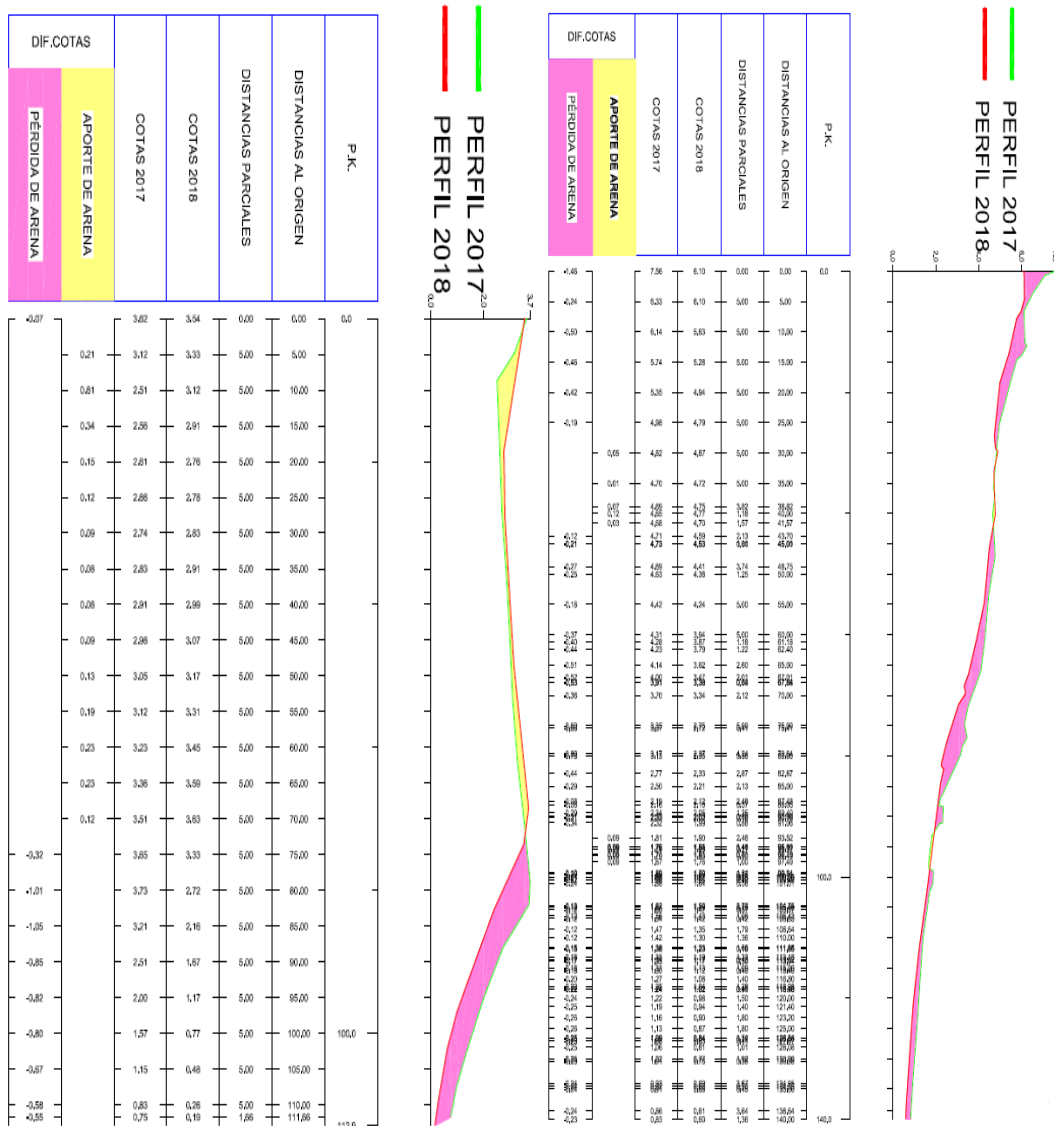


Figura 59. Representación de mediciones bianuales en dos perfiles diferentes

A continuación (páginas 79 a 83) pueden verse por cada perfil y playa la superficie de aportes y pérdidas en m² según la cuantificación hecha por la empresa adjudicataria.

Los perfiles se han numerado de oeste a este, desde el 1 al 23 pertenecen a la Playa de La Tejita, del 24 al 55 abarcan la Playa del Médano, del 56 al 79 la Playa de La Jaquita y del 80 al 83 a la de Pelada.

SUPERFICIE DE VARIACIÓN EN ARENA		
Playa	Arena aportada	Arena perdida
PLAYA DE LA TEJITA		
PERFIL 1	13,47	30,38
PERFIL 2	4,42	35,63
PERFIL 3	2,53	35,09
PERFIL 4	5,97	34,2
PERFIL 5	1,36	42,45
PERFIL 6	3,35	49,49
PERFIL 7	1,78	43,56
PERFIL 8	2,96	40,44
PERFIL 9	2,39	40,59
PERFIL 10	1,06	33,74
PERFIL 11	14,9	21,5
PERFIL 12	17,54	13,47
PERFIL 13	16,79	11,39
PERFIL 14	10,99	6,87
PERFIL 15	10,54	4,17
PERFIL 16	10,32	8,22
PERFIL 17	19,44	0,99
PERFIL 18	11,62	0,59
PERFIL 19	23,42	2,07
PERFIL 20	17,82	0,9
PERFIL 21	2,7	1,5
PERFIL 22	0	5,07
PERFIL 23	2,02	4,24

SUPERFICIE DE VARIACIÓN EN ARENA		
Playa	Arena aportada	Arena perdida
PLAYA DE EL MÉDANO		
PERFIL 24	1,25	0,35
PERFIL 25	3,72	3,58
PERFIL 26	5,7	0,12
PERFIL 27	6,65	0,58
PERFIL 28	5,76	0,14
PERFIL 29	6,38	1,71
PERFIL 30	3,02	6,76
PERFIL 31	0,36	8,47
PERFIL 32	5,83	6,79
PERFIL 33	3,98	7,01
PERFIL 34	3,31	6
PERFIL 35	3,94	7,11
PERFIL 36	11,19	1,69
PERFIL 37	5,85	2,15
PERFIL 38	9,78	0,28



PERFIL 39	10,43	3,14
PERFIL 40	4,59	7,51
PERFIL 41	3,24	22,7
PERFIL 42	1,64	8,97
PERFIL 43	0,39	5,19
PERFIL 44	2,16	3,64
PERFIL 45	4,44	6,69
PERFIL 46	7,65	2,53
PERFIL 47	1,11	1,69
PERFIL 48	3,48	0,98
PERFIL 49	2,77	5,75
PERFIL 50	6,08	5,1
PERFIL 51	3,09	0,21
PERFIL 52	7,65	0
PERFIL 53	5,41	2,4
PERFIL 54	0,2	6,02
PERFIL 55	3,07	2,05

SUPERFICIE DE VARIACIÓN EN ARENA		
Playa	Arena aportada	Arena perdida
PLAYA DE LA JAQUITA		
PERFIL 56	1,78	46,56
PERFIL 57	3,39	8,46
PERFIL 58	3,35	46,57
PERFIL 59	2,96	11,77
PERFIL 60	7,62	10,35
PERFIL 61	21,16	0
PERFIL 62	19,2	0
PERFIL 63	19,86	0
PERFIL 64		
PERFIL 65	13,91	0
PERFIL 66	12,1	0,27
PERFIL 67	6,82	0
PERFIL 68	4,01	0,41
PERFIL 69	0,56	5,82
PERFIL 70	1,69	5,59
PERFIL 71	0	16,51
PERFIL 72	6,49	1,73
PERFIL 73	3,63	0
PERFIL 74	7,03	0,26
PERFIL 75	9,21	2,09
PERFIL 76	12,92	0
PERFIL 77	1,57	12,19
PERFIL 78	0,33	1,35
PERFIL 79	0	0

SUPERFICIE DE VARIACIÓN EN ARENA		
Playa	Arena aportada	Arena perdida
PLAYA DE LA PELADA		
PERFIL 80	27,51	7,54
PERFIL 81	26,57	7,6
PERFIL 82	26,29	7,13
PERFIL 83	8,41	7,61

La dimensión espacial de los cambios registrados según la metodología se ha estudiado generando una superficie interpolada a partir de los puntos medidos, habiéndose ensayado diversos métodos de entre los cuales finalmente nos parece más esclarecedor la operación *kriging* frente a otros como la generación por método *spline* de una superficie a partir de las líneas de los perfiles proyectadas en el espacio según las cotas de los puntos muestreados.

Se trata de un procedimiento que genera una superficie a partir de puntos repartidos en un área a partir de los valores de una variable en esos lugares. En la generación de modelos digitales del terreno el *kriging* es una técnica que ha ganado popularidad por producir resultados con más detalle partiendo de asunciones como la de que la probabilidad de que en localidades cercanas los valores sean parecidos aunque con un crecimiento de la diferencia particular para cada fenómeno estudiado. Dicho de otro modo, asume que la altitud puede definirse como una variable regionalizada. Esta hipótesis supone que la variación espacial de la variable a representar puede ser explicada al menos parcialmente mediante funciones de correlación espacial: la variación espacial de los valores de *z* puede deducirse de los valores circundantes de acuerdo con unas funciones homogéneas en toda el área.

En un procesamiento por parte del Observatorio de los muestreos con esa técnica, se han generado sendos modelos digitales de las playas en las zonas de los perfiles. A partir de ese conjunto de modelos se realiza una sencilla operación geoespacial de diferencia de superficies que arroja los resultados que mostramos en la Figura 60.

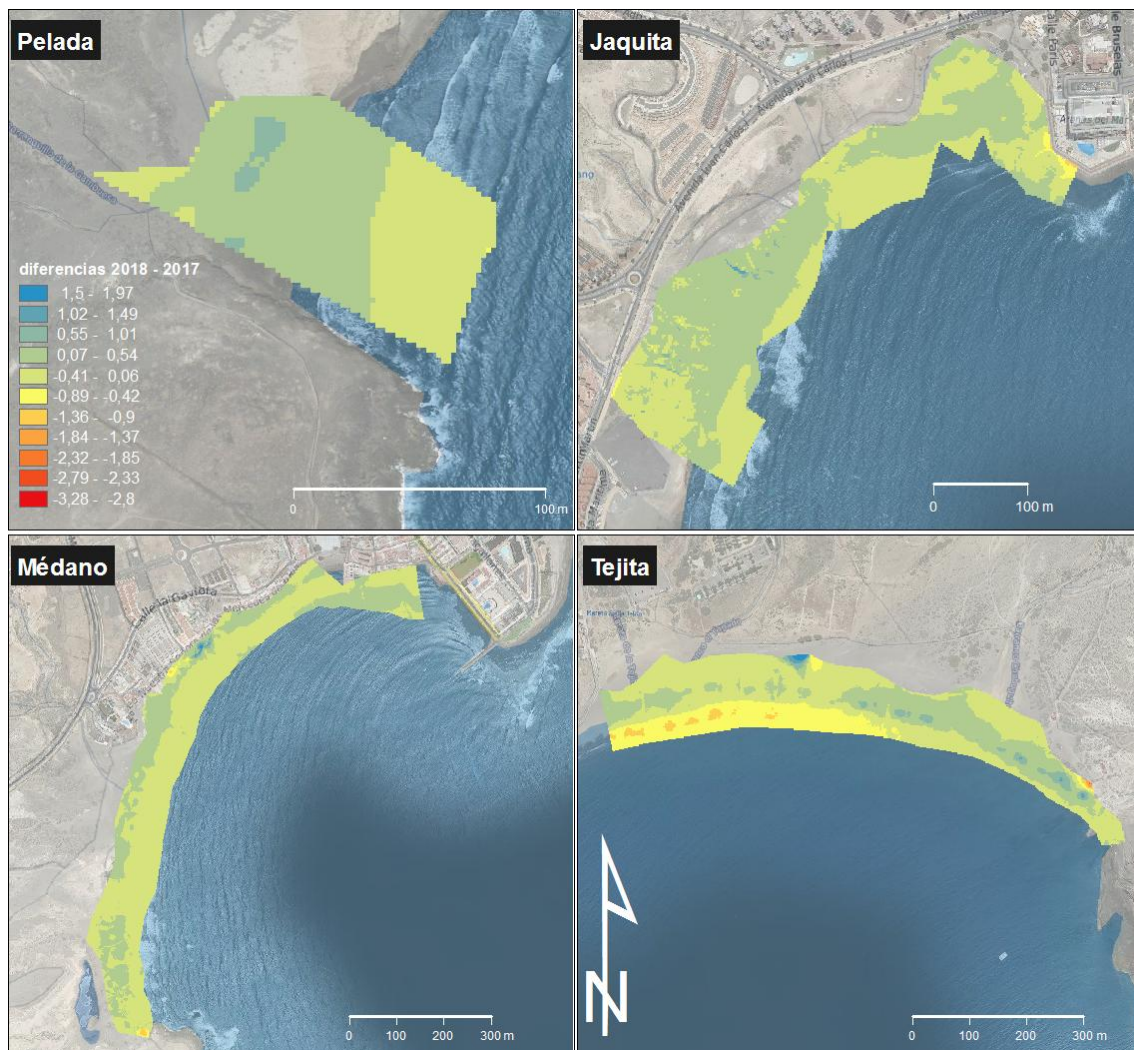


Figura 60. Resultados del análisis de superficies provenientes de la interpolación a partir de puntos muestreados en los perfiles

Para confeccionar la ilustración hemos asignado una gama de colores que cubre del extremo de máxima pérdida (2018<2017), con valores más negativos y tonalidad roja, al extremo donde hubo más aporte o crecimiento en altura (2018 >2017), con los valores más altos y tonalidad azul. La gama de colores reserva el color amarillo para crecimientos cero.

A la vista de estos resultados, cabe decir que en general las variaciones no parecen importantes y están en el entorno de 0'5 m en la componente Z. Donde más evidente es la pérdida es en el extremo occidental de la playa de La Tejita, que también presenta un punto de pérdida más importante en el otro extremo, pero que bien podría ser un efecto de la situación cercana a la Montaña Roja más relacionada con perturbaciones eólicas que con la infraestructura del puerto. Lo mismo podría decirse de una protuberancia en la mitad de esta playa, en el borde más alejado del mar.

3.4.9.2 Conclusiones del estudio de batimetría y perfiles de playas

Estos resultados son aún muy poco indicativos de tendencias puesto que la serie temporal es muy limitada. A medida que se complete el programa de campañas y se obtenga un mayor número de casos podrán estudiarse las tendencias en las diferentes zonas del litoral y podrá investigarse las causas y, eventualmente, diseñarse acciones para ponerles remedio si así se considerase necesario por las autoridades y los gestores competentes.

Por no desaprovechar la información que hasta el momento tenemos, los cambios sugieren una propensión a la erosión de las playas en su parte aérea, aunque muy débil. Los colores de la Figura 60 están teñidos fuertemente de amarillo lo que demuestra que son valores cercanos al cero.

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.

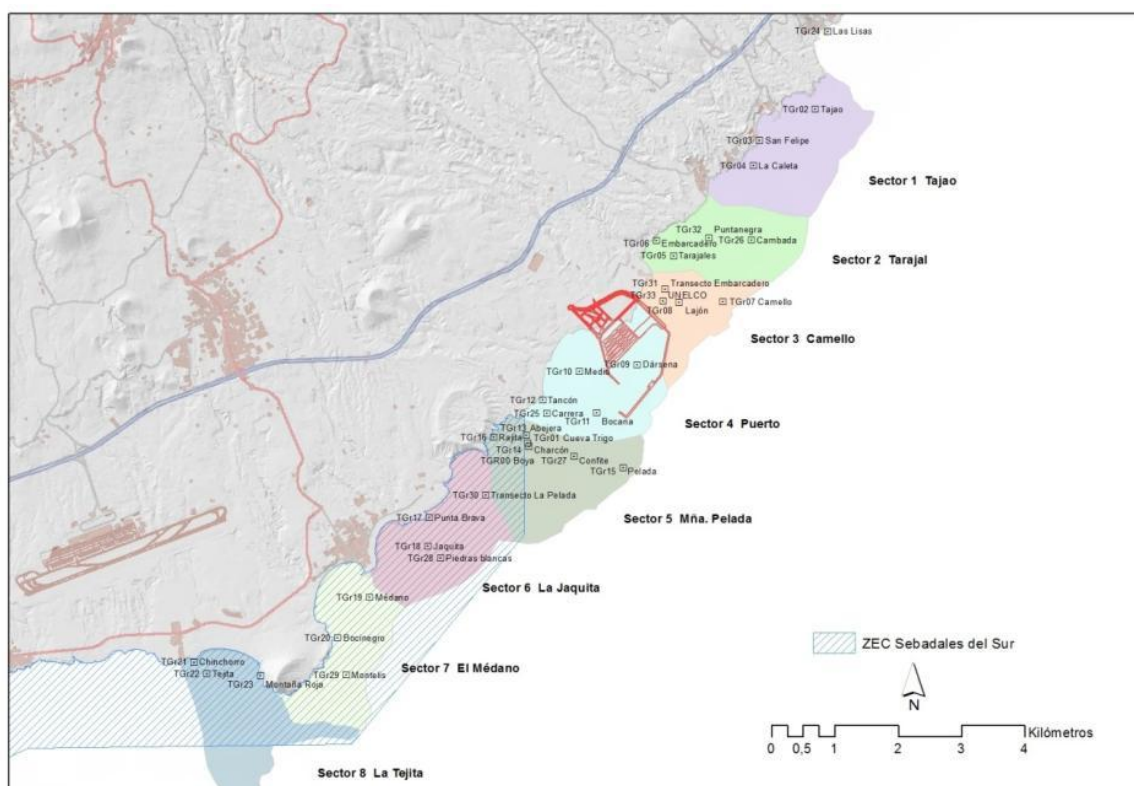


Figura 61. Sectores y estaciones de muestreo de aguas y boya oceanográfica del OAG



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 se realiza con 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).

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 2018, así como copia de las analíticas recibidas de los laboratorios. Se comenta aquí lo más destacado.

En las Tabla 17 y 18 se resumen los trabajos de las campañas realizadas en 2017 y 2018 y los valores oceanográficos medidos (máxima, mínima y media) comparados con los de la situación previa a las obras.

Tabla 17. Campañas de muestreo

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	8	10x <5 prof.	550	10	5500
Captadores de sedimentos	4	9	72	3	216
Campañas 2018	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	3	10	82	21	1184
Muestreo de sedimentos	2	10	20	24	480
Sonda multiparamétrica	8	10x <5 prof.	321	10	3210
Captadores de sedimentos	3	9	48	3	144

Tabla 18. Valores oceanográficos

Año 2017	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	18,83	24,31	21,27	18,61 - 24,65
Salinidad m 6-12	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 O ₂	Sonda	%	96,30	115,40	101,27	-
Turbidez	Laboratorio	NTU	0	1,70	0,08	0 - 16,50
Año 2018	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	18,20	22,64	19,92	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	36,19	37,76	36,98	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,97	8,25	8,12	8,09 - 8,34
Saturación O ₂	Sonda	%	97,6	108,40	103,36	-
Turbidez	Laboratorio	NTU	0	1,93	0,63	0 - 16,50
Turbidez	Sonda	NTU	0	2,70	0,17	0 - 16,50

■ = Valores sin datos de los meses más cálidos (septiembre y octubre). Por razones operativas no se pudo muestrear

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.

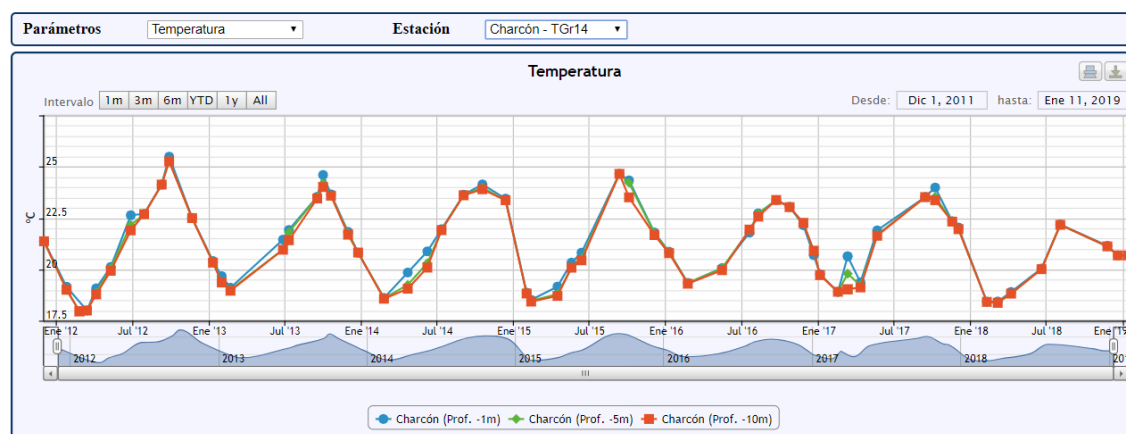


Figura 62. Evolución de la temperatura del agua en Tgr14 (Charcón) (medición con sonda) 2011-2018

La temperatura media del agua en 2018 fue de 19,92 °C, frente a 21,27°C de 2017, 21,37 °C en 2016, 20,9 °C en 2015; 21,55 °C en 2014, y 21,5°C en 2013 (Figura 62). Hay que tener en cuenta que los meses de Septiembre y Octubre, que son los meses con el agua más cálida no se pudieron realizar mediciones con sonda (estaba reparándose en fábrica). Por esta razón dicho valor promedio no puede servir de referencia para comparar con el resto de anualidades. La temperatura mínima registrada fue de 18,20 °C registrada en febrero y marzo en TGr40 y TGr22. Cifras similares a las obtenidas en 2017: 18,83 °C.



Concentración de oxígeno: Los niveles de saturación de oxígeno fluctúan entre 97% y 110%, 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).

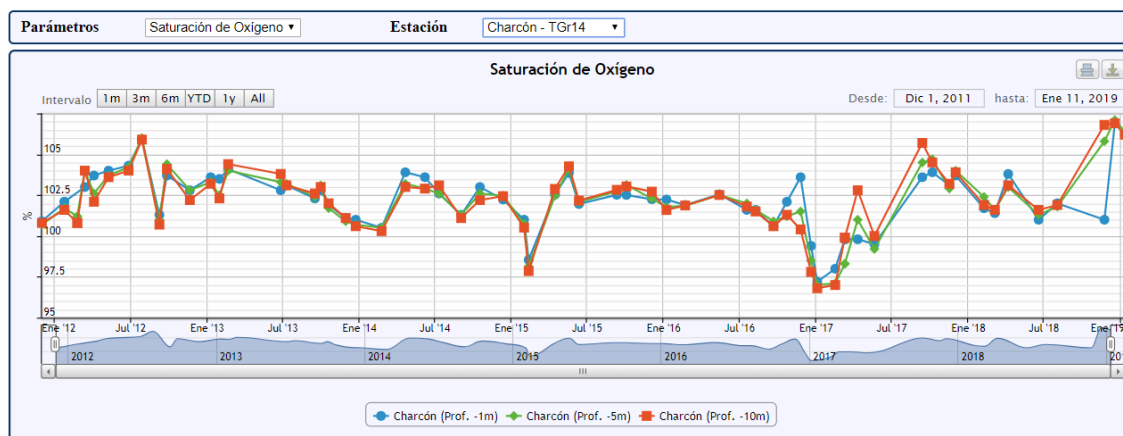
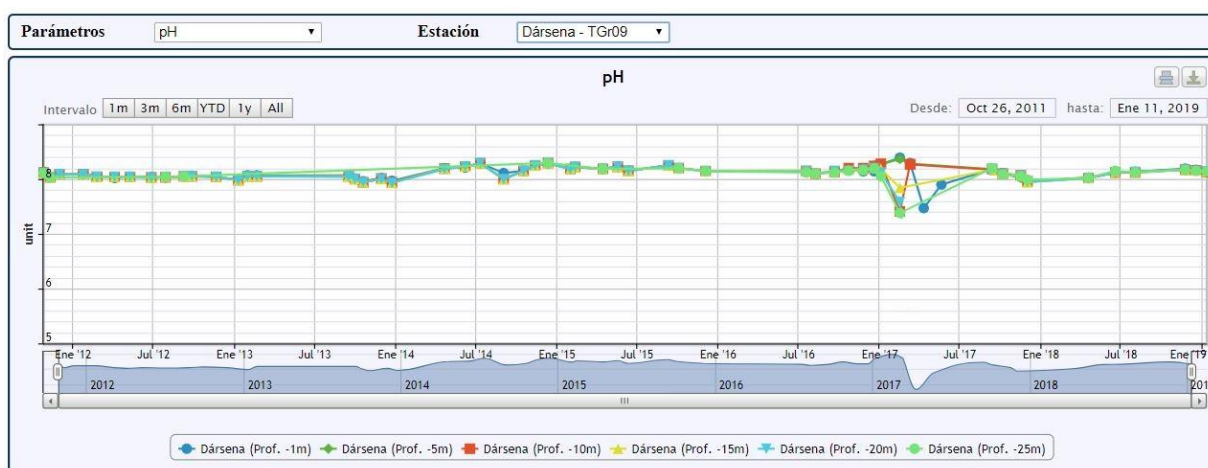


Figura 63. Concentración de oxígeno en la estación Charcón (TGr14) a 3 profundidades, (2012-2018)

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 2018 fue de 8,12 valor similar al recogido el año pasado y ligeramente inferior a los de años anteriores (2014: 8,21; 2015: 8,20, 2016: 8,17, 2017:8,08). 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 (2012-2018).
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. Cabe destacar que en los meses de septiembre y octubre no se disponen de datos debido a un problema de estabilización del sensor de PH.

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 descende 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).

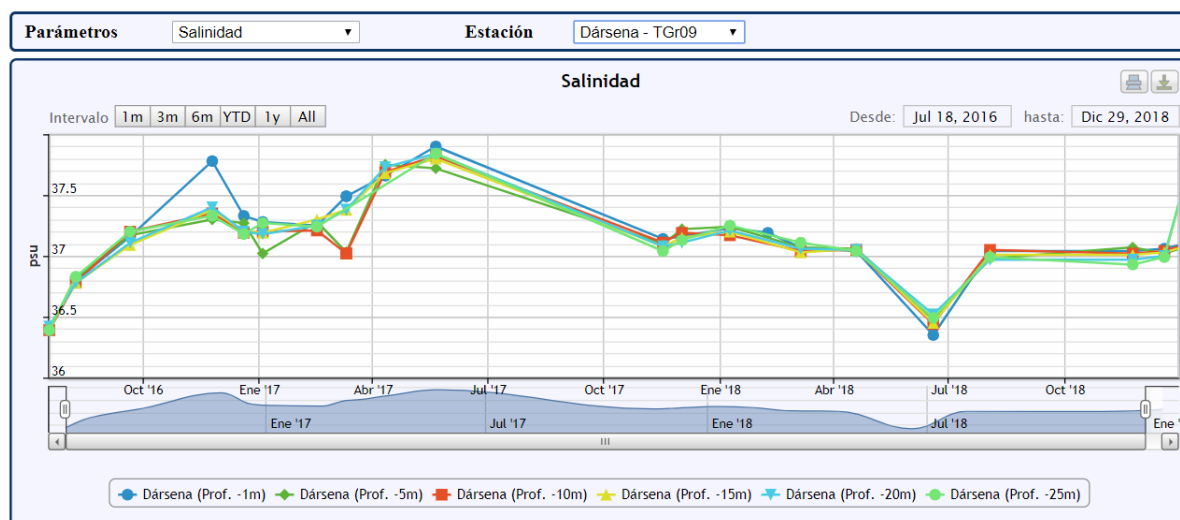


Figura 65. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a diciembre de 2018

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).

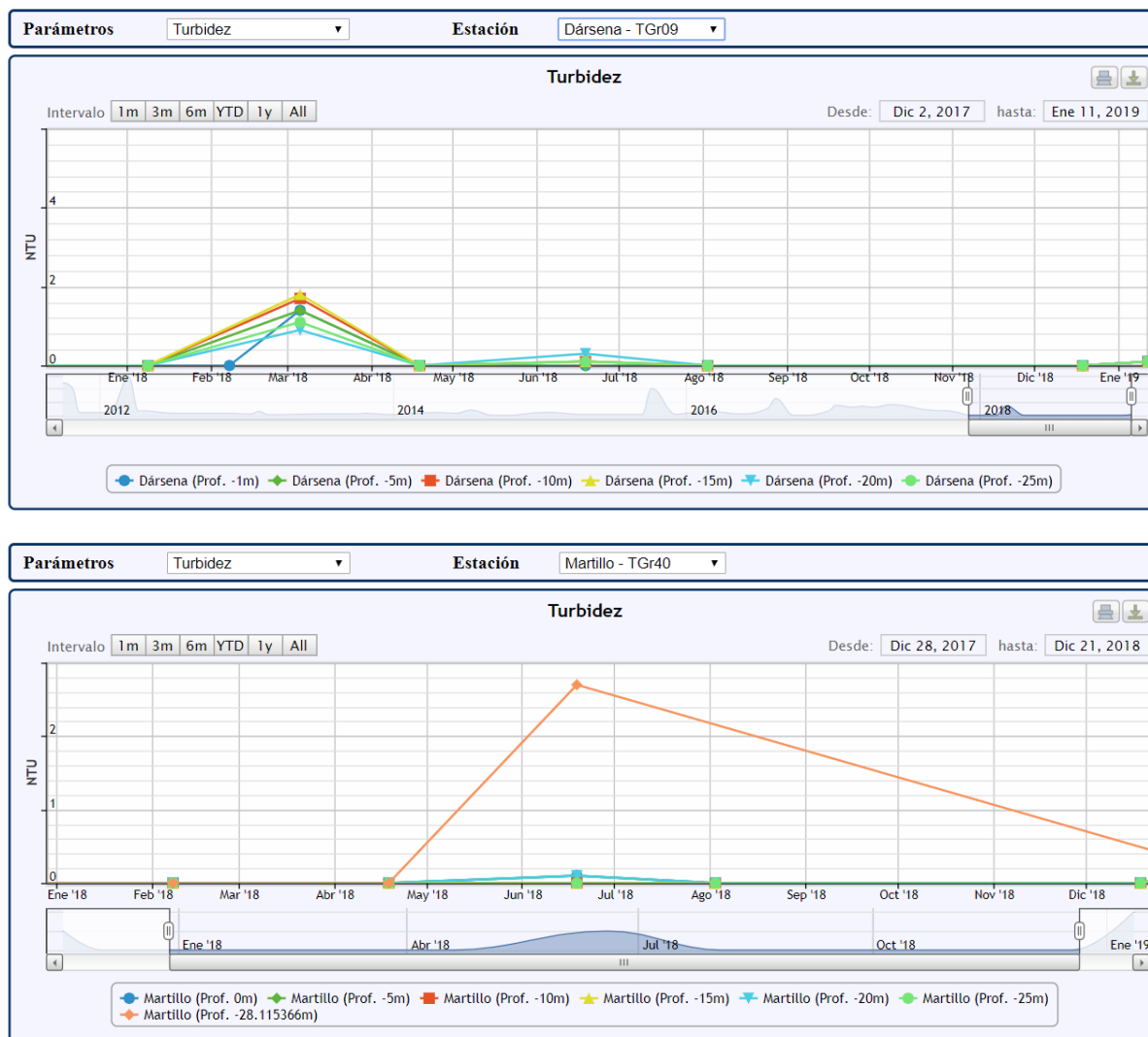


Figura 66. Turbidez (NTU) registrada en el 2018 con sonda multiparamétrica en las estaciones ubicadas en el interior del puerto Dársena-TGr09 y Martillo-TGr40

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 0,17 NTU, con máximos de 2,7 NTU.

La turbidez medida en el laboratorio a partir de muestras de aguas son: mínima de 0 NTU, máximo de 1,40 NTU (en fondo en TGr09-Dársena) y media de 0,28 NTU. En general, las aguas son claras.

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 19).

Tabla 19. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla

Clorofila a µg/l	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Valor máximo	0,54	0,54	0,68	0,68	0,68	0,62	0,56	0,56
Valor mínimo	0,06	0,05	0,26	0,15	0,22	0,32	0,11	0
Media	0,28	0,35	0,40	0,37	0,37	0,46	0,30	0,23

El valor medio de clorofila alcanzado en el ejercicio 2016 no se ha llegado a alcanzar en el 2018, 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).

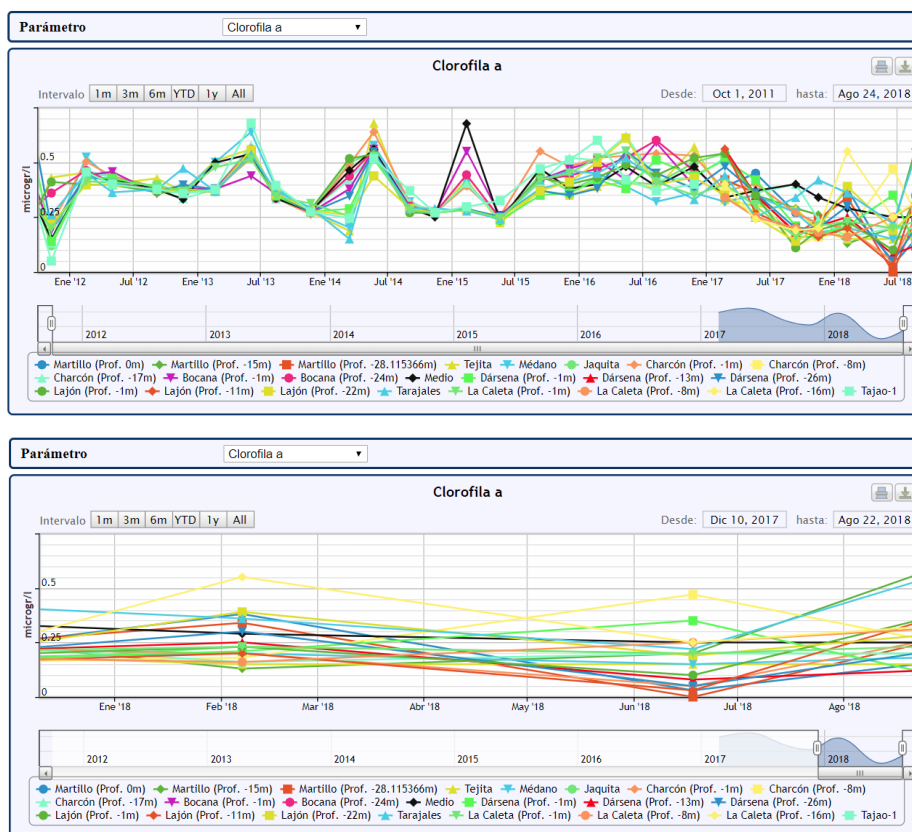


Figura 67. Arriba: evolución de la concentración de clorofila medida en laboratorio entre 2011 y 2018 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2018



Continúa la misma tendencia que en el 2017. Estabilizándose los valores de clorofila entre 0 y 0,6 microgramos/litro. 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. En este año 2018 únicamente hubo vertidos puntuales entre los meses de abril y junio coincidiendo con las obras de colocación de cajones del futuro muelle Ribera. No se han detectado picos atribuibles a este fenómeno (Figura 68).

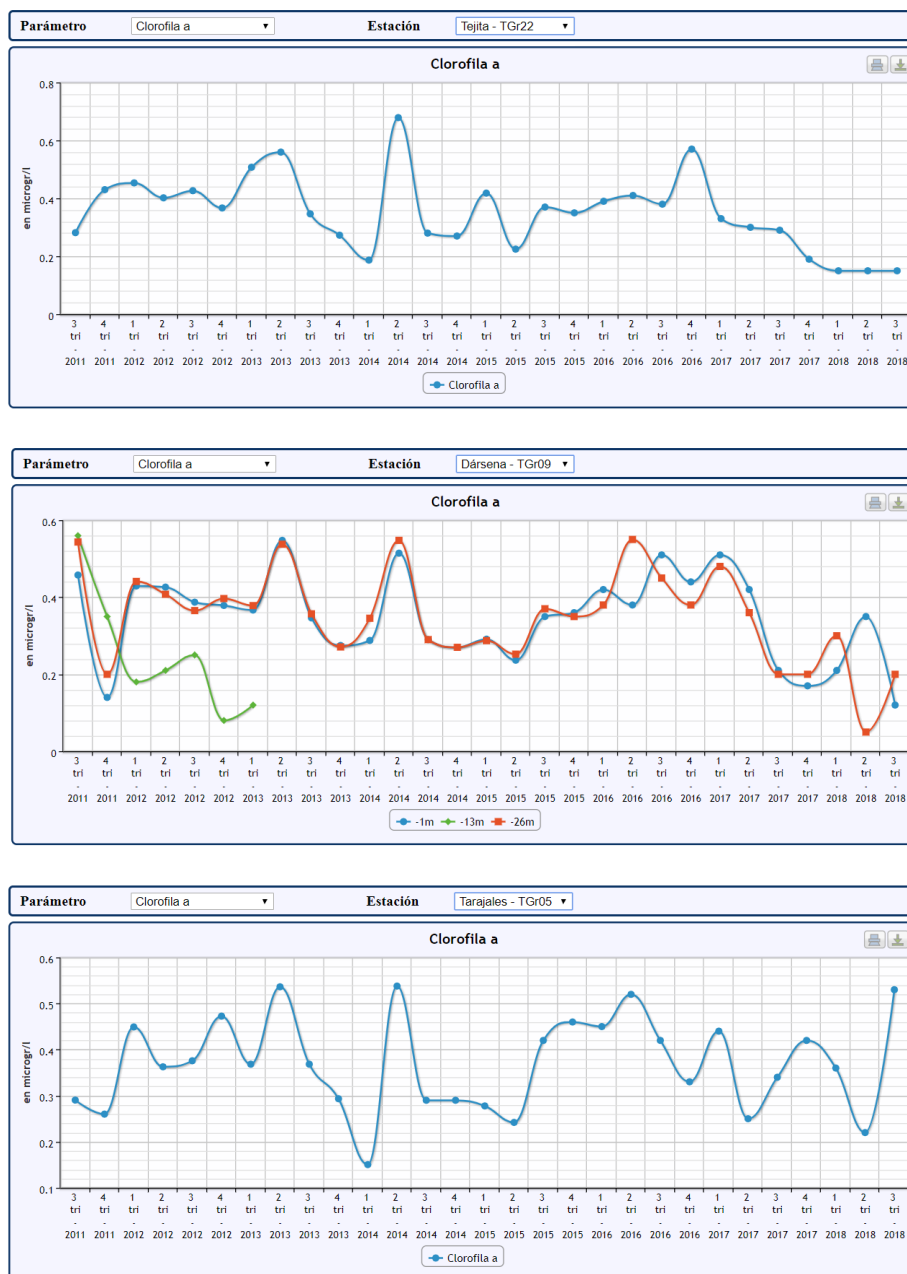


Figura 68. Evolución 2011-2018 de la clorofila a en la estación Tejita (arriba), Dársena (medio) y Tarajales. Equivalencia 1 µg/l = 1 mg/m³ de clorofila a

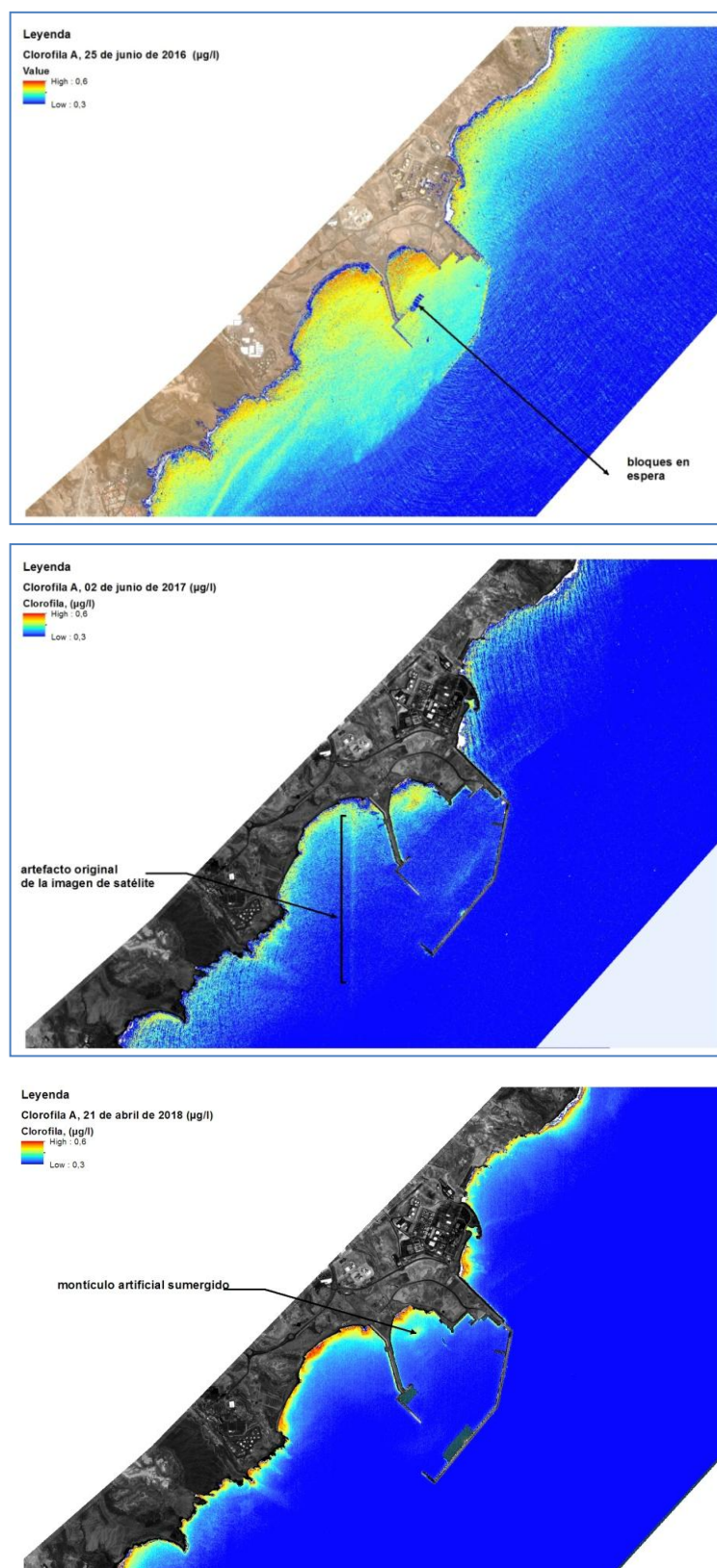


Figura 69. Distribución de la concentración de clorofila 2016, 2017 y 2018



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 Abril de 2018 (Figura 69) 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 2017 se observa aumento en general de la concentración de clorofila debido quizás a los vertidos puntuales realizados entre abril y junio con motivo de los fondeos de los cajones del futuro muelle Ribera.

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. En este año sólo se ha podido realizar tres muestreos en el año debido a que el proceso de licitación abierto no se cerró hasta comienzos 2019.

Al igual que en el 2017, a parte de los parámetros habituales determinados en años anteriores, se sigue midiendo los parámetros solicitados por la autoridad portuaria para cumplir los requisitos de la ROM (Recomendaciones de Obras Marítimas).

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. Únicamente destacar, respecto a los fosfatos el único valor por encima del de detección en la estación TGr40 (Martillo), 0,13 mg/l. Habrá que esperar a próximas analíticas a ver tendencia.

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 70).



Figura 70. Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla y desde 2011 hasta 2018, inclusive



La materia en suspensión en 2018 presenta valores que van desde 0 mg/l a picos de 8,4 mg/l, valores de mínimos alcanzados (en todas las estaciones) desde que en 2011 se comenzaron los muestreos (Figura 71).

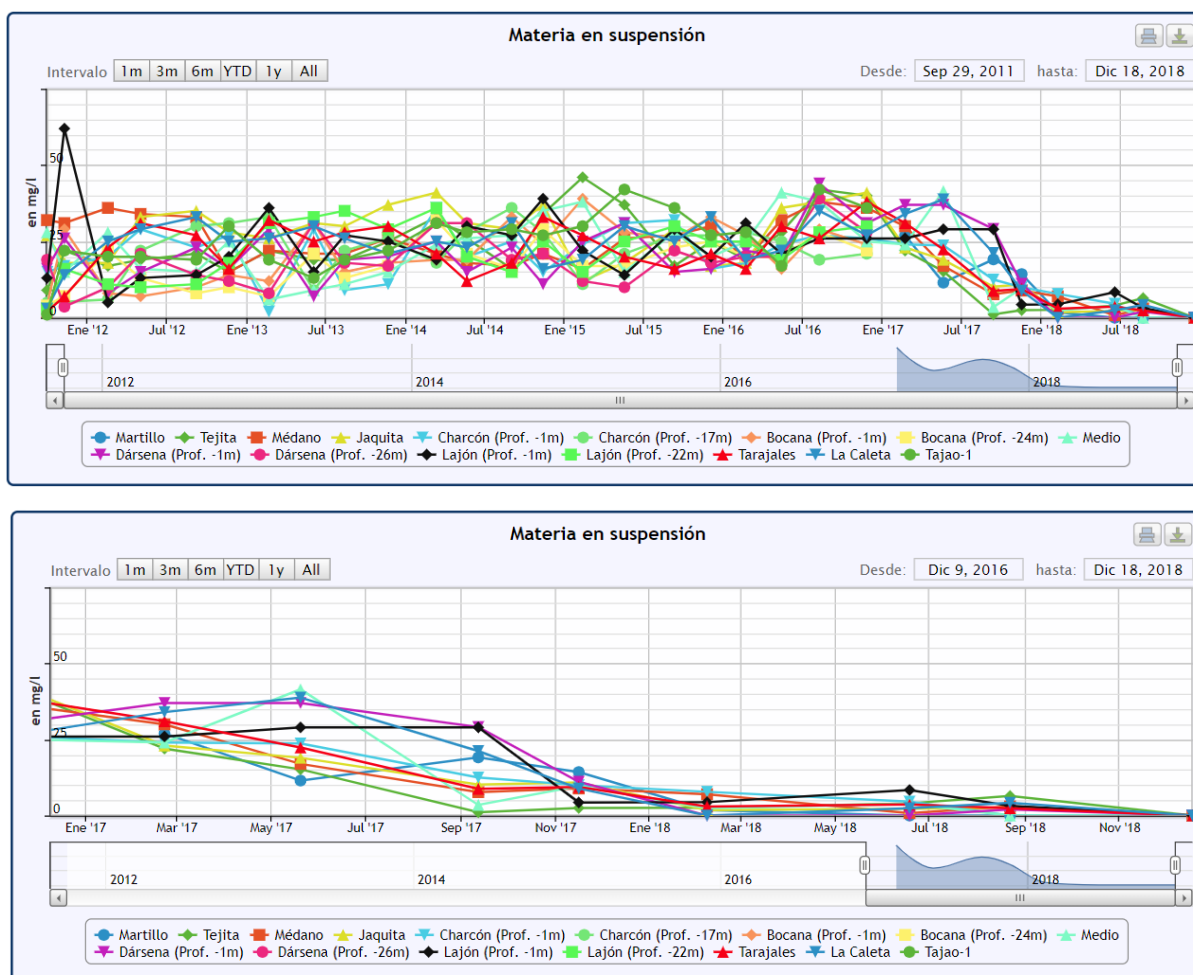


Figura 71. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2018 según las estaciones. Abajo: datos del 2017 y 2018

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 72).

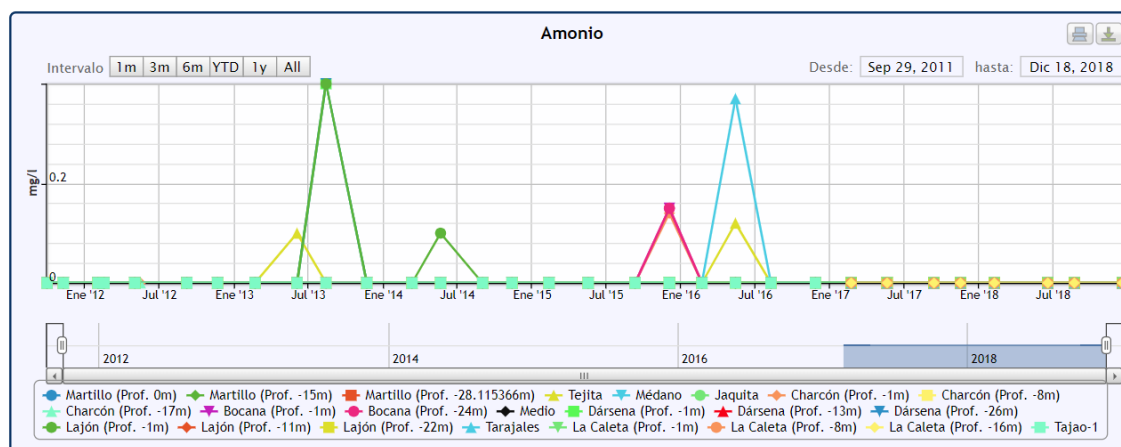


Figura 72. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2018)

Carbono orgánico total: Siguiendo tendencia de años anteriores sus concentraciones se mantienen por debajo de 0,25 mg/l en todas las estaciones. Los bajos niveles indican ausencia de contaminación por aguas residuales u otra fuente de materia orgánica (Figura 73).

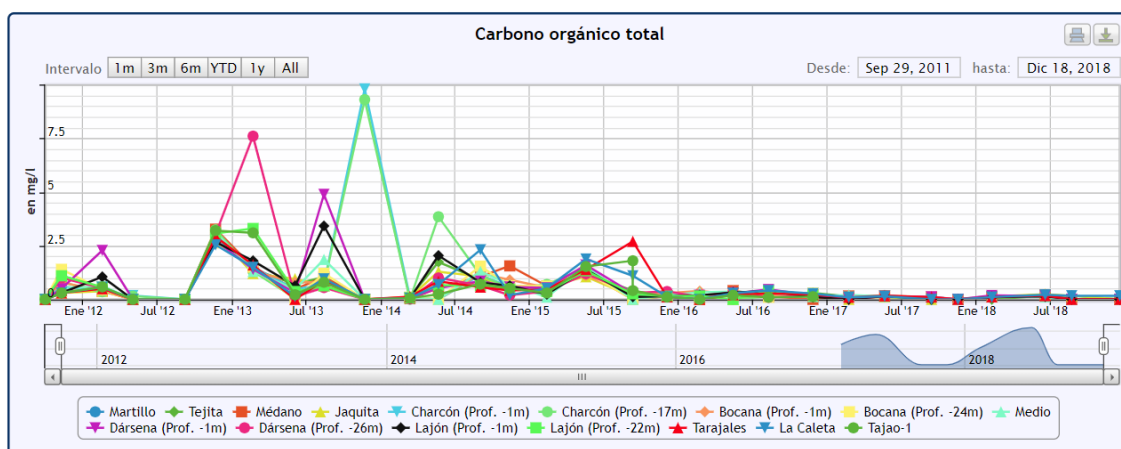


Figura 73. Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2018

Aceites y grasas: Siguiendo la tendencia del año 2017 los valores para todos los muestreos del año 2018 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 (Figura 74).

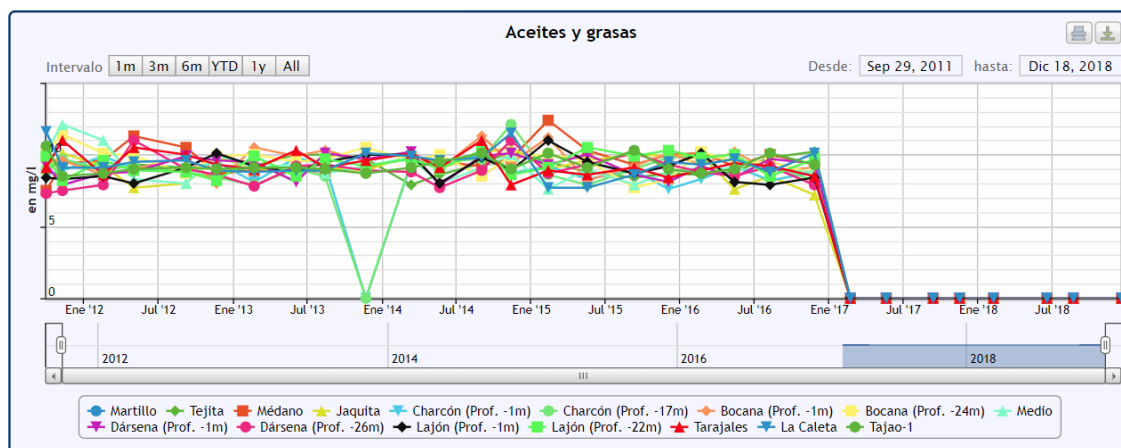


Figura 74. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2018)

Detergentes. En 2018, las concentraciones de detergentes son inferiores al límite de detección de 0,10 mg/l, por lo que se sigue la tendencia del año anterior (Figura 75).

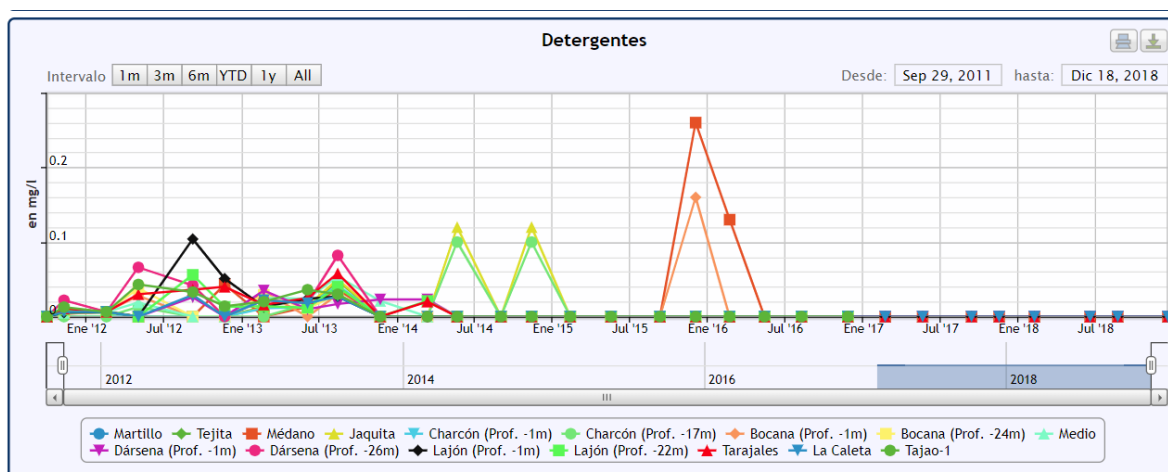


Figura 75. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2018)

Hidrocarburos totales: el valor máximo de referencia de hidrocarburos totales (2005) es de 870 $\mu\text{g/l}$. Dicho máximo no se ha alcanzado en ninguna estación durante el periodo de obras, incluido el presente ejercicio (2012-2018), con registros inferiores a $< 160 \mu\text{g/l}$.

Observamos valores máximos de 2015 de $157 \mu\text{g/l}$, valor por debajo del valor de referencia. Destacar en 2015 un ligero aumento en la presencia de hidrocarburos totales que en los años 2016, 2017 y 2018 no es patente. El valor máximo obtenido en el 2018 es de $52,8 \mu\text{g/l}$ en la estación La Caleta (TGr04) (Figura 76 y 77).

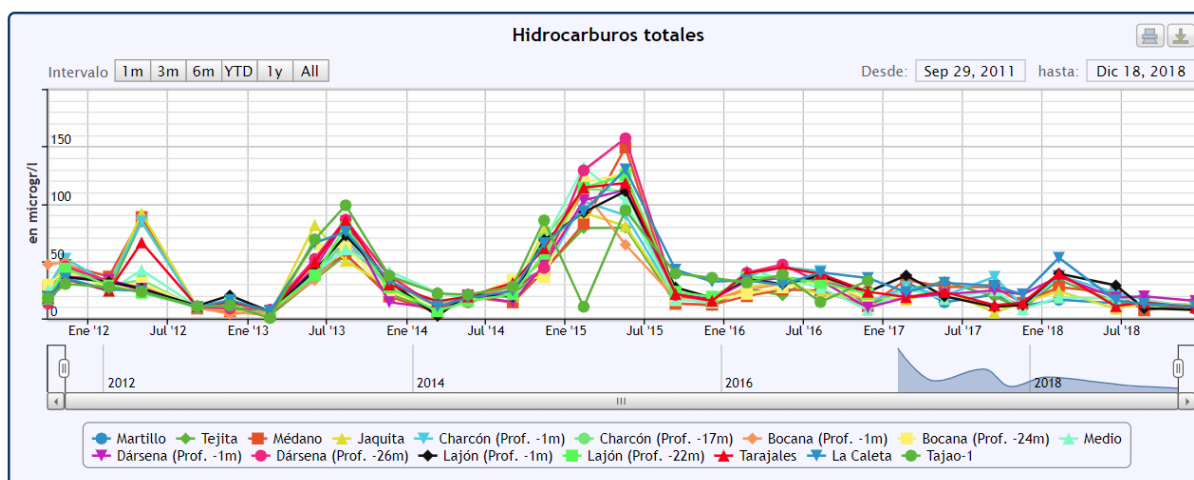


Figura 76. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2018 en la costa de Granadilla

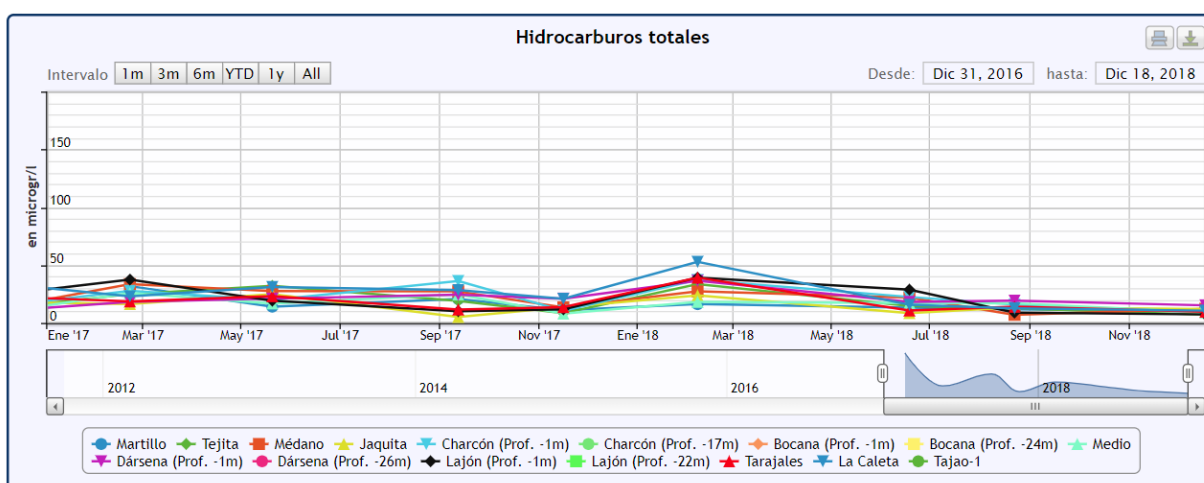


Figura 77. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el año 2017 y 2018 a lo largo de la costa de Granadilla

Metales pesados (As, Cr, Zn, Cu), tolueno, PAHs, benceno y TBT: Para el arsénico, cromo, cobre y cinc todos los valores están por debajo del límite de detección de 0,001mg/l. Destacar el descenso del cinc respecto al 2017 (Figura 78).

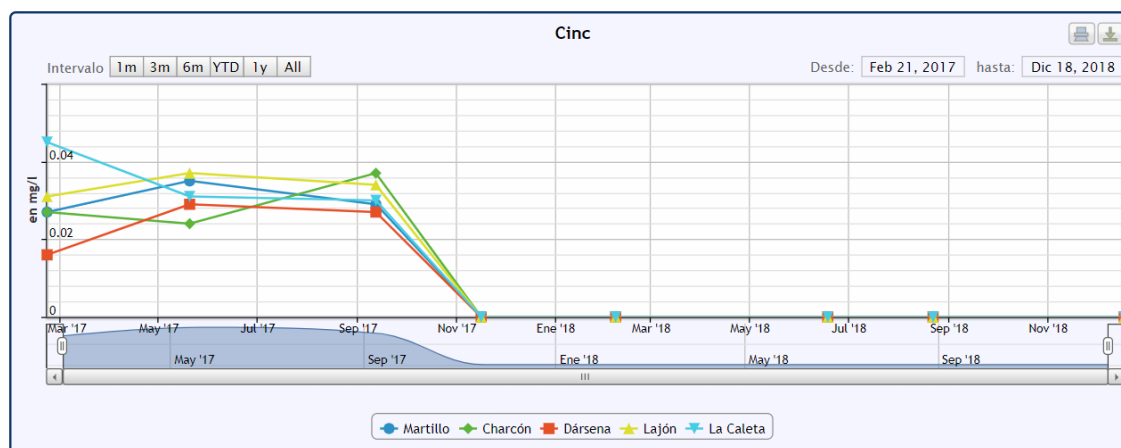
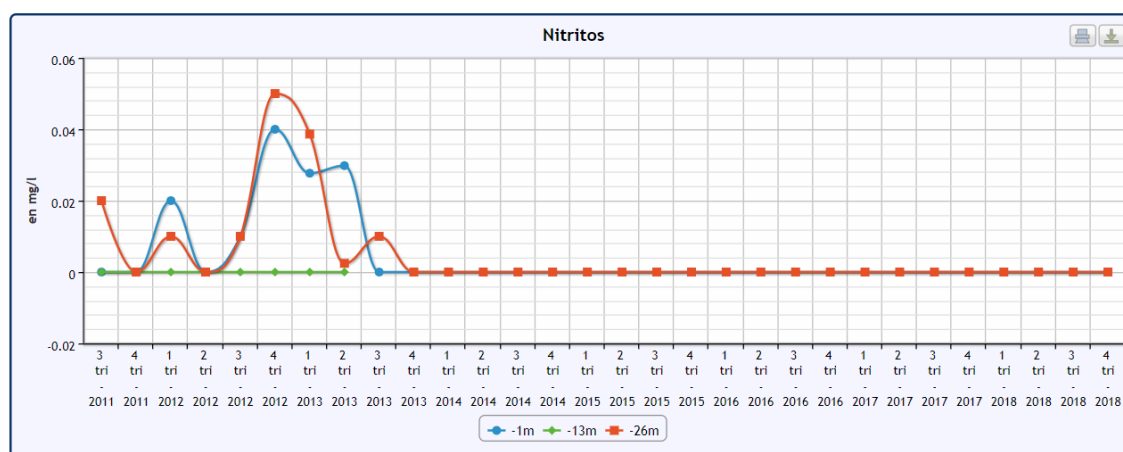
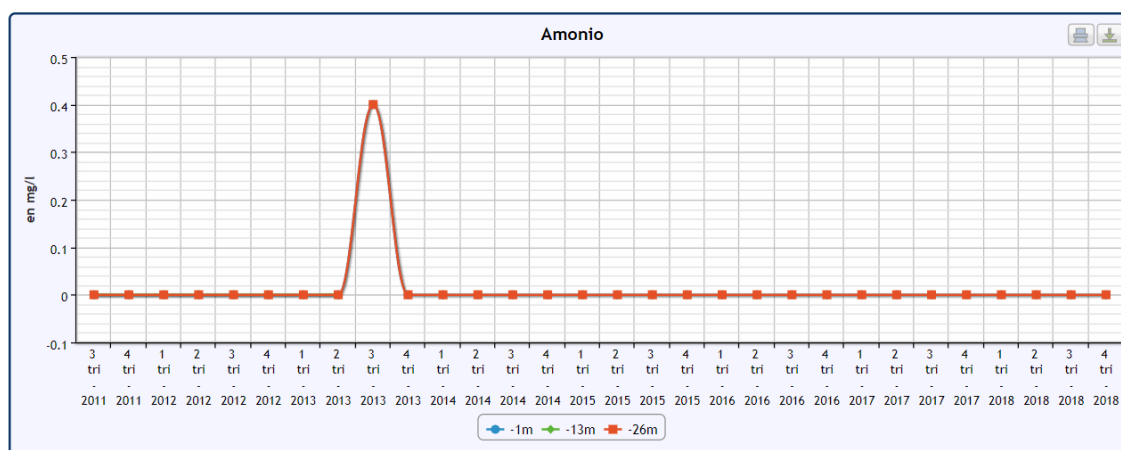
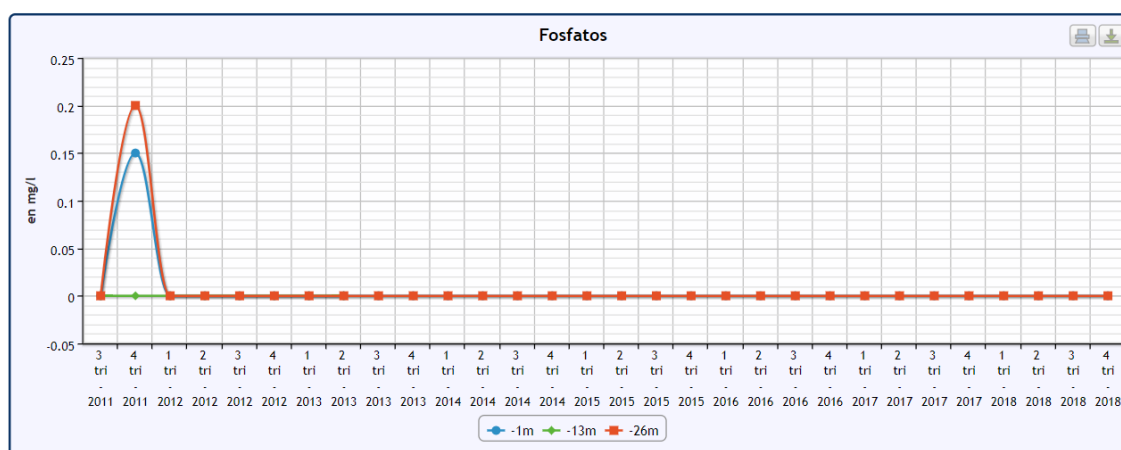
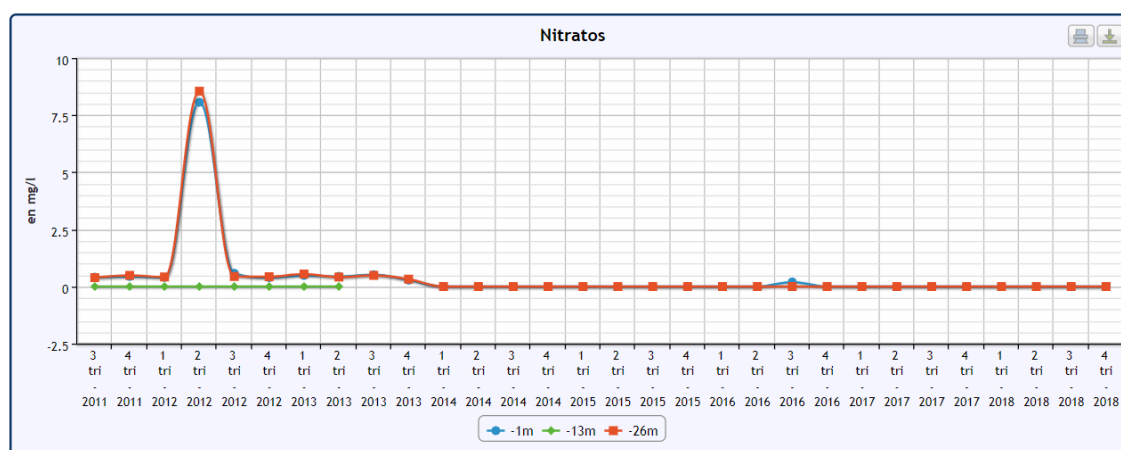


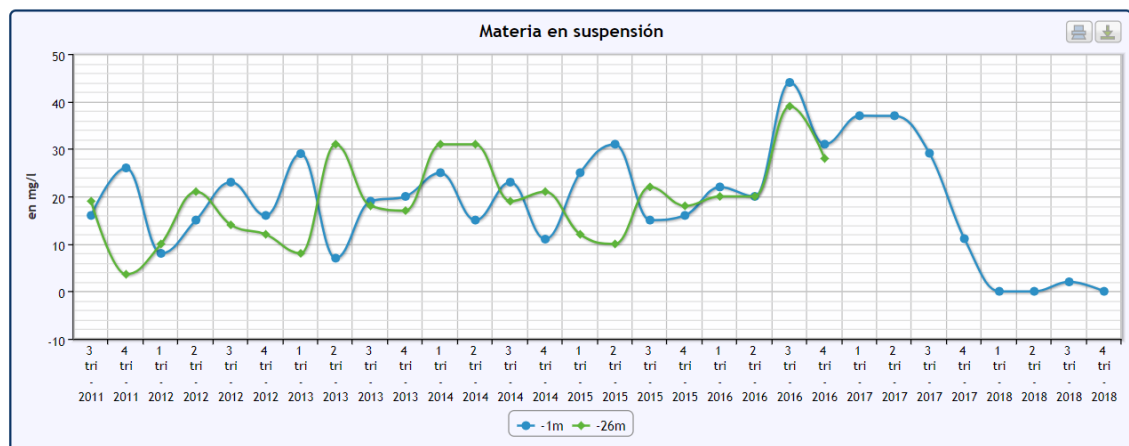
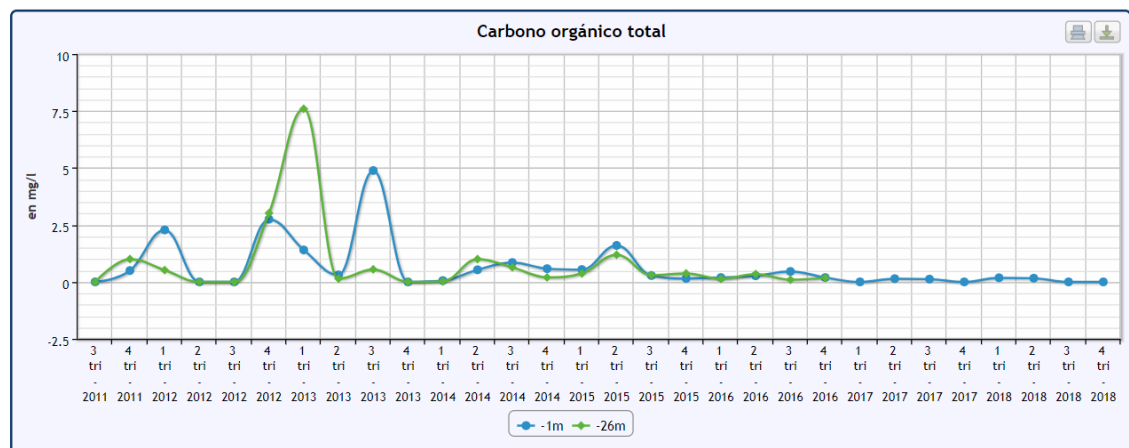
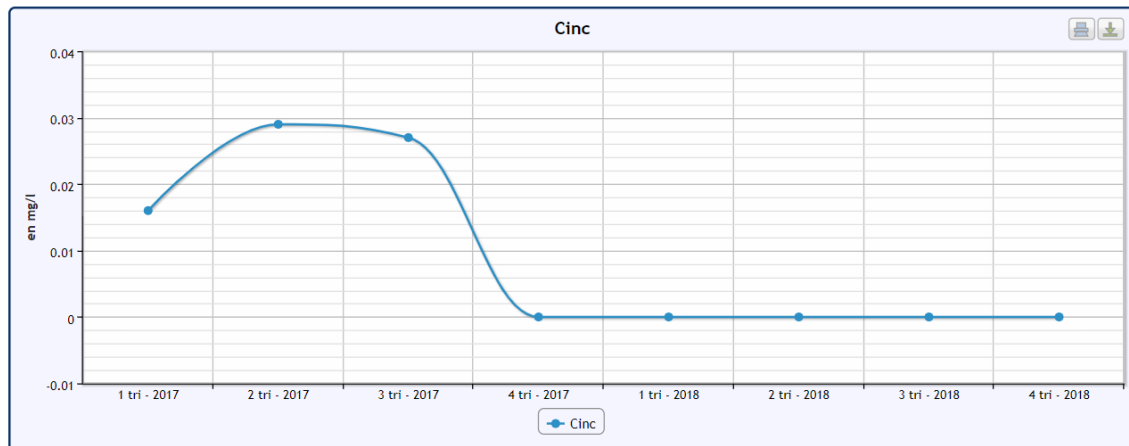
Figura 78. Distribución espacial de la concentración de Zn en agua 2017 y 2018 en las 5 estaciones muestreadas

En ninguno de los muestreos programados se detectaron concentraciones de tolueno, PAHs, benceno y TBT superiores al límite de detección del instrumental ($0,001 \mu\text{gr/l}$). Esto es indicativo de la ausencia de contaminación procedente de hidrocarburos.

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 79). Cabe mencionar aquí que en el informe anual de años anteriores en la gráfica que representa los hidrocarburos totales de la TGr09 ha habido un error del laboratorio, detectado por parte del OAG en febrero de 2018 y modificado. Habíamos hecho mención de dicho error en el informe anual del 2017 pero no modificamos la gráfica aquí presente.







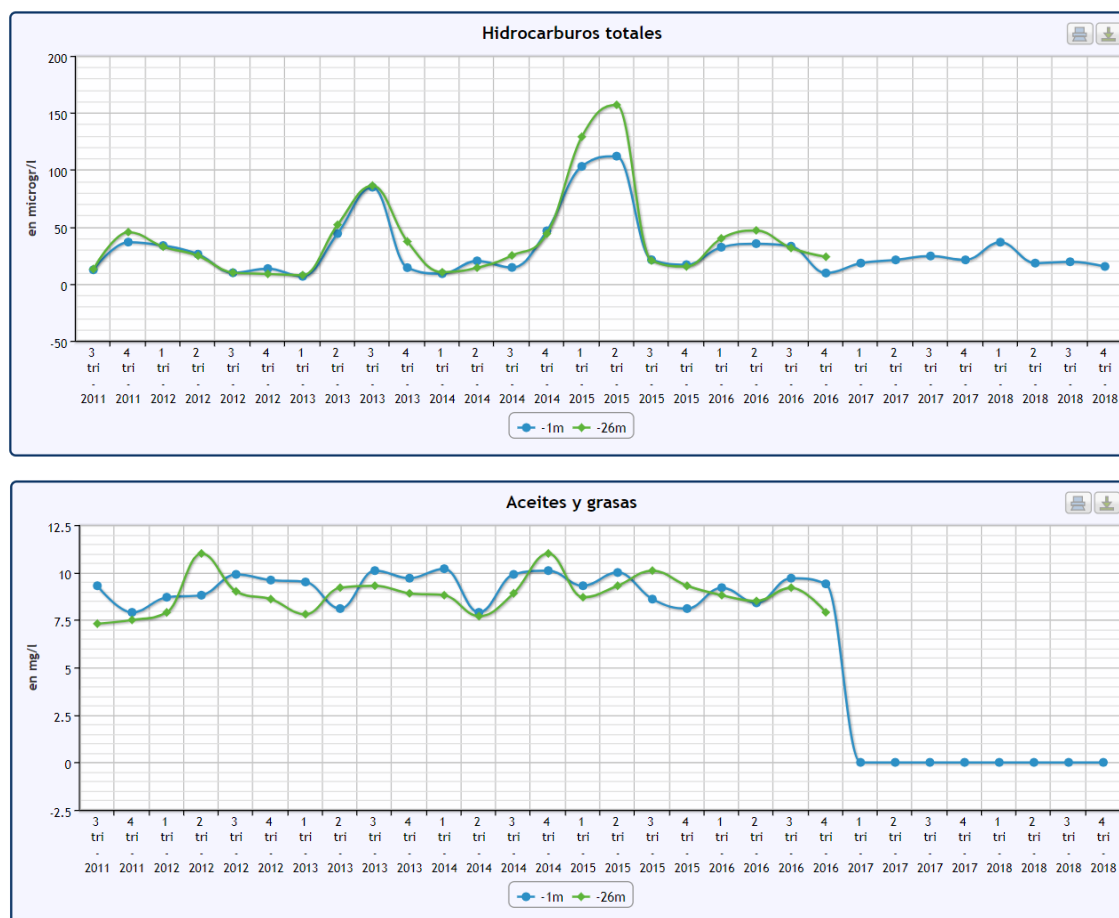


Figura 79. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 “Dársena”

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 2018 se pudieron muestrear todos los meses a excepción de mayo debido a que la embarcación del OAG se encontraba en dique seco y en julio por no poderse salir por mala mar (Figura 80).

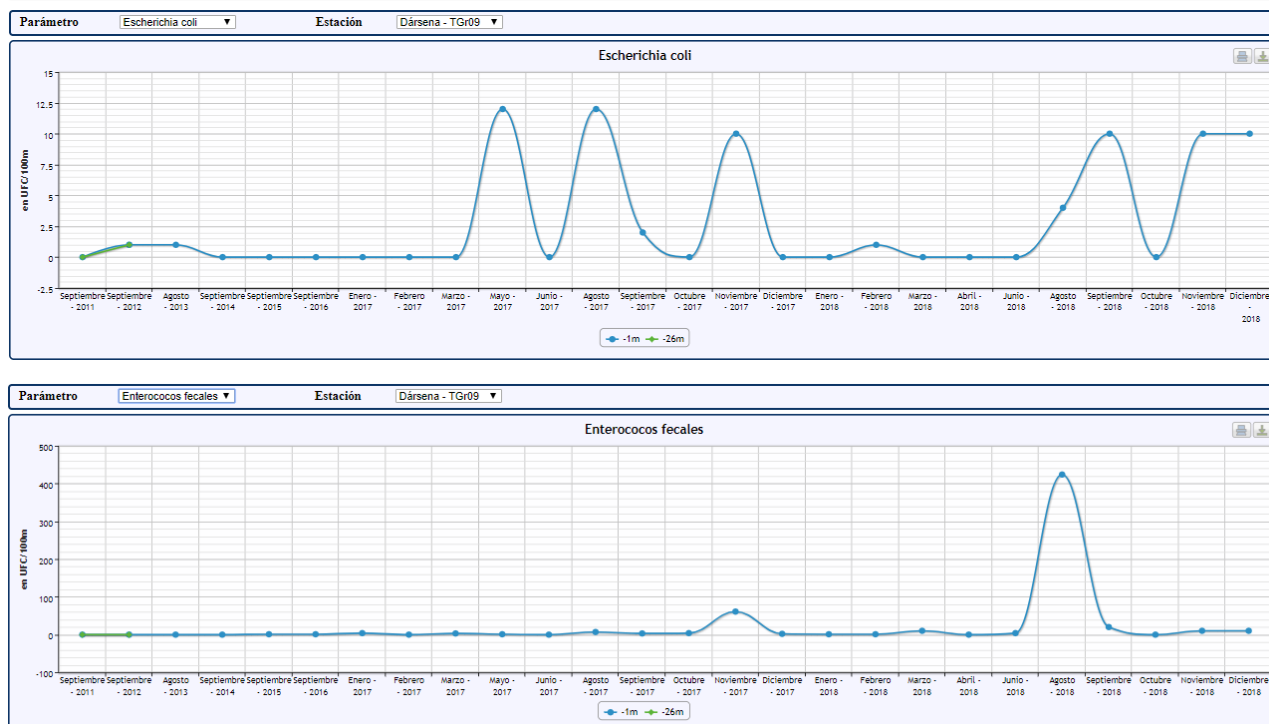


Figura 80. Evolución de concentraciones de *Escherichia coli* y de *Enterococos fecales* en la TGr09-Dársena

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).

Cabe destacar en agosto de 2018 valores elevados, nunca antes encontrados para Enterococos (TGr09-424 UFC/100ml y TGr10-440 UFC/100ml). Respecto la concentración de E.coli era para la TGr10 de 122 UFC/100ml y para la TGr09 de 4 UFC/100ml (Figura 81). Debido a este pico anómalo se decidió realizar otro muestreo en el mismo mes. En este segundo muestreo se obtuvieron valores normales, concentraciones para la TGr09 de 10 UFC/100ml y para la TGr10 de 0 UFC/100ml para ambas bacterias. La causa de estos picos es desconocida, pero quizás pueda deberse al aumento de población veraneante en El Médano y al desbordamiento de la fosa del emisario cercano de Pelada y Playa del Vidrio, que obligaron en varias ocasiones a cerrar varios días las playas. En noviembre también se detectó un pico sin llegar a valores por encima de los límites legales (96 UFC/100ml para *E. coli* y de 41 UFC/100 ml para Enterococos fecales).

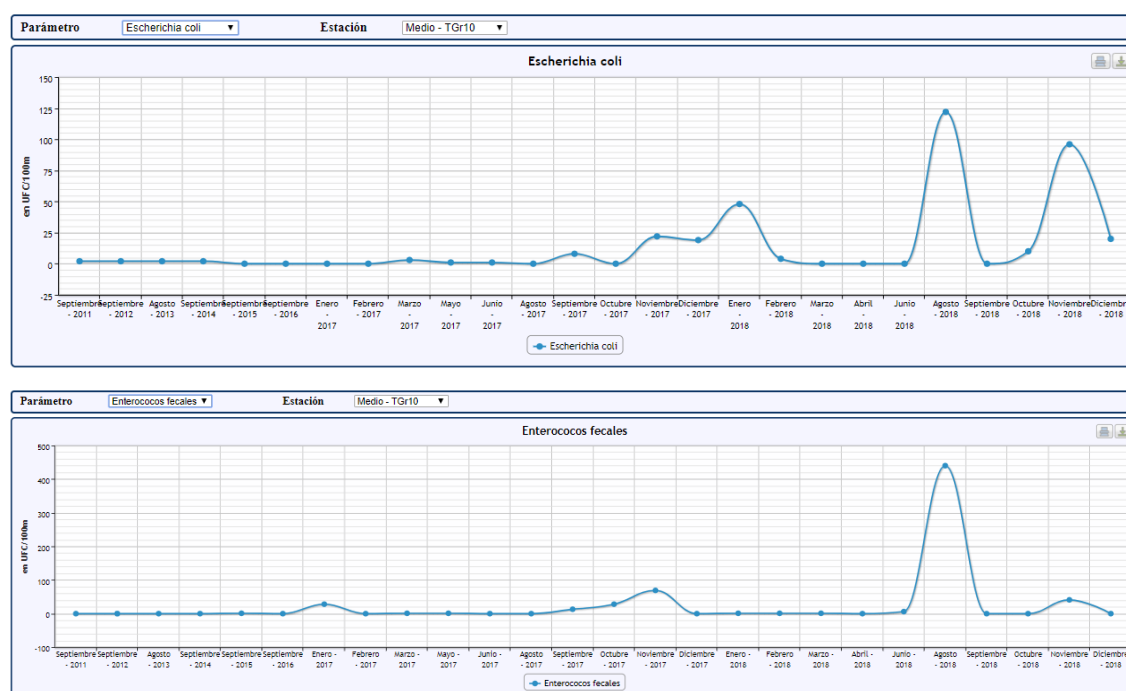


Figura 81. Evolución de concentraciones de *Escherichia coli* y de *Enterococos fecales* en la TGr10-Medio

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. El muestreo es cuatrimestral y se hace en las mismas diez estaciones que se emplean para la calidad de aguas. Hay que tener en cuenta que este año, debido al proceso de licitación llevada a cabo, sólo se ha realizado dos muestreos en el año. Debido a la incompatibilidad entre el procedimiento de recogida de muestras con buceadores autónomos del OAG y el protocolo seguido por la autoridad portuaria se adquirió una draga *Van Veen* para la recogida de muestras en esta zona. Seguramente y debido a la compactación del terreno no ha sido posible la recogida de muestras en la estación Dársena (TGr09). Así mismo en la estación martillo (TGr40) se recogió en uno de los dos muestreos realizados.



3.5.4.1 Granulometría



Figura 82. Clasificación D50 de los sedimentos muestreados en 2018

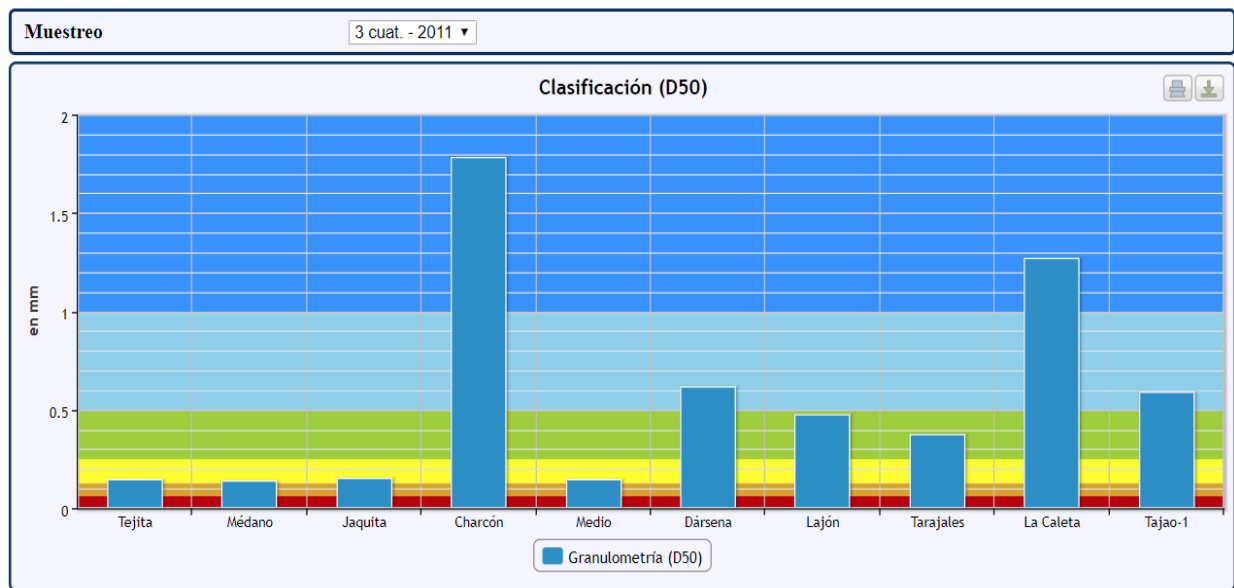


Figura 83. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)

Las gráficas que anteceden muestran para 2011 (Figura 83) y 2018 (Figura 82) 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.

En general, la granulometría actual es menor en comparación con 2011 (Figura 84)

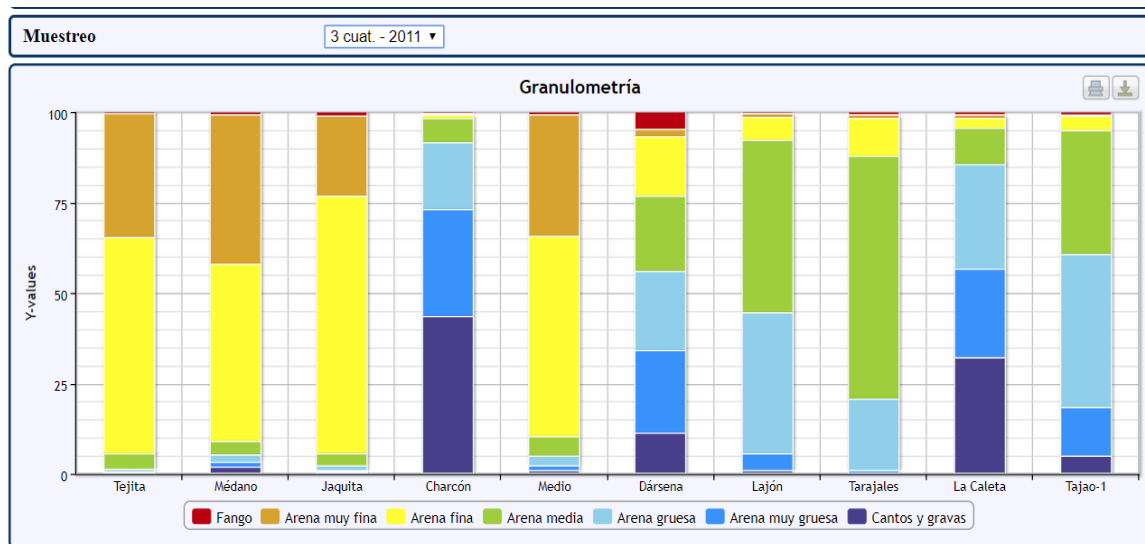


Figura 84. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia)

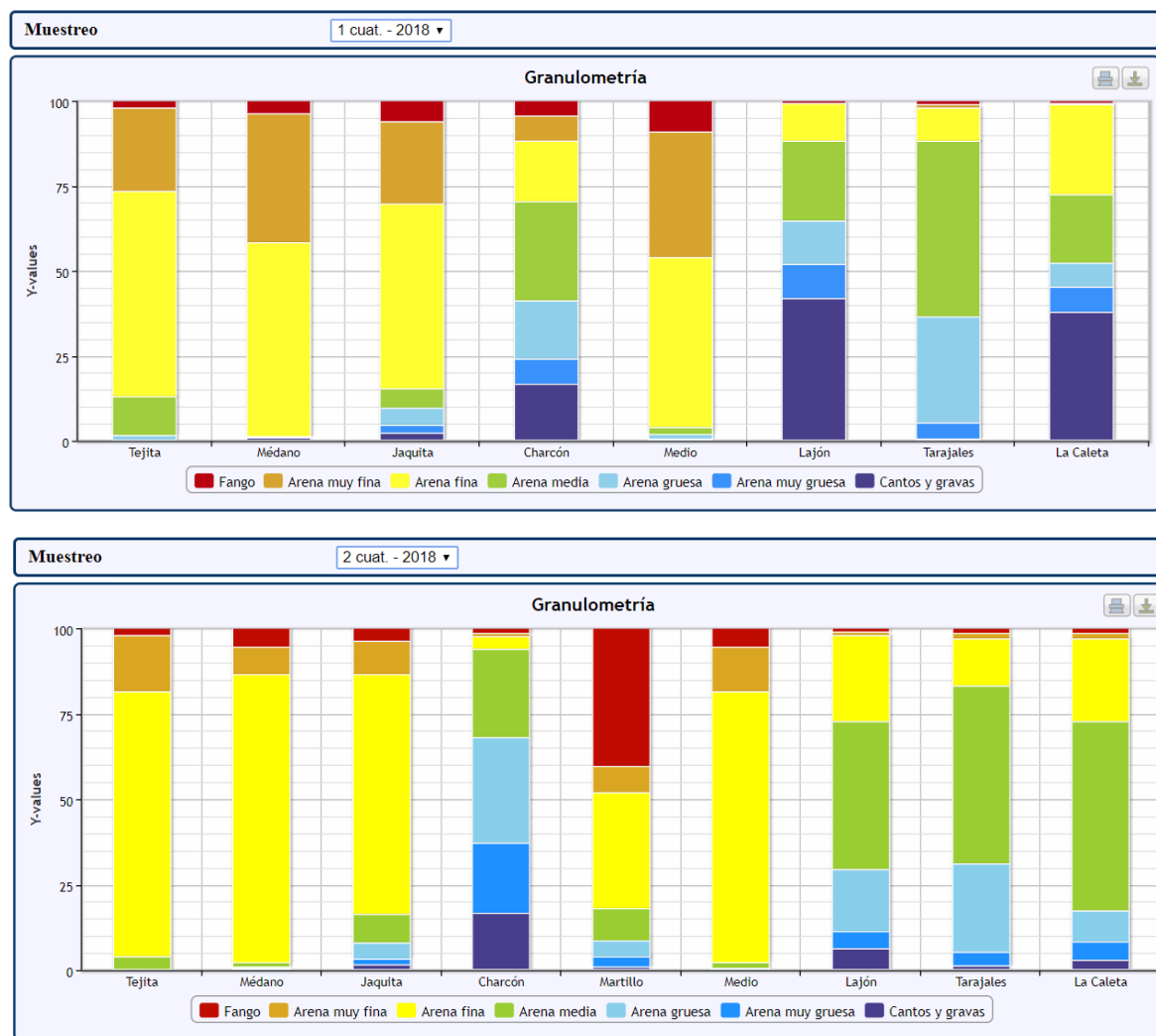


Figura 85. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2018: arriba 1º cuatrimestre, abajo segundo cuatrimestre

En la Figura 85 se muestra la composición granulométrica de 100 gramos de sedimento en los dos muestreos llevados a cabo en 2018. Como generalidad se puede decir que predominan los fondos de arenas finas en la mayoría de las estaciones a excepción de Charcón (TGr14), donde la composición tiende más a arenas gruesas. Destacar que para la estación TGr09 (Dársena) y TGr40 (Martillo) no ha sido posible la recogida de muestras con buceadores autónomos, por lo que se ha intentado recoger las muestras con draga *Van Veen*. Sólo ha sido posible sacar arena en la TGr40 en el segundo semestre, por lo que no se dispone de datos de la estación TGr09. Cabe destacar, como es lógico, la abundancia de fangos en la estación TGr40 ubicada en la bocana 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 86). En 2017 se produce un aumento medio respecto a años anteriores en materia orgánica, carbono orgánico total, hidrocarburos y nitrógeno total. En 2018 se produce aumento en materia orgánica y carbono orgánico, en el resto de parámetros químicos se observa descenso respecto al año anterior.

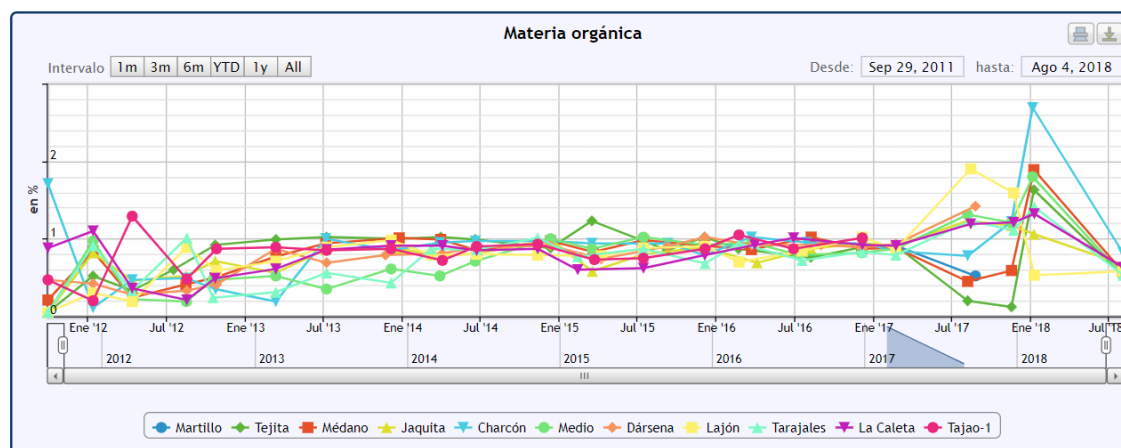


Figura 86. Variación temporal (2011-2018) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de Granadilla

Materia orgánica. En el 2018 se detecta un aumento en las medias de materia orgánica y de COT total respecto al año anterior (1,07% y 6,19 g/kg frente a 0,97% y 5,65 g/kg respectivamente) (Tabla 20).



Tabla 20. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2018.
Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior

Sedimentos	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Componentes y nutrientes	2018	2018	2018	2018	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,13	0,34	1,19	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,53	1,07	2,69	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	3,07	6,19	15,60	-
Fosfatos	mg/kg	0	0,78	5,25	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	38	155,12	329	<1,5
Contaminantes	2018	2018	2018	2018	2010
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	0,98	1,28	<1,5
Componentes y nutrientes	2017	2017	2017	2017	2010
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	2,51	11,41	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	41	250,64	1355	<1,5
Contaminantes	2017	2017	2017	2017	2010
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	2010
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	2010
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	2010
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	2010
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. En el 2018 se vuelve a valores promedio de años anteriores al 2017. Se desconoce el motivo de los picos elevados obtenidos en el 2017 (2011 = 340,69 mg/kg, 2012 = 35,37 mg/kg, 2013 = 0,72 mg/kg, 2014 = 0,98 mg/kg, 2015 = 0,90 mg/kg, 2016 = 0,81 mg/kg, 2017 = 2,42 mg/kg, 2018 = 0,98 mg/kg). (Figura 87 y 88).

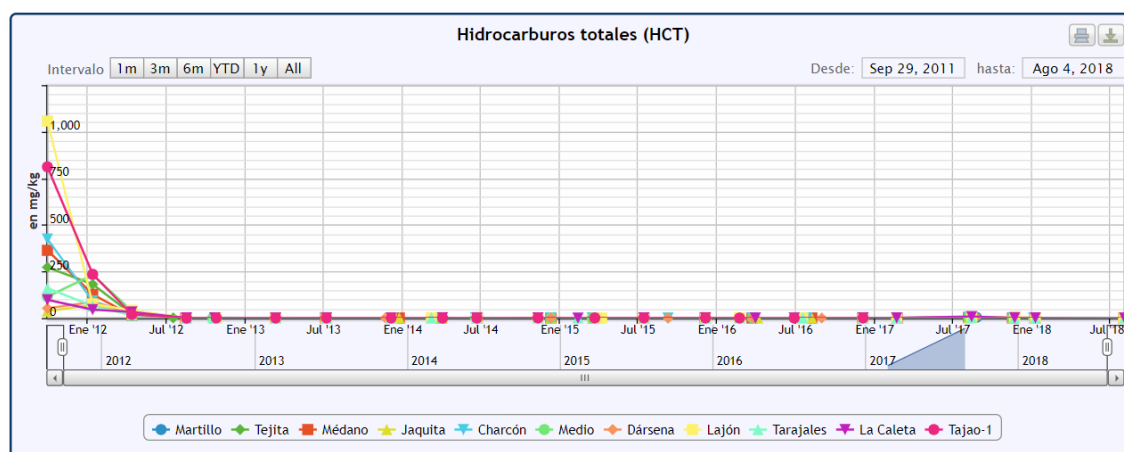


Figura 87. Variación temporal (2011-2018) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

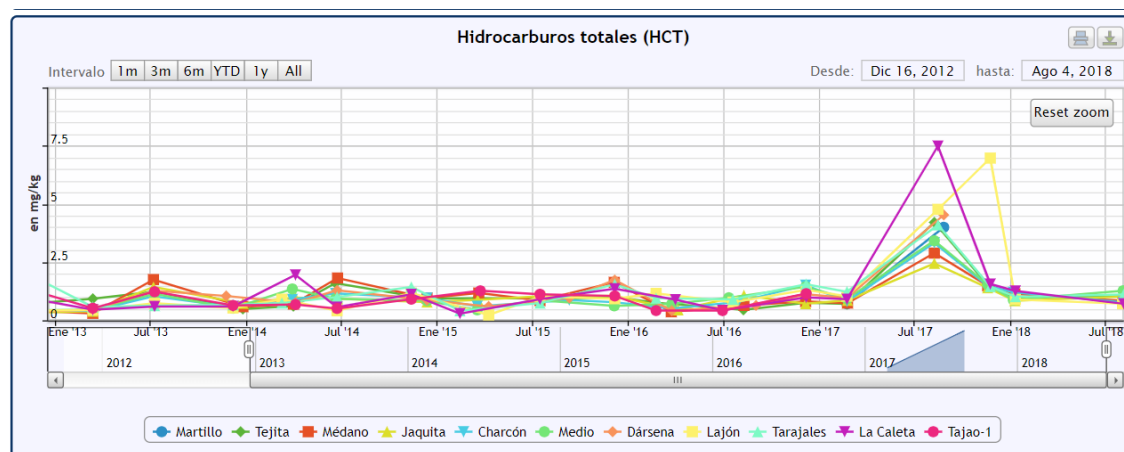


Figura 88. Variación temporal (2013-2018) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

Nitrógeno total. En el 2018 se vuelve a valores de años anteriores al 2017 donde se obtuvieron promedios muy elevados, que no se habían obtenido hasta ahora (2011 = 193,20 mg/kg, 2012 = 145,94 mg/kg, 2013 = 200,55 mg/kg, 2014 = 171,70 mg/kg, 2015 = 13,36 mg/kg, 2016 =



125,32 mg/kg, 2017 = 250,64 mg/kg, 2018 = 155,12 mg/kg). El valor máximo obtenido (TGr14 = 329 mg/kg) está muy por debajo de los obtenidos en el año 2017 (TGr09 = 1.355 mg/kg y TGr40 = 1.020) (Figura 89). Dichos valores picos se obtuvieron en el 2017 en las dos estaciones existentes dentro del puerto. Este año 2018 no se ha podido recoger muestras en estas estaciones por no disponer de los permisos para poder realizar buceo autónomo en el interior del puerto y de no poder sacar muestra con la draga *Van Veen*. Por lo tanto no podemos comparar datos para estas estaciones. Esperemos a lo largo del 2019 poder muestrear en estas estaciones y poder así saber evolución del parámetro.

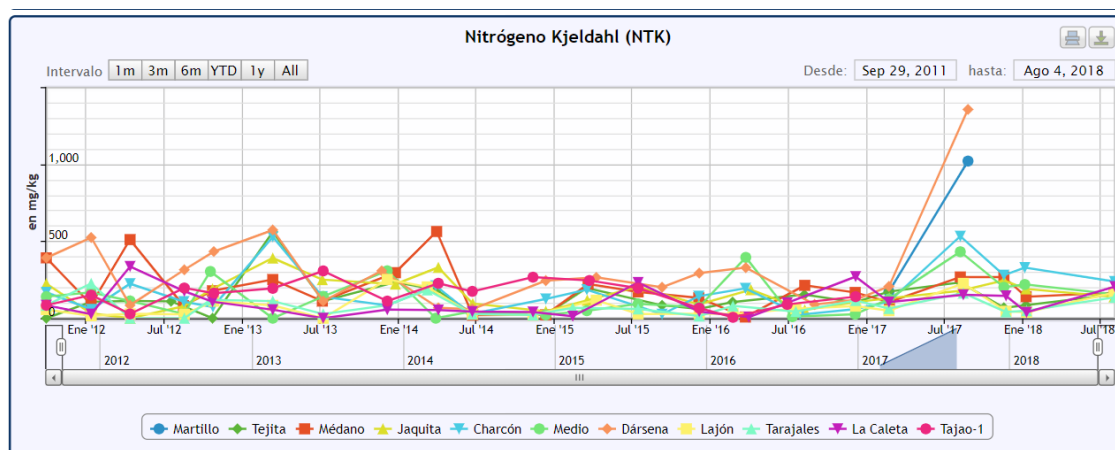


Figura 89. Variación temporal (2011-2018) del nitrógeno *Kjeldahl* en Granadilla

Fosfatos: se observa un descenso de los valores promedio respecto al año anterior (0,78 frente a 2,51 mg/kg de 2017). Es el valor más bajo desde el 2011. Anteriormente el valor promedio inferior fue de 1,52 mg/kg obtenido en el 2012. (Figura 90).

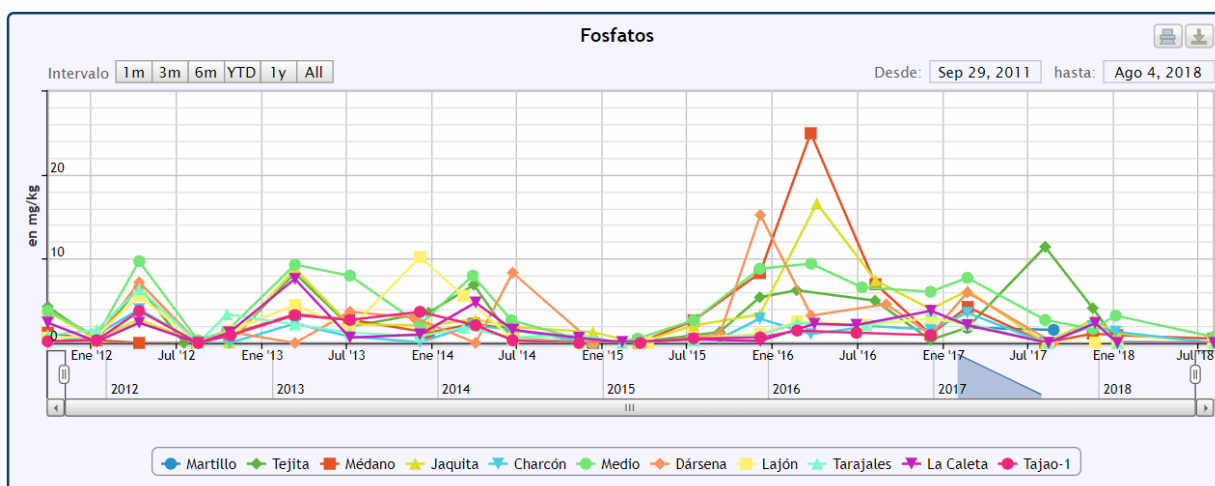


Figura 90. Variación temporal (2011-2018) de fosfatos en sedimentos Granadilla

Al igual que en los años previos, en 2018 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.

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, por norma general, de tres veces al año, pero, en este 2018 y debido al retraso en el proceso de licitación de las analíticas sólo fue posible realizar el muestreo en dos ocasiones. A partir del último cuatrimestre del 2017 se comenzó a determinar Cobalto (Co), estaño (Sn) y Vanadio (V). En la Tabla 21 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 21. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2018

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	-
Metales pesados - 2018	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	6,53	51,17	194,70	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0,16	0,30	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	2,20	3,55	4,78	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,95	3,64	6,37	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	4,37	24,44	47,20	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	2,73	21,95	52,40	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	1,5	5,58	12,60	[12,5 – 17,5]*
Cobalto	mg/kg	1,18	7,14	19,70	-
Estaño	mg/kg	0,26	0,20	0,44	-
Vanadio	mg/kg	8,55	29,70	71,70	-

En el 2017 se registró un aumento notable en la presencia de todos los metales pesados, a excepción del arsénico que se mantuvo con valores similares. En el 2018 la tendencia respecto a los metales Zn, Cd continúan en aumento en el primer muestreo anual realizado y decrece en el segundo muestreo (Figura 93 y Figura 94). Así mismo el Pb continúa también la tendencia ascendente del 2017, no se llegan a valores del 2011 pero junto con el 2017 son las anualidades con mayores concentraciones (Figura 93). Respecto a los metales Cu, Ni y Cr hay un ligero descenso respecto al 2017 pero continúan elevados respecto a años anteriores. Respecto al As se vuelve a valores aproximados a los obtenidos en el 2016 (Figura 92).

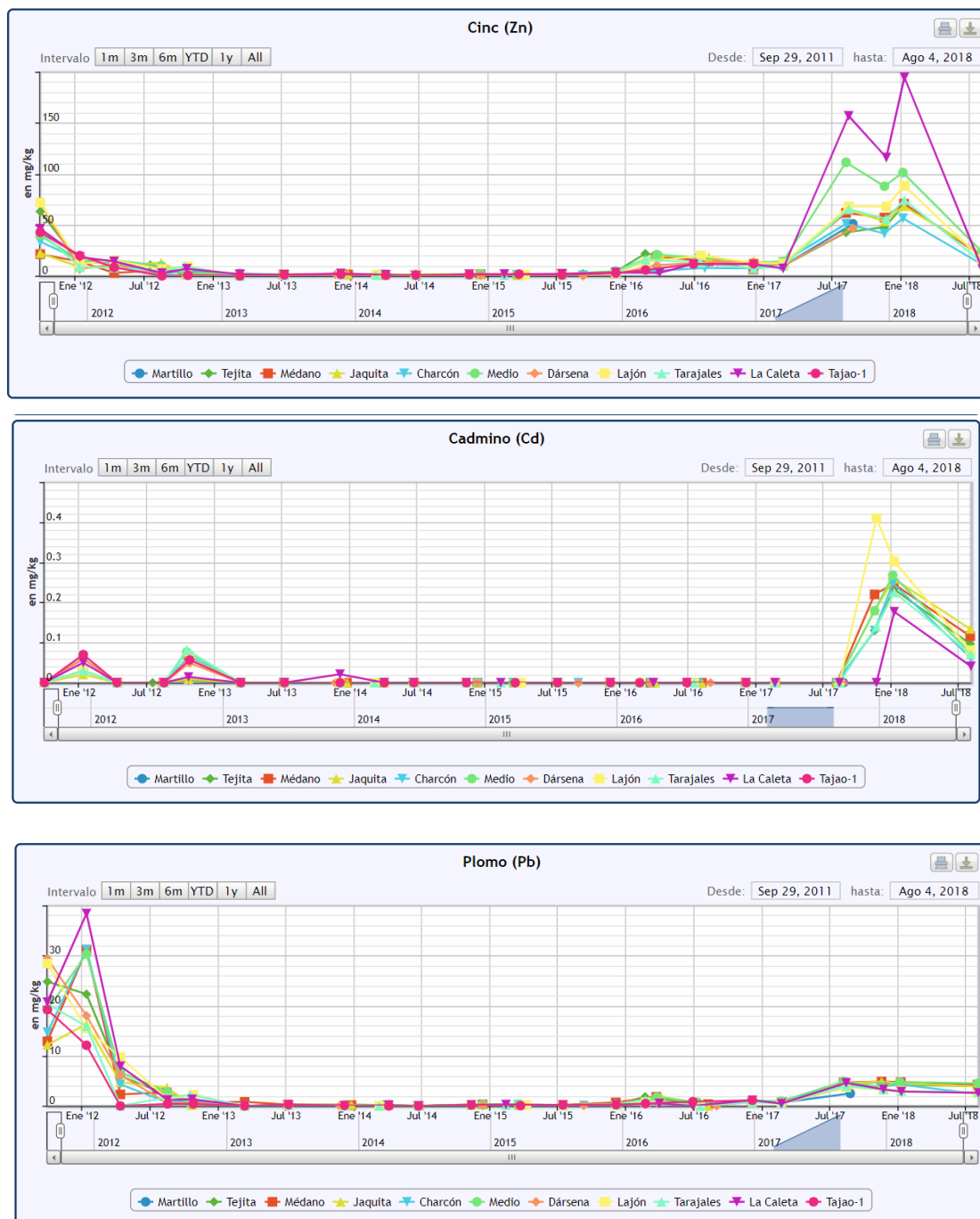


Figura 91. Concentración de cinc, cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla

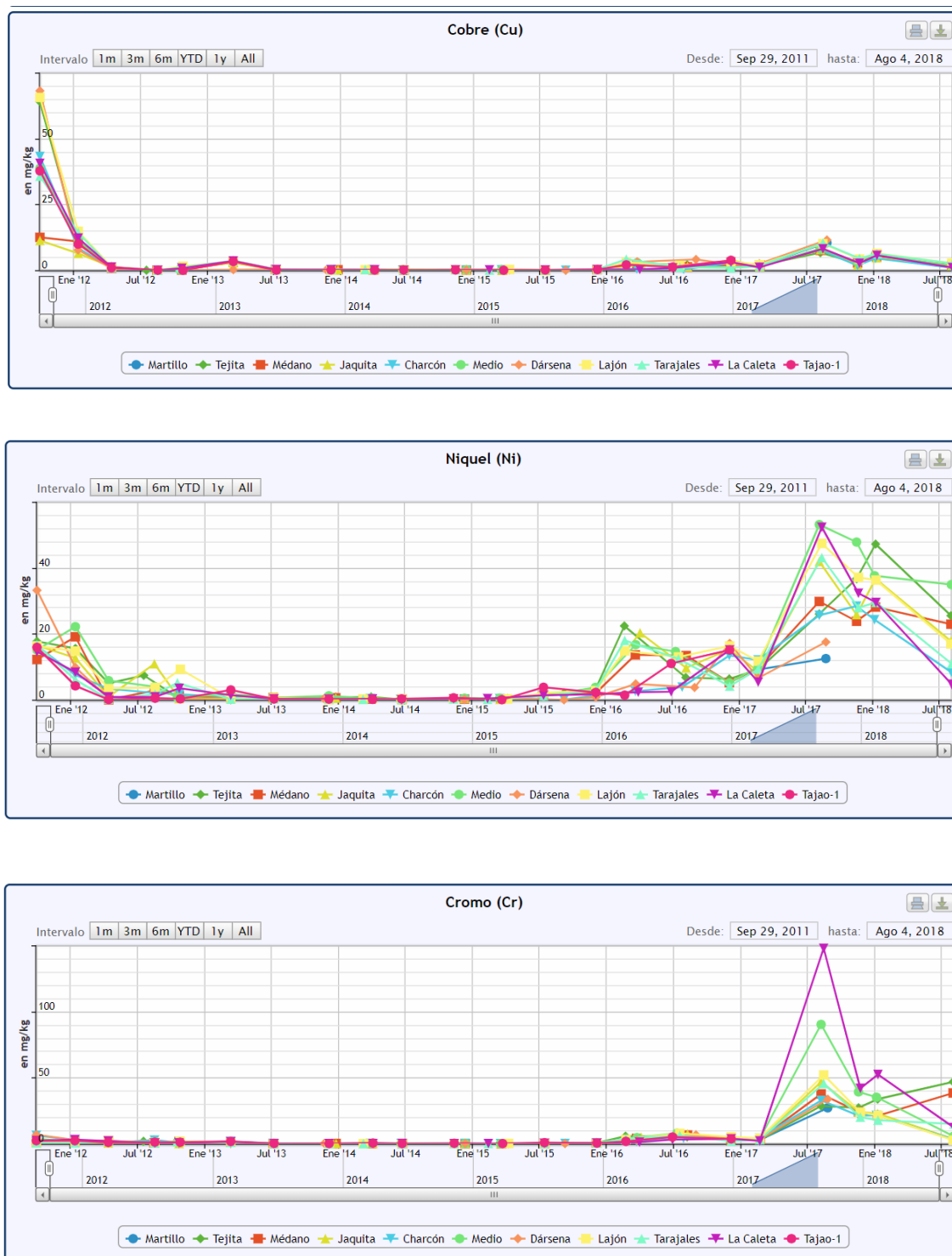


Figura 92. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla

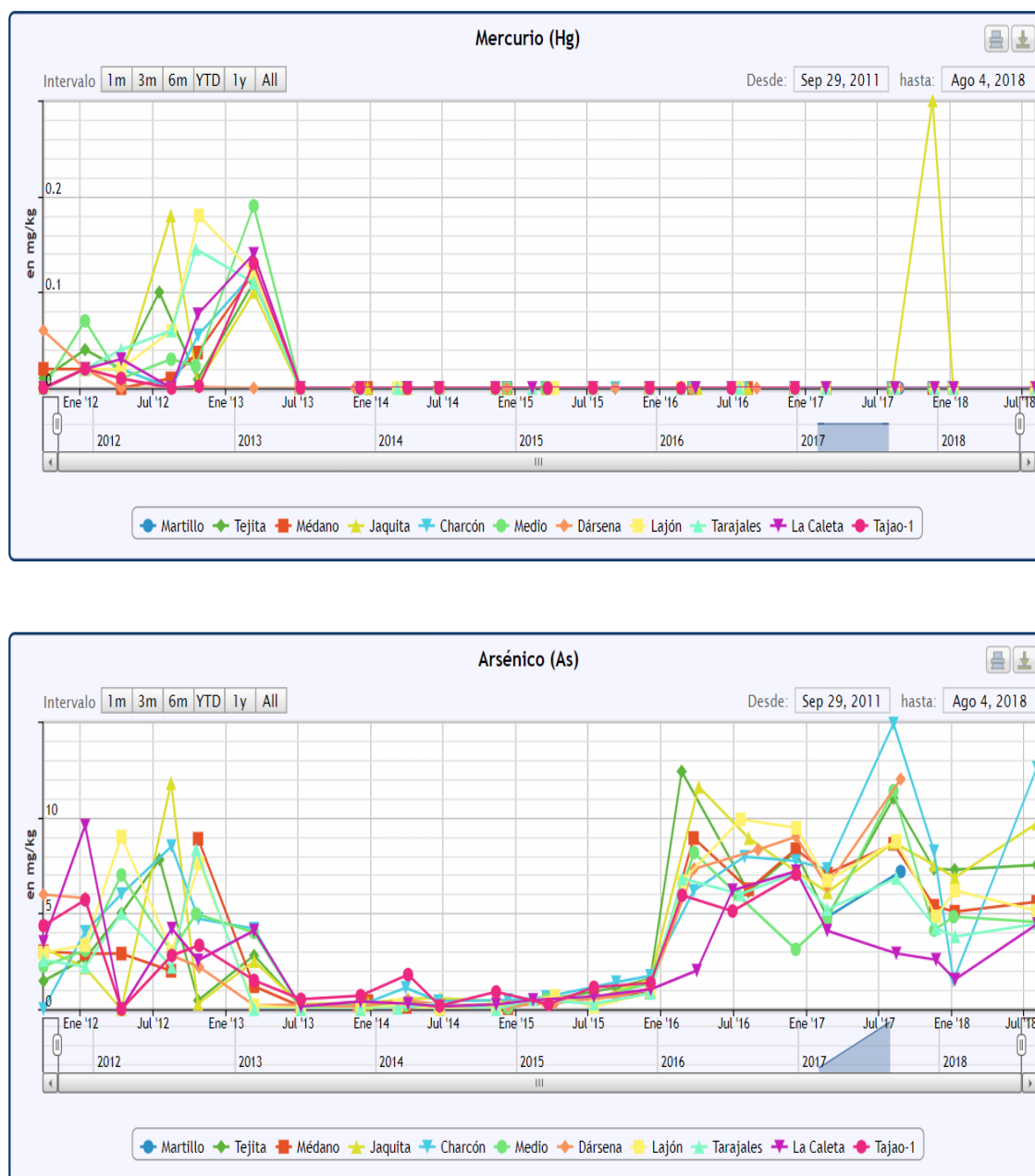


Figura 93. Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla



Figura 94. Concentración de Zn y Cd en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2017-2018

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 a efectos de establecer límites ambientales tolerables es 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, valores recomendados en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995) (Tabla 22).

Tabla 22. ISQG (Interim sediment quality guidelines)= Valores índice de calidad de sedimentos marinos por debajo de los cuales no se esperan efectos adversos al medio ambiente. PEL (Probable effect levels) = Niveles por encima del cual pueda existir efectos biológicos probables

Sustancia	ISQG	PEL
Arsénico	7,24 mg/kg	41,6 mg/kg
Cadmio	0,7 mg/kg	4,2 mg/kg
Cinc	124 mg/kg	271 mg/kg
Cromo	52,3 mg/kg	160 mg/kg
Cobre	18,7 mg/kg	108 mg/kg
Estaño	-	-
Mercurio	0,13 mg/kg	0,70 mg/kg
Plomo	30,2 mg/kg	112 mg/kg

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

Para los metales Ni, Co que no figuran en la guía Canadiense llevaremos a cabo las comparaciones con otras guías de calidad ambiental para sedimentos, establecidas por otros autores (Long y Morgan., 1991; Long et al., 1995; Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004;) y organismos oficiales (MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; ANZECC, 1998).

Sustancia	Valor límite	Fuente
Co	50 mg/kg	Valor límite establecido por Nagpal et al., 2004. de 50mg/kg
Ni	ERL=21mg/kg ERM=52 mg/kg	Valores límites ERL (Efecto rango bajo) y ERM (Efecto rango medio) establecidos por Long et al., 1995 cuyas concentraciones coinciden con los valores propuestos por ANZECC, 1998. Límite ERL =valor de concentración por debajo del cual no existen o son raros los efectos biológicos en la vida acuática asociados a las concentraciones de los diferentes metales presentes en los sedimentos. Límite ERM = concentración por encima del cual aparecen frecuentes efectos biológicos en la vida acuática asociados a la contaminación de los sedimentos.

Observando las Tabla y la Tabla obtenemos que en 2017, el cinc y el cromo superaron los valores del índice ISQG (sombreado en amarillo) en una ocasión en la estación TGr04



Caleta (156,80 mg/kg para el Zn y 147,8 mg/kg para el Cr). Ambos metales presentan valores por debajo del PEL (sombreado rojo), con 271 mg/kg y 160 mg/kg respectivamente. La estación Caleta TGr04 es la más alejada por el norte de los posibles puntos de contaminación próximos al puerto.

Así mismo, en 2017 en 11 muestreos se supera el valor ISQG para el As, no superando nunca el valor PEL.

El caso más preocupante en el 2017 es para el metal Ni, con el que obtenemos 16 valores por encima del límite ERL y 2 por encima del límite ERM. Los valores obtenidos en 2017 no fueron comentados en informe del año anterior debido a que no se compararon valores con las guías de referencias que ahora estamos teniendo en cuenta.

En 2018, se sigue la misma línea que en 2017 respecto al Zn y Cr, superando nuevamente los valores ISQG únicamente en un muestreo en la estación TGr04 (194,7 mg/kg para el Zn y 52,40 mg/kg para el Cr).

Para el caso del As, se ha notado un descenso de los valores, superando valores ISQG sólo en 4 muestreos. Ocurre igual para el Ni que sólo ha superado el límite ERL en 11 ocasiones sin llegar a superar el límite ERM en ninguna ocasión.

En general, en cuanto a la concentración de metales pesados en los sedimentos se ha notado una ligera mejoría en 2018 respecto a 2017. Aún así, conviene seguir la evolución de la concentración de Zn y Cr especialmente en la TGr04 que a pesar de ser la estación más alejada hacia el norte del puerto parece estar afectada por algún tipo de contaminación. Cabe destacar la presencia de dos conducciones de desagüe en las inmediaciones del pueblo de la Caleta y Tajao (pueblos cercanos a estación de muestreo TGr04. Dichos vertidos se encuentran a las cotas +2m y -13 m respectivamente. Según el censo de vertidos desde tierra al mar en Canarias realizado por la empresa *Civilport* en 2017 ambas conducciones se encuentran no autorizadas y para el caso del de la Caleta sus efluentes se encuentran sin tratamiento previo y sin desinfección. Así mismo, los valores de Ni parece que han disminuido ligeramente respecto al 2017 pero no se encuentran por debajo del límite requerido, por lo que se estará pendiente de evolución de los mismos.

Estos metales pueden provenir de pinturas y su fabricación, pero también de carpinterías metálicas, fertilizantes y otras fuentes por lo que es muy complicado determinar con exactitud la procedencia de los mismos. No obstante en caso de obtener valores por encima de los valores límite (PEL/ERM) se tendrá que valorar la realización de algún estudio específico para poder determinar la procedencia de los contaminantes.

Tabla 23. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2017

SEDIMENTOS 2017		Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	As	Co	Sn	V
Muestra	Fecha	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGrr04 La Caleta	21/02/2017	7,2	0,00	0,45	1,10	5,37	2,14	0,00	4,10			
TGrr05 Tarajales	21/02/2017	9,7	0,00	0,53	1,65	9,33	3,09	0,00	5,20			
TGrr08 Lajón	21/02/2017	12,2	0,00	0,48	2,09	11,72	4,17	0,00	6,71			
TGrr09 Dársena	21/02/2017	10,0	0,00	0,48	2,47	6,61	3,28	0,00	6,43			
TGrr10 Medio	21/02/2017	14,1	0,00	0,96	1,43	10,05	4,00	0,00	4,66			
TGrr14 Charcón	21/02/2017	5,6	0,00	0,40	0,92	5,31	2,46	0,00	5,89			
TGrr18 Jaquita	21/02/2017	13,5	0,00	0,80	1,88	12,09	4,23	0,00	7,31			
TGrr19 Médano	22/02/2017	10,5	0,00	0,92	1,39	8,54	3,35	0,00	6,09			
TGrr22 Tejita	22/02/2017	12,4	0,00	0,77	2,03	9,65	3,65	0,00	7,07			
TGrr40 Martillo	21/02/2017	9,6	0,00	0,66	1,79	9,17	2,90	0,00	4,80			
TGrr04 La Caleta	14/08/2017	156,8	0,00	4,59	8,14	52,30	147,80	0,00	2,91			
TGrr05 Tarajales	14/08/2017	65,5	0,00	3,96	10,30	43,10	45,50	0,00	6,84			
TGrr08 Lajón	14/08/2017	68,0	0,00	3,70	10,10	47,40	52,00	0,00	8,78			
TGrr09 Dársena	25/08/2017	46,6	0,00	3,87	11,50	17,50	33,70	0,00	12,00			
TGrr10 Medio	07/08/2017	111,3	0,00	4,86	8,15	53,10	90,20	0,00	11,40			
TGrr14 Charcón	07/08/2017	51,0	0,00	4,23	7,76	25,60	32,80	0,00	14,90			
TGrr18 Jaquita	07/08/2017	65,3	0,00	4,53	7,81	41,90	46,80	0,00	8,69			
TGrr19 Médano	07/08/2017	61,6	0,00	4,68	7,52	29,80	37,70	0,00	8,63			
TGrr22 Tejita	07/08/2017	42,6	0,00	4,46	6,66	26,00	28,60	0,00	11,00			
TGrr40 Martillo	25/08/2017	50,9	0,00	2,48	10,40	12,50	27,10	0,00	7,18			
TGrr04 La Caleta	22/11/2017	116,0	0,00	3,30	2,67	32,30	41,90	0,00	2,58	8,10	0,32	28,50
TGrr05 Tarajales	22/11/2017	55,9	0,14	3,25	4,46	27,90	20,10	0,00	4,22	11,90	0,24	39,10
TGrr08 Lajón	22/11/2017	67,8	0,41	3,26	4,25	37,10	23,90	0,00	4,84	8,53	0,17	28,00
TGrr09 Dársena	*											
TGrr10 Medio	17/11/2017	87,8	0,18	3,79	3,01	47,80	39,20	0,00	4,12	14,20	0,11	45,50
TGrr14 Charcón	17/11/2017	41,5	0,13	3,82	1,74	28,40	21,30	0,00	8,24	9,60	0,23	32,00
TGrr18 Jaquita	17/11/2017	53,5	0,18	4,84	2,03	25,80	24,20	0,30	7,53	7,55	0,51	27,20
TGrr19 Médano	17/11/2017	57,1	0,22	4,87	2,76	23,80	24,10	0,00	5,39	5,11	0,36	19,00
TGrr22 Tejita	17/11/2017	47,8	0,13	4,74	2,60	36,70	27,20	0,00	7,31	10,80	0,34	36,40
TGrr40 Martillo	*											
*= No se ha podido muestrear dado que entro a ser operativo el puerto y no se pudo coordinar los trabajos con AP. No se pudo trabajar en el interior												
RESUMEN 2017.		Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	As	Co	Sn	V
DATO MÍNIMO		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MEDIA		48,28	0,05	2,85	4,59	24,89	28,48	0,01	6,96	9,47	0,29	31,96
MÁXIMO		156,80	0,41	4,87	11,50	53,10	147,80	0,30	14,90	14,20	0,51	45,50
Valores > del ISQG o ERL		1	0	0	0	16	2	1	11	0	-	-
Valores > del PEL o ERM		0	0	0	0	2	0	0	0	-	-	-

Tabla 24. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2018

SEDIMENTOS 2018		Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	As	Co	Sn	V
Muestra	Fecha	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGrr04 La Caleta	09/01/2018	194,7	0,18	2,85	5,67	29,50	52,40	0,00	1,54	19,70	0,06	13,10
TGrr05 Tarajales	09/01/2018	74,3	0,23	2,97	6,24	29,50	17,80	0,00	3,80	10,60	0,06	50,20
TGrr08 Lajón	09/01/2018	88,3	0,30	3,01	6,37	36,30	21,40	0,00	6,19	11,60	0,12	50,60
TGrr09 Dársena	*											
TGrr10 Medio	05/01/2018	101,2	0,27	4,78	6,04	37,60	35,20	0,00	4,82	13,20	0,09	71,70
TGrr14 Charcón	05/01/2018	56,5	0,25	4,26	4,52	24,30	21,50	0,00	1,50	7,01	0,15	37,20
TGrr18 Jaquita	08/01/2018	68,2	0,26	4,45	4,69	36,70	22,90	0,00	6,87	9,69	0,06	47,40
TGrr19 Médano	08/01/2018	70,7	0,25	4,75	5,05	28,10	21,20	0,00	5,08	8,40	0,06	44,00
TGrr22 Tejita	08/01/2018	69,6	0,23	4,21	4,91	47,20	33,70	0,00	7,28	10,90	0,11	45,30
TGrr40 Martillo	*											
TGrr04 La Caleta	04/08/2018	6,5	0,04	2,60	1,00	4,72	12,30	0,00	4,44	1,18	0,20	49,90
TGrr05 Tarajales	04/08/2018	13,0	0,07	2,72	2,62	10,90	14,90	0,00	4,46	2,89	0,21	8,55
TGrr08 Lajón	02/08/2018	16,3	0,08	2,54	2,70	16,90	2,73	0,00	5,14	3,78	0,22	10,00
TGrr09 Dársena	*											
TGrr10 Medio	03/08/2018	23,4	0,07	4,51	1,75	34,90	5,66	0,00	4,55	5,96	0,26	11,90
TGrr14 Charcón	03/08/2018	11,1	0,06	2,37	0,95	8,36	3,30	0,00	12,60	1,78	0,26	10,00
TGrr18 Jaquita	02/08/2018	22,0	0,13	3,86	1,72	17,80	3,58	0,00	9,68	3,78	0,36	19,00
TGrr19 Médano	02/08/2018	19,4	0,12	4,26	1,77	22,90	38,40	0,00	5,60	4,38	0,39	13,20
TGrr22 Tejita	02/08/2018	21,2	0,10	3,94	1,99	25,50	46,80	0,00	7,52	4,74	0,44	11,50
TGrr40 Martillo	02/08/2018	13,5	0,13	2,20	3,92	4,37	19,30	0,00	3,80	1,83	0,33	12,80
*= No se ha podido muestrear dado que entro a ser operativo el puerto y no se pudo coordinar los trabajos con AP. No se pudo trabajar en el interior												
RESUMEN 2018.		Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	As	Co	Sn	V
DATO MÍNIMO		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MEDIA		51,17	0,16	3,55	3,64	24,44	21,95	0,00	5,58	7,14	0,20	29,79
MÁXIMO		194,70	0,30	4,78	6,37	47,20	52,40	0,00	12,60	19,70	0,44	71,70
Valores > del ISQG o ERL		1	0	0	0	11	1	0	4	0	-	-
Valores > del PEL o ERM		0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-



3.5.5 Evaluación general del medio físico

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 elegido² se emplea en vigilancia de la calidad de las aguas y obedece a criterios combinados de estado, 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 2018:

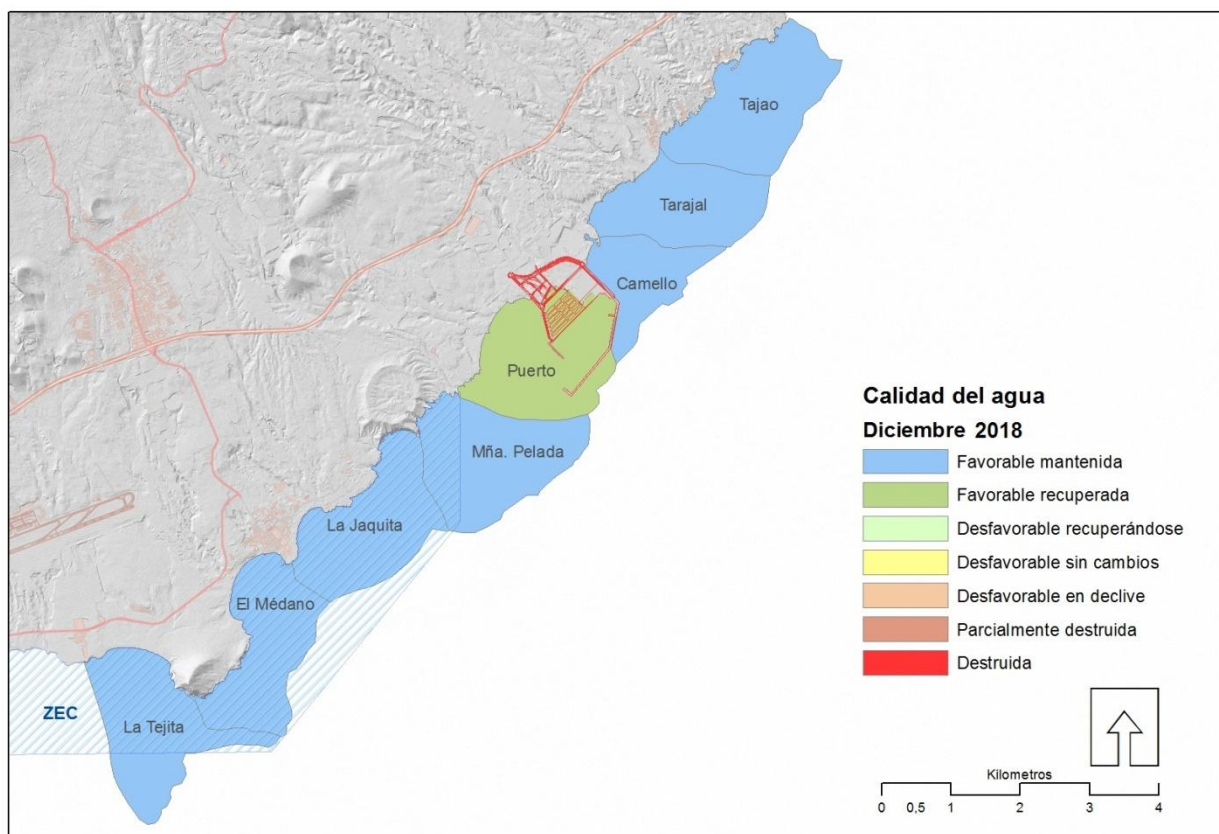


Figura 95. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2018

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 (Figura 95). Así por ejemplo, en los sectores al SW del puerto se ha elevado la producción biológica (incremento en

² 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.

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”.

3.5.5.1 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 2018 (Figura 96).

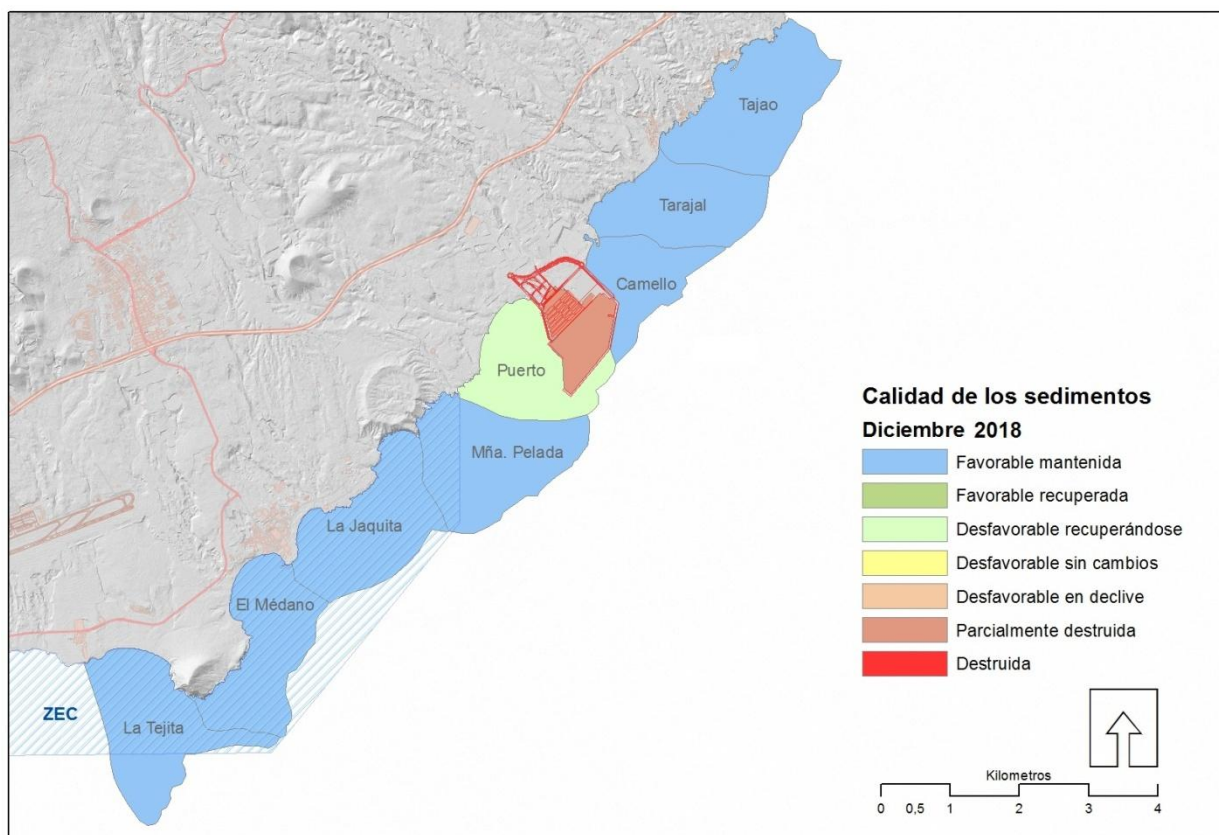


Figura 96. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2018

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 mucha 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 (Figura 97).

En la fase de explotación del puerto desaparecen algunas presiones importantes (como los vertidos de materiales sólidos 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 määrl 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 perjudiciales.

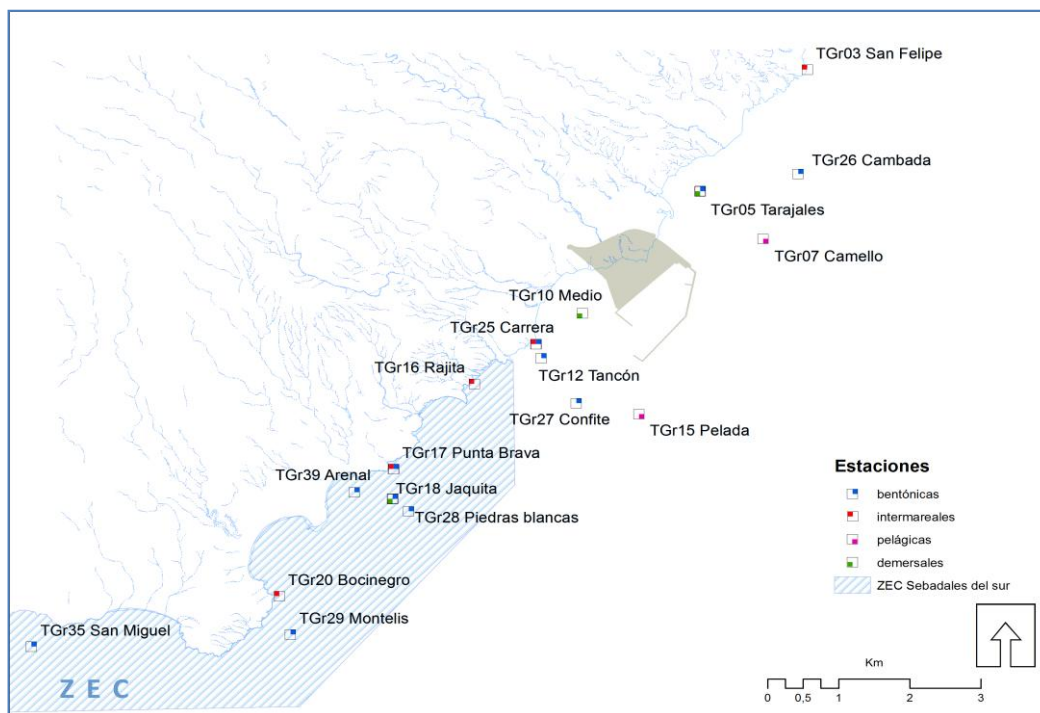


Figura 97. Estaciones de muestreo intermareales, demersales, bentónicas y pelágicas

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 sebadales (estado de “salud”).
4. Sobre especies exóticas potencialmente invasoras que puedan arribar al puerto.

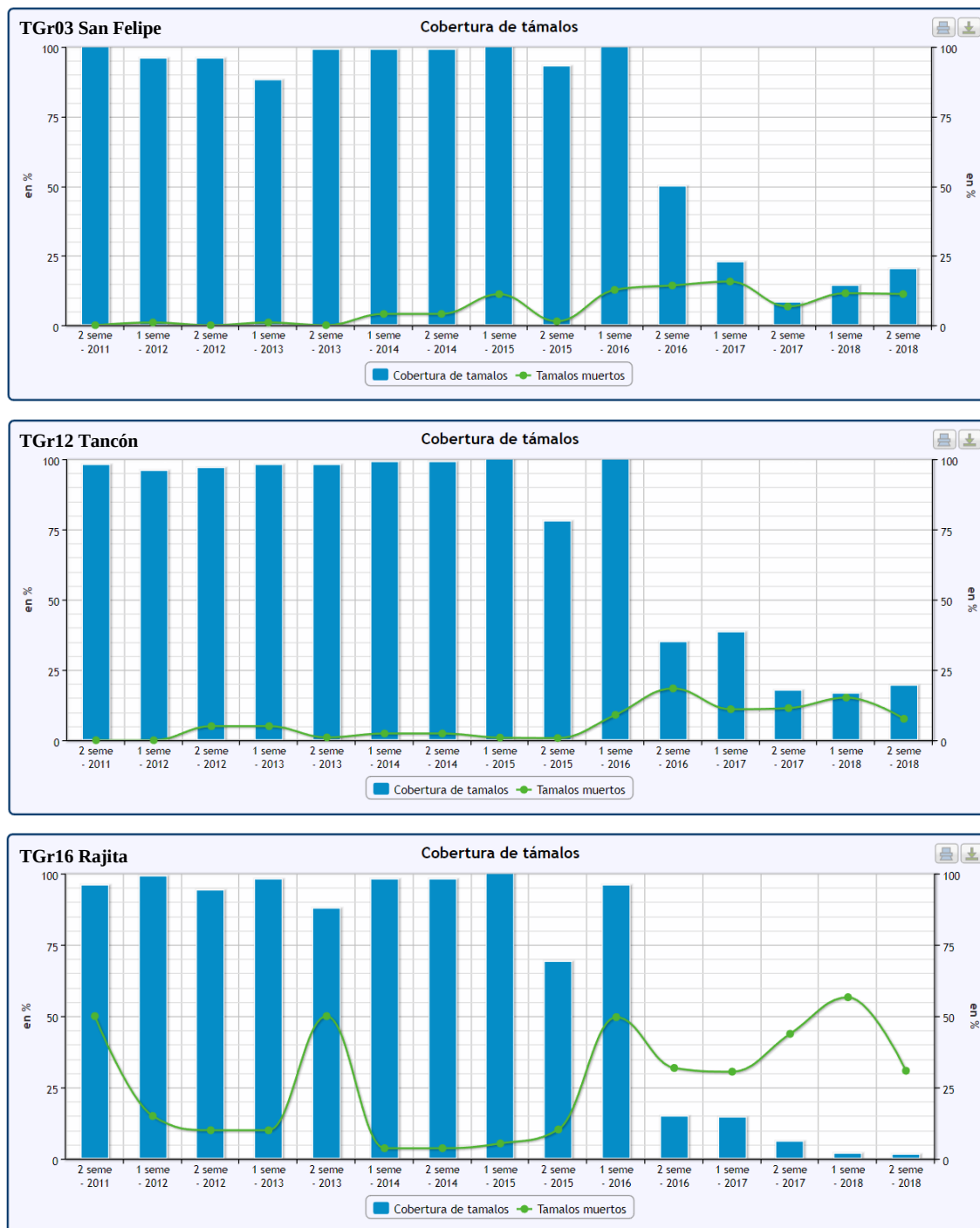
Además de los transectos bionómicos que se vienen realizando de forma regular (dos al año), el OAG genera cartografía bentónica a partir de las imágenes de satélite *WorldView2*, solo que sin una regularidad garantizada. La bondad del análisis depende mucho del estado de la mar en el momento de tomar 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 cm divididas 100 veces) registrando la cobertura de



támalos (*Chthamalus stellatus*) y el porcentaje de ejemplares vivos/muertos (TGr03 San Felipe, TGr12 Tancón, TGr16 La Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro (Figura 98).



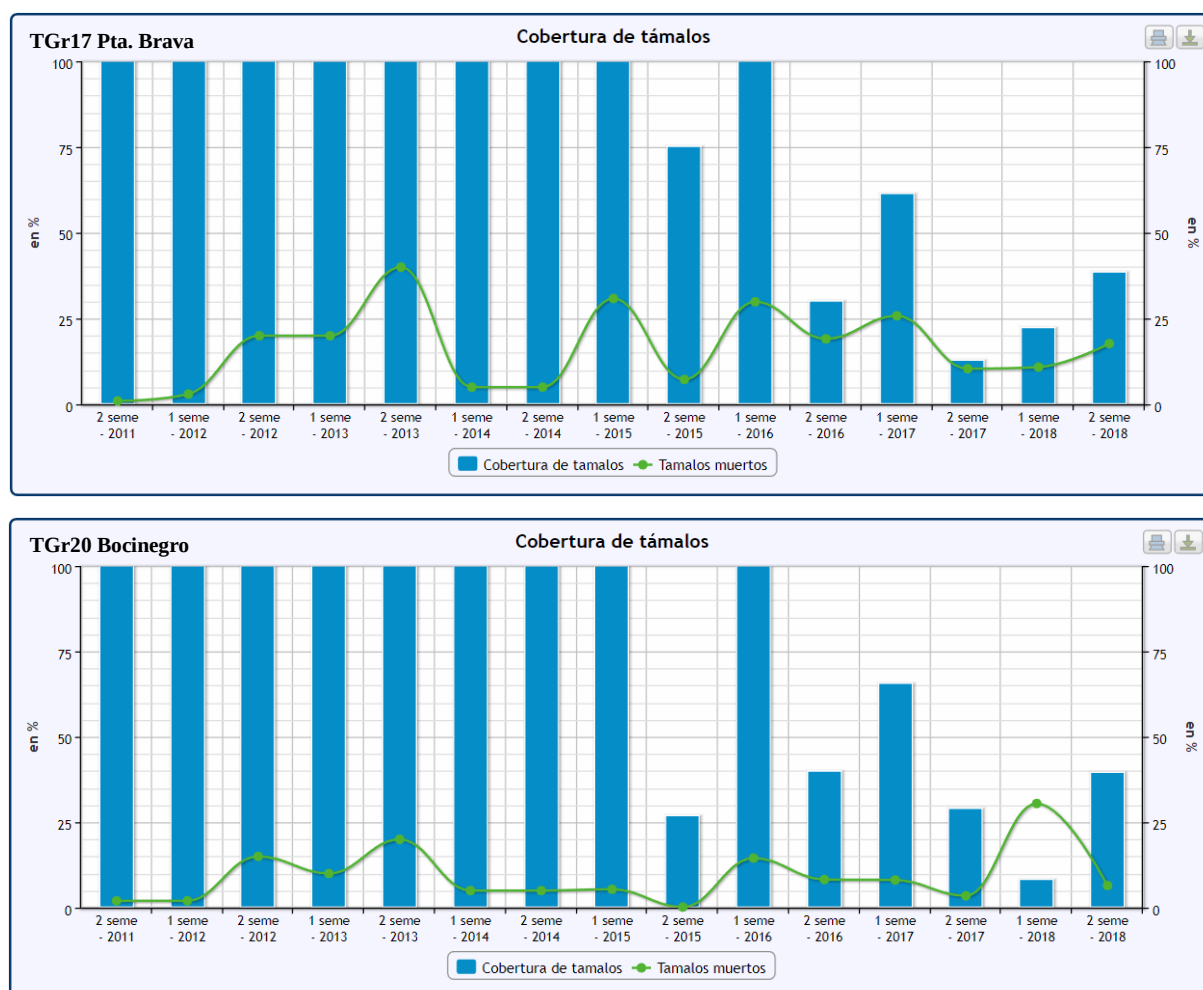


Figura 98. Cobertura y mortandad de tálamos en las estaciones: TGr03 San Felipe, TGr12 Tancón, TGr16 Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro

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 99). En 2018 se estabiliza la tendencia de años anteriores de disminución drástica en cobertura, no se aprecia influencia atribuible al puerto, al ser generalizada en todas las estaciones. A fecha de redacción de esta parte del informe (mayo 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.*).

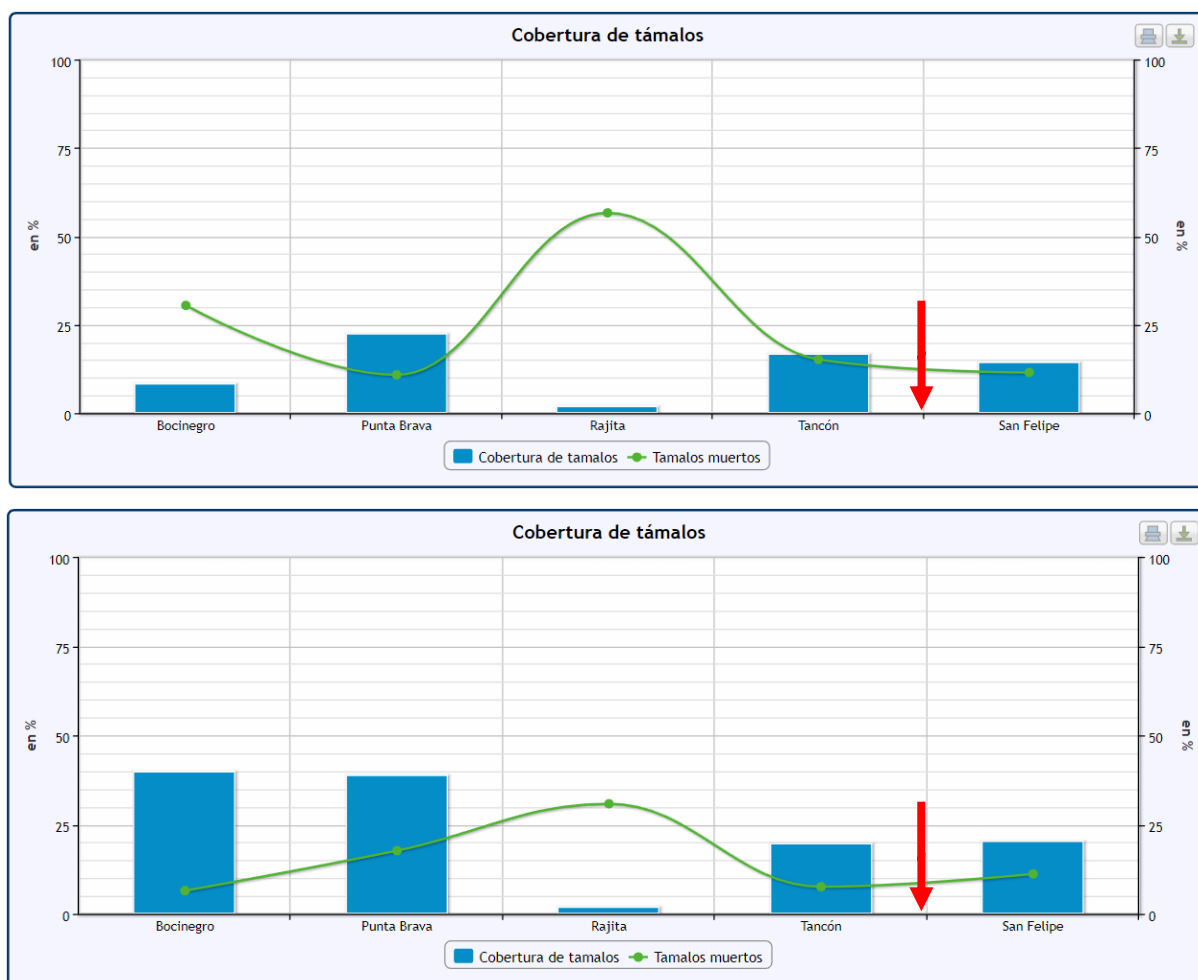


Figura 99. Cobertura y mortandad de tamaros a lo largo de la costa de Granadilla en 2018;
1º semestre (arriba) en mayo y 2º semestre (abajo) semestre, en septiembre.
La posición del puerto marcada en rojo

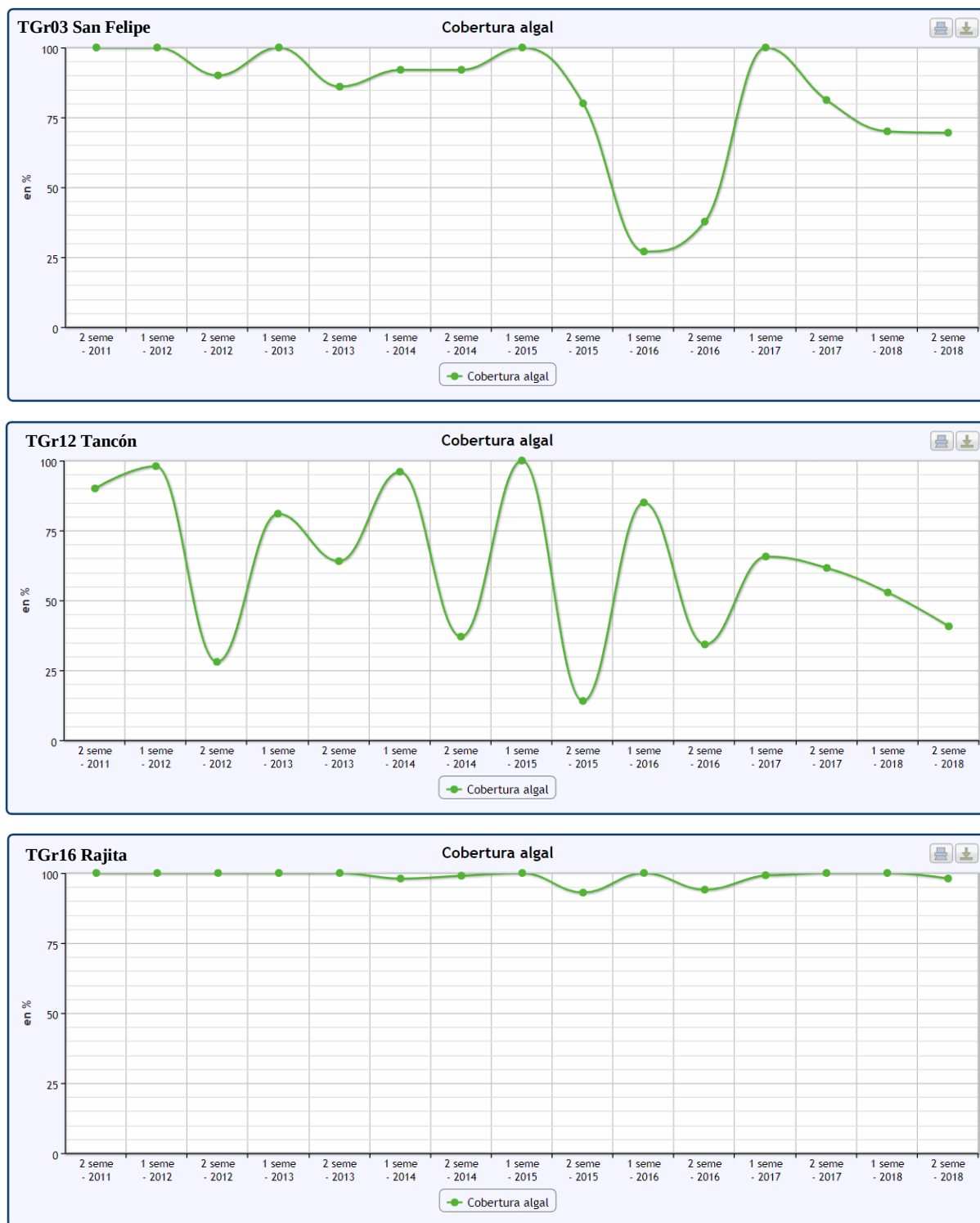
3.6.2 Comunidades intermareales

El seguimiento de las comunidades intermareales en fase operativa se realiza en las mismo cinco estaciones que en el supramareal. En ellos se mide la cobertura algar total empleando igualmente una cuadrícula de 50 x 50 cm (Figura 103). 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.

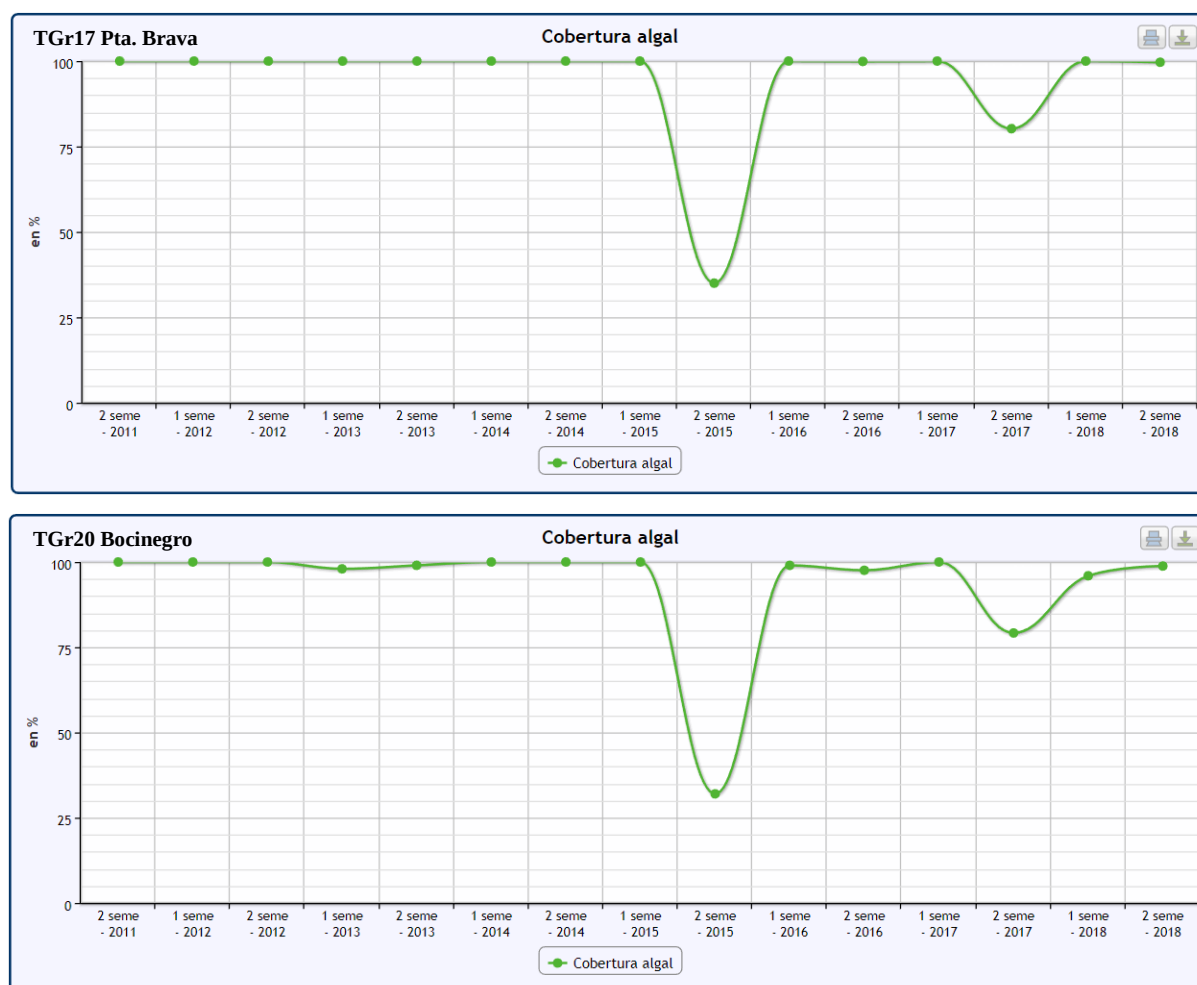
El estado inicial de referencia, fijado en noviembre de 2011 al poco de iniciarse las obras, corresponde a una situación natural presuntamente normal, con coberturas algares del 100%, salvo la estación Tancón (90%). Los inventarios de 2018 se realizaron en Mayo (1er semestre) y en Octubre (2º semestre). Se adjuntan gráficas de evolución espacial y temporal (Figura 100 a 102).



Figura 100. Cobertura algal a lo largo de la costa de Granadilla en 2018; 1° semestre (arriba.) en mayo y 2° (abajo) semestre, en septiembre. La posición del puerto marcada en rojo



**Figura 101. Evolución 2011-2018 cobertura algal en la estaciones (de arriba abajo):
TGr03 San Felipe, TGr12 Tancón, y TGr16 Rajita**



**Figura 102. Evolución 2011-2018 cobertura algal en la estaciones (de arriba abajo):
TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro**

- En la estación TGr03 San Felipe se vuelve a detectar un descenso en los dos semestres de la cobertura algal. No se llega a valores del 2016, pero si son valores inferiores a los detectados para el año 2017. Esta estación ha sufrido bastantes cambios en su diversidad algal (Figura 103), estando constituida al inicio de los muestreos por un césped de *Cystoseira sp.* bastante consolidado (2011-2013). 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 los años posteriores. 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.



Figura 103. Sucesión ecológica en TGr03 San Felipe: 2011 (izquierda) y 2018 (derecha)

- La estación TGr12 Tancón se detecta una estabilización de la cobertura continua 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 2018 se ha estabilizado dicha cobertura siendo de 52,8% en primer semestre y de 40,72% en el segundo. En este charco también ha habido una fuerte regresión de las algas talosas iniciales. Esta estación se caracterizaba en un inicio por estar constituida por céspedes muy tupidos de *Padina pavonica* y *Lobophora variegata*. En 2018 se observa aparentemente pequeños ejemplares de algas del género *Cystoseira*.
- La estación TGr17 Pta. Brava formada por un césped algal formado por multitud de especies de distinto porte mantiene también su tendencia a estar en el 100% de cobertura o muy próxima a este máximo. En el segundo semestre de 2015 ya sufrió un pequeño retroceso en su cobertura, que fue recuperado a partir del 2016.
- En la estación TGr20 Bocinegro la cobertura algal parece estabilizarse en valores altos, dejando atrás el retroceso detectado en el segundo semestre de 2015 y en menor medida en el 2 semestre del 2017. La comunidad mayoritaria están constituida mayoritariamente por especies del género *Padina* y *Cystoseria*.

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 $k = \ln S / \ln N$,

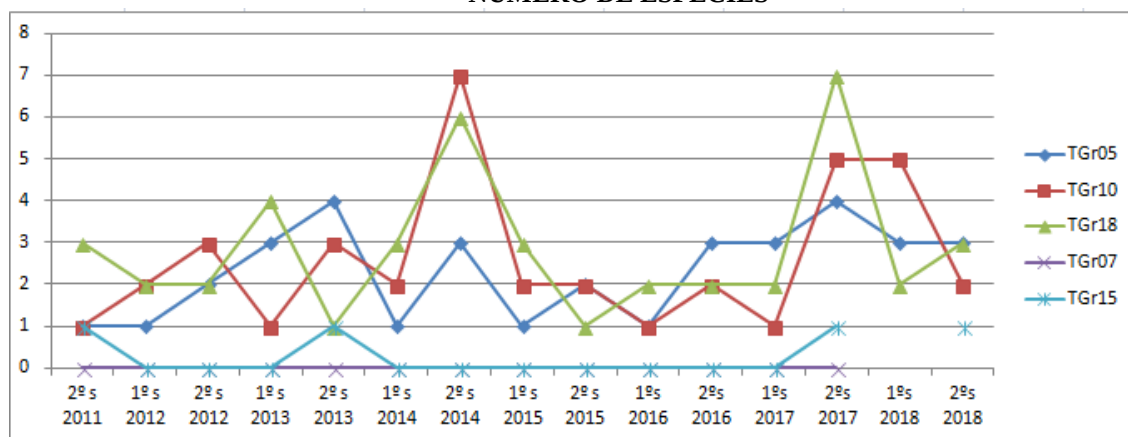
siendo S el número de especie y N el número de individuos. El PVA en fase operativa plantea que dentro de la dársena portuaria se realizará un recorrido en V con el roV grabando con la cámara de video que lleva. En junio de 2018 ha llegado el roV, por lo que se comenzará a realizar los muestreos a partir del 2019. En la Tabla 25, al final, se muestran los valores de referencia.

En el primer semestre de 2018 no se pudo realizar la determinación de especies pelágicas (TGr07 y TGr15) y de la mayoría de las bentónicas (TGr 26, 27, 28 y 29). Sólo fue posible la TGr35. En el segundo semestre sólo faltó la TGr07 (pelágica), TGr12 y 17 (bentónicas).

Tabla 25. Campaña de peces litorales (demersales) en la costa de Granadilla (2018)

Especie	Nombre vulgar	TGR-05	TGR-10	TGR-18	TGR-05	TGR-10	TGR-18
		30/01/2018	30/01/2018	31/01/2018	21/08/2018	21/08/2018	21/08/2018
<i>Sphoeroides marmoratus</i>	Tamboril	9	3	7	5	2	3
<i>Xyrichtys novacula</i>	Peje Peine	3	1	0	3	0	7
<i>Boops boops</i>	Boga	0	0	0	0	0	0
<i>Spharisma cretense</i>	Vieja	3	5	7	0	17	20
<i>Pagellus acarne</i>	Besuguito	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus annularis</i>	Mojarra	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus vulgaris</i>	Selfia	0	0	0	0	0	0
<i>Pagrus pagrus</i> (juvenil)	Breca	0	0	0	0	0	0
<i>Canthigaster capistratus</i>	Gallinita	0	0	0	0	0	0
<i>Bothus podas</i>	Tapaculos	0	0	0	0	0	0
<i>Serratus atricauda</i>	Cabrilla	0	1	0	0	0	0
<i>Serranus scriba</i>	Cabrilla pintada	0	1	0	0	0	0
<i>Teniura grabata</i>	Chucho negro	0	0	0	0	0	0
<i>Trachinus draco</i>	Araña costera	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Chopa	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus sp.</i>	Sargo	0	0	0	0	0	0
<i>Lithognathus mormyrus</i> (juvenil)	Herrera (juveniles)	0	0	0	0	0	0
<i>Pagrus auriga</i> (juvenil)	Sama (juveniles)	0	0	0	0	0	0
<i>Spaurus aurata</i> (juvenil)	Dorada (juveniles)	0	0	0	0	0	0
<i>Sarpa salpa</i> (juvenil)	Salema (juveniles)	0	0	0	0	0	0
<i>Umbrina canariensis</i> (juvenil)	Verrugato (juveniles)	0	0	0	0	0	0
<i>Myliobatis aquila</i>	Ratón	0	0	0	0	0	0
<i>Octopus vulgaris</i>	Pulpo	0	0	0	1	0	0
Total de especies (S)		3	5	2	3	2	3
Total ejemplares (N)		15	11	14	6	19	30
Ln (S)		1,10	1,61	0,69	1,10	0,69	1,10
Ln(N)		2,71	2,40	2,64	1,79	2,94	3,40
Índice de Margalef $S = Nk, k = LnS/LnN$		0,41	0,67	0,26	0,61	0,24	0,32

NUMERO DE ESPECIES



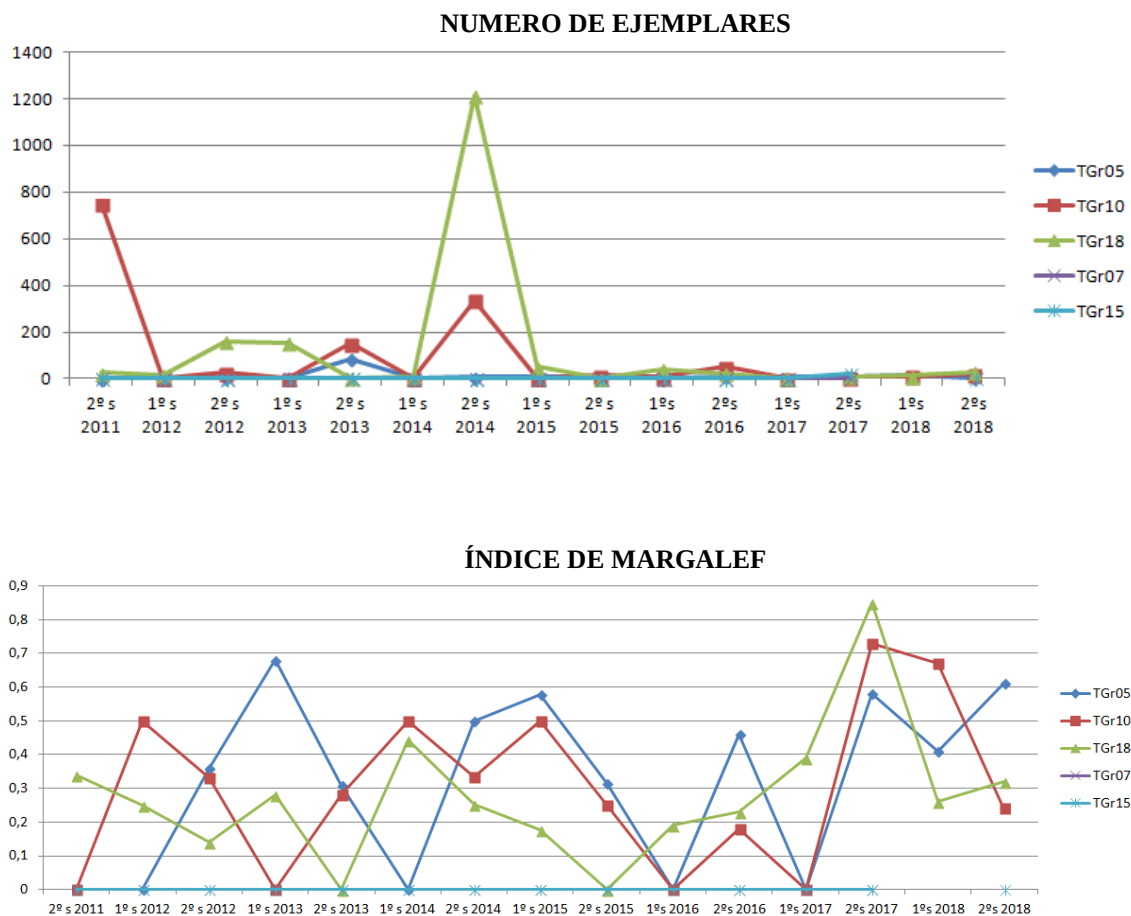


Figura 104. Evolución de la diversidad de peces litorales en la costa de Granadilla.
TGr05, TGr10 y TGr18 son demersales; TGr07 y TGr15 son pelágicas

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 0,06 y 0,29 respectivamente. En el año 2017 sus valores fueron 0,13 en el primer semestre y 0,72 en el segundo. Y en este año 2018 obtenemos 0,45 para el primer semestre y 0,39 para 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 104).

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 o en para el 2019 mediante el uso del ROV en la dársena portuaria (Tabla 26).

Tabla 26. 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>Spondylusoma 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 105), cuya presencia continuada es indicadora de un buen estado de conservación.

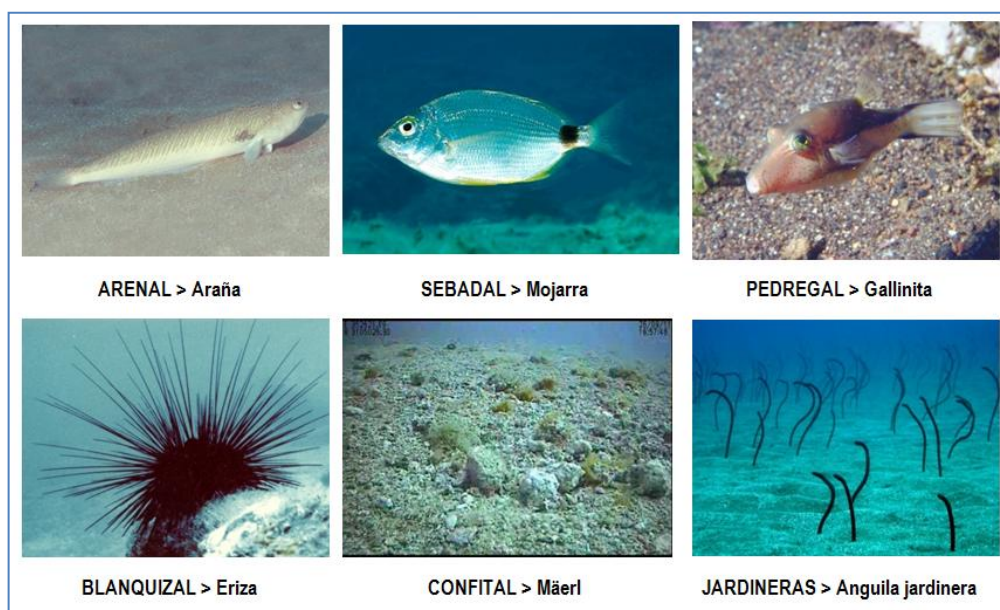


Figura 105. Especies indicadoras de las comunidades bentónicas

Salvo por el mäerl (Apartado 3.6), 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 m^2). 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 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.

A partir del 2017 el efecto arrecife, catalogado como impacto positivo, es de gran importancia. No así para estas estaciones, al estar alejadas del puerto (Figura 106), pero sí en todo el perímetro de éste. Los resultados obtenidos en 2018 se muestran en la tabla 27.

Tabla 27. Muestreo de especies bentónicas indicadoras de los principales hábitats en la costa de Granadilla en 2018

1ª Campaña marzo 2018	Hábitat	TGr05	TGr18	TGr25	TGr26	TGr27	TGr28	TGr29	TGr35	TGr39	Lajón
Araña costera <i>Trachinus draco</i>	Arenal									0	
Mojarra <i>Diplodus</i>	Sebadal		*								
Eriza <i>Diadema</i>	Blanquizal			1							
Maërl (% vivo) <i>Lithotamnion</i>	Maërl				*	*	*	*	95%		
Anguila jardinera	Anguilera										100

1ª Campaña Agosto 2018	Hábitat	TGr05	TGr18	TGr25	TGr26	TGr27	TGr28	TGr29	TGr35	TGr39	Lajón
Araña costera <i>Trachinus draco</i>	Arenal									0	
Mojarra <i>Diplodus</i>	Sebadal	0	2								
Eriza <i>Diadema</i>	Blanquizal			12							
Maërl (% vivo) <i>Lithotamnion</i>	Maërl				94%	96%	21%	*	*		
Anguila jardinera	Anguilera										128

*=Muestreo no realizado por motivos operativos

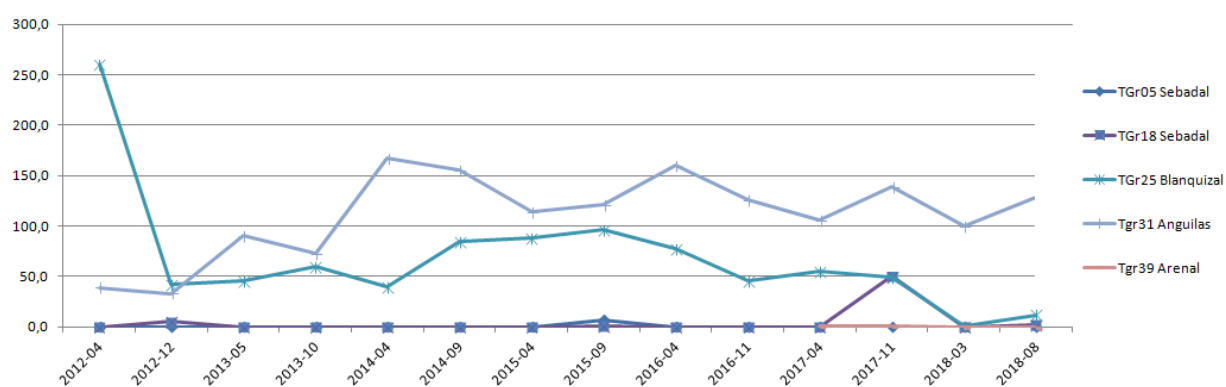


Figura 106. Evolución de las comunidades bentónicas en 5 estaciones de la costa de Granadilla (2012-2018)



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)³, Riera, R. (2004)⁴ y mismo autor (comunicación personal 2011-2018).

En las gráficas y tablas que siguen se muestra la composición de las biocenosis en cada estación según las dos campañas semestrales de 2018 (enero y agosto), precedidas por las dos campañas de los dos años anteriores (2016 y 2017) 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.

³ 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.

⁴ 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.

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.

En este 2018 la estación Dársena (TGr09), no pudo ser muestreada, ya que no se permite realizar buceo autónomo en la zona de operatividad del puerto. Así mismo cabe destacar la gran cantidad de ejemplares determinados en el segundo semestre de 2018. No se llega a valores del 2016 pero si se aproximan (2016-355 ejemplares segundo semestre y en 2018-316 ejemplares también en segundo semestre). También llama la atención que en el muestreo del segundo semestres de 2018 no se identificó ningún ejemplar de poliqueto en la TGr10 (Medio), estación próxima al contradique del puerto (Figura 107).

Tabla 28. Régimen trófico de las especies de poliquetos encontradas en Granadilla con tamiz de 0,5 mm

Especie	Régimen	Especie	Régimen
<i>Amphiglena mediterranea</i>	Microfiltrador	<i>Nereis sp.</i>	Predador
<i>Aonides oxycephala</i>	Detritívoro	<i>Notomastus latericius</i>	Detritívoro
<i>Aponuphis bilineata</i>	Detritívoro-Omnívoro	<i>Orbinia latreillii</i>	Detritívoro
<i>Aponuphis ornata</i>	Omnívoro-Detritívoro	<i>Orbinia sp</i>	Detritívoro
<i>Aricidea assimilis</i>	Detritívoro	<i>Orbiniidae</i>	Detritívoro
<i>Aricidea cerruti</i>	Detritívoro	<i>Palposyllis prosostoma</i>	Predador
<i>Armandia cirrhosa</i>	Detritívoro-Depositívoro de superficie	<i>Paradoneis armata</i>	Predador
<i>Armandia polyophthalma</i>	Detritívoro-Depositívoro de superficie	<i>Paradoneis ilvana</i>	Detritívoro
<i>Capitella minima</i>	Detritívoro	<i>Paradoneis perdidoensis</i>	Detritívoro
<i>Capitomastus minimus</i>	Detritívoro	<i>Paraehlersia ferrugina</i>	Predador
<i>Chone arenicola</i>	Filtrador	<i>Parapionosyllis labronica</i>	Detritívoro-Omnívoro
<i>Chone duneri</i>	Filtrador	<i>Pelogenia arenosa</i>	Predador
<i>Chone filicauda</i>	Filtrador	<i>Periqueta canariensis</i>	Detritívoro
<i>Cirriformia tentaculata</i>	Filtrador- Depositívoro de superficie = detritívoro	<i>Phyllodoce mucosa</i>	Predador
<i>Cirrophorus perdidoensis</i>	Detritívoro	<i>Phyllodoce sp.</i>	Predador
<i>Clymenura clypeata</i>	Detritívoro	<i>Pisione guanche</i>	Predador
<i>Dasychone brachychona</i>	Filtrador	<i>Platynereis dumerilii</i>	Herbívoro
<i>Demonax brachychona</i>	Filtrador	<i>Poecilochaetous serpens</i>	Detritívoro
<i>Desdemonax sp.</i>	Filtrador	<i>Polyophtalmus pictus</i>	Detritívoro



<i>Euclymene sp.</i>	Detritívoro	<i>Prionospio sp.</i>	Predador
<i>Eulalia mustela</i>	Predador	<i>Prionospio steenstrupii</i>	Detritívoro
<i>Eumida sanguinea</i>	Pedrador-Carnívora	<i>Protodorrillea kefersteini</i>	Predador
<i>Eunice vittata</i>	Predador	<i>Protodrilus sp.</i>	Detritívoro
<i>Exogone breviantennata</i>	Predador	<i>Prosphaerosyllis campoyi</i>	Detritívoro-Omnívoro
<i>Exogone mediterranea</i>	Detritívoro-omnívoro	<i>Protomystides bidentata</i>	Predador
<i>Exogone verugera</i>	Detritívoro-omnívoro	<i>Psamathe fusca</i>	Predador
<i>Galathowenia oculata</i>	Detritívoro	<i>Psammolyce arenosa</i>	Predador
<i>Glycera dayi</i>	Predador	<i>Pseudofabriciella sp.</i>	Microfiltrador
<i>Glycera oxycephala</i>	predador-Carnívoro	<i>Pseudomystides limbata</i>	Predador
<i>Goniada sp.</i>	Predador	<i>Questa caudicirra</i>	Detritívoro
<i>Goniadella cf gracilis</i>	Predador-Carnívoro	<i>Sabellidae sp1</i>	Filtrador
<i>Grania sp.</i>	Detritívoro	<i>Schoeredella laubieri</i>	Detritívoro
<i>Haplosyllis carmenbritoeae</i>	Predador-Omnívoro	<i>Scoloplos (Leodamas) rubra</i>	Detritívoro
<i>Harmothoe sp</i>	Predador	<i>Scoloplos (Leodamas) sp</i>	Detritívoro
<i>Hesionura elongata</i>	Carnívoro	<i>Scoloplos armiger</i>	Detritívoro
<i>Hesiospina similis</i>	Carnívoro	<i>Sigalion mathildae</i>	Predador
<i>Lanice conchilega</i>	Filtrador	<i>Sigalion squamatum</i>	Predador
<i>Levinsenia canariensis</i>	Detritívoro	<i>Spio filicornis</i>	Predador
<i>Linopherus canariensis</i>	Carnívoro	<i>Spio filicornis</i>	Detritívoro
<i>Lumbrinerides acuta</i>	Predador	<i>Spio sp</i>	Predador
<i>Lumbrineriopsis paradoxa</i>	Predador	<i>Spio sp</i>	Detritívoro
<i>Lumbrineris cingulata</i>	Predador	<i>Spiophanes bombyx</i>	Filtrador
<i>Lumbrineris latreillii</i>	Predador	<i>Streptodonta pterochaeta</i>	Predador-Carnívoro
<i>Lysidice unicornis</i>	Carnívoro	<i>Streptosyllis bidentata</i>	Detritívoro
<i>Maldanidae sp1</i>	Detritívoro	<i>Streptosyllis campoyi</i>	Predador
<i>Marphysa sp</i>	Predador	<i>Streptosyllis sp</i>	Detritívora-Omnívora
<i>Microspio mecznicowianus</i>	Detritívoro	<i>Streptosyllis websteri</i>	Detritívora-Omnívora
<i>Mystides caeca</i>	Predador	<i>Syllis garciai</i>	Predador
<i>Neanthes caudata</i>	Herbívoro	<i>Syllis gerundensis</i>	Predador
<i>Neanthes rubicunda</i>	Herbívoro	<i>Syllis sp</i>	Predador
<i>Nematonereis unicornis</i>	Predador	<i>Trychobranchus glacialis</i>	Detritívoro superficial
		<i>Trypanosyllis coeliaca</i>	Predador-Carnívora



Figura 107. Perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en estaciones a lo largo de la costa de Granadilla. Referencia 2011 (arriba), 1^{er} semestre 2018 (medio) y 2^o semestre 2018 (abajo)→ NOTA: 0 poliquetos en Medio



Tabla 29. 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 30. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla en 2017 y 2018

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
1º sem. 2018	TGr18	TGr14	TGr10	TGr09	TGr08	TGr05	Media
Predadores (%)	25	35	25		78	88	58,21
Detritívoros (%)	75	65	75		22	12	41,79

Filtradores (%)	0	0	0	No se pudo realizar muestreo	0	0	0,00
Herbívoros (%)	0	0	0		0	0	0,00
Total= 73 ejemplares	8	17	8		9	25	13,40
Índice Margalef	0,77	0,81	0,67		0,82	0,43	0,70
2º sem. 2018	TGr18	TGr14	TGr10	TGr09	TGr08	TGr05	Media
Predadores (%)	0	62	0	No se pudo realizar muestreo	46	63	55,38
Detritívoros (%)	86	36	0		53	37	43,35
Filtradores (%)	14	2	0		1	0	1,27
Herbívoros (%)	0	0	0		0	0	0,00
Total= 316 ejemplares	7	107	0		107	95	63,20
Índice Margalef	0,71	0,67	0,00		0,61	0,62	0,52



Figura 108. Evolución de los perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en el periodo 2011-2018: al norte del puerto (arriba = Tarajales) y al sur del puerto (abajo = Medio)



3.6.6 Perfiles y cartografía bionómica

3.6.6.1 Transectos bionómicos

Los seis transectos fijos dispuestos estratégicamente cubren ampliamente las comunidades objeto de seguimiento y los eventuales cambios que se produzcan, ofreciendo datos objetivos que permiten decidir la elaboración de posibles medidas de contingencia y nuevos métodos o estaciones de muestreo. Este año 2018 se podrá realizar una comparativa temporal del transecto Travieso, ideado durante la campaña anterior, cuya localización, batimetría y longitud permite la evaluación del estado ZEC seabedales en los límites de la ZEC/puerto (Figura 109).

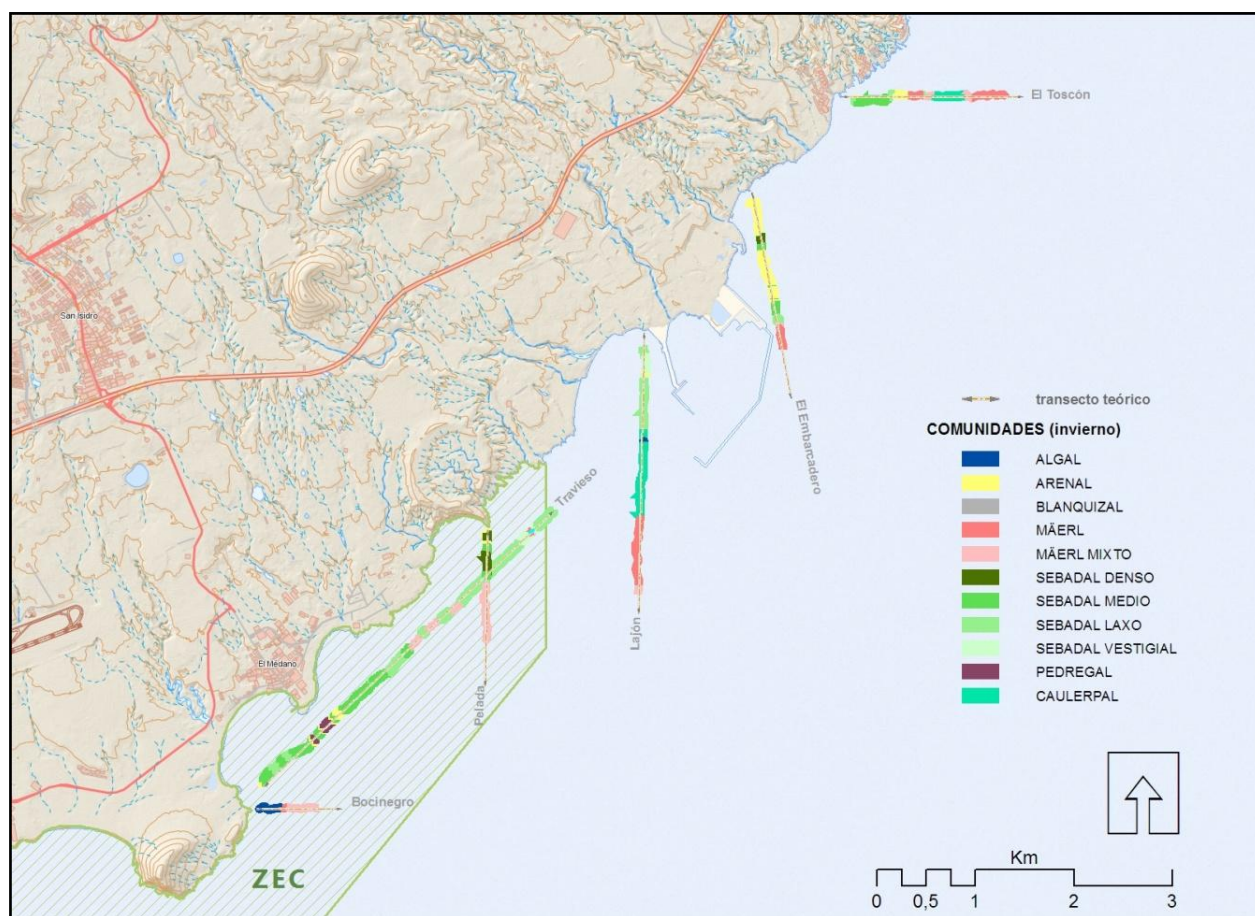


Figura 109. Transectos con su espectro bionómico; invierno de 2018

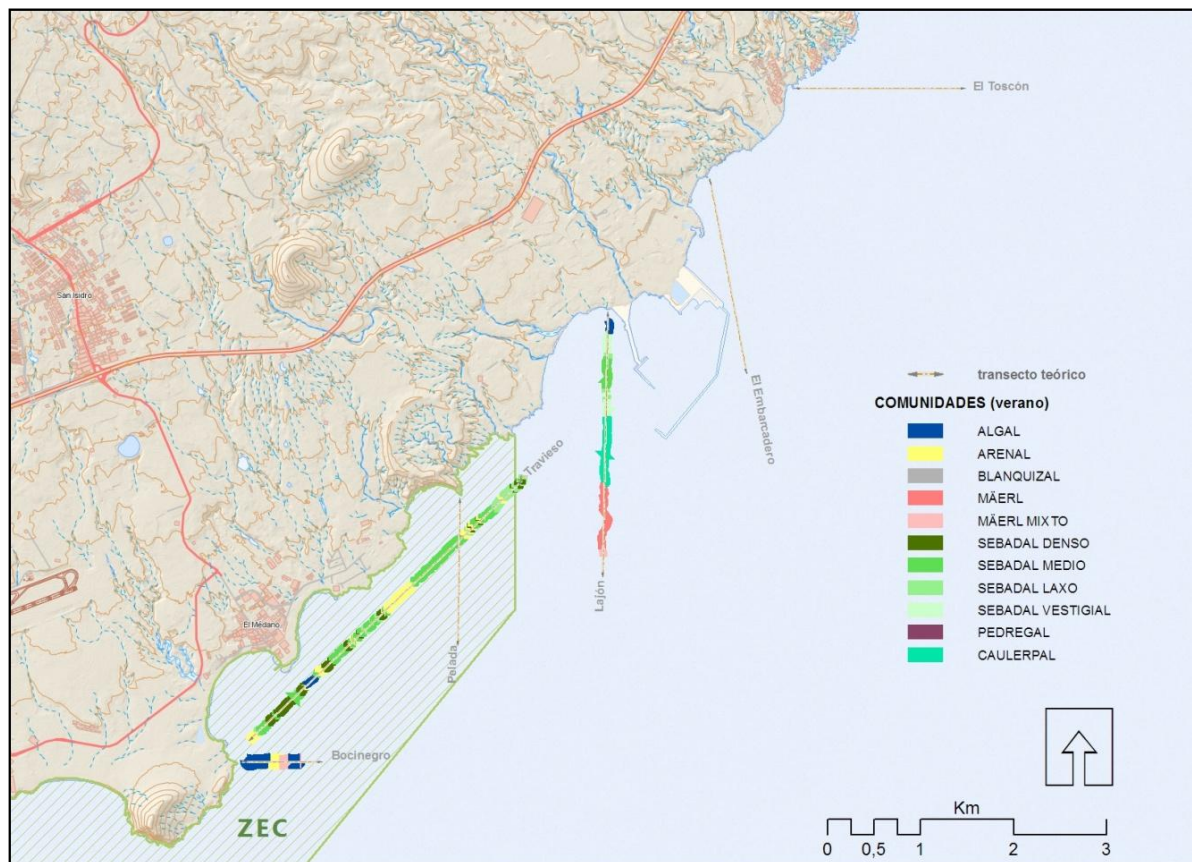


Figura 110. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2018

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. 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 2018 se realizó el transecto de invierno en a lo largo de los meses de mayo y junio, y el de verano en octubre. Las condiciones meteorológicas adversas durante la campaña estival no permitieron la realización de los transectos Pelada, Embarcadero y Toscón. (Figura 109).



Tabla 31. 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: - 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 equiúrdo <i>Ochetostoma</i>) - SG (el erizo <i>Sphaerechinus granularis</i>) - AJ (la anguila jardinera <i>Heteroconger longissimus</i>)
C	Caulerpal: Zonas dominadas por el alga verde <i>Caulerpa</i> . Principalmente suele aperecer 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 31. 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 111).

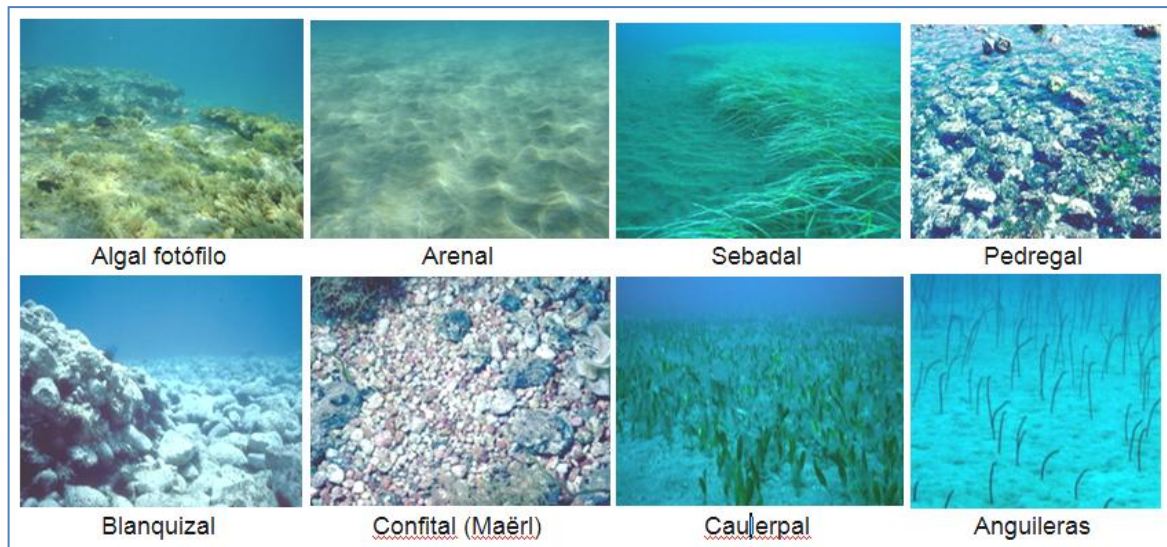


Figura 111. Aspecto de los distintos hábitats tipificados

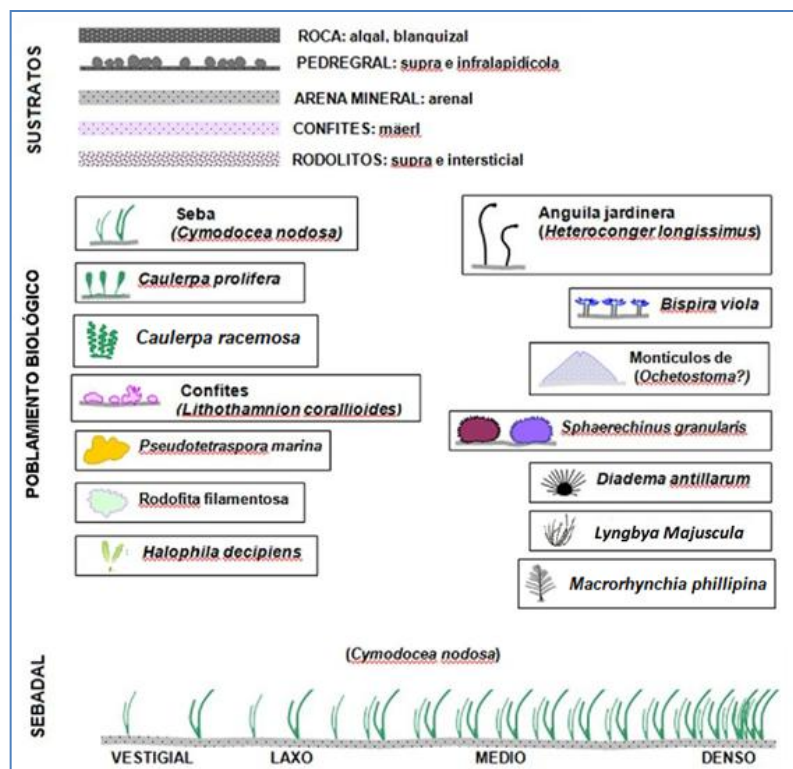


Figura 112. Simbología empleada en los diagramas bionómicos



Además de en perfiles bionómicos (Figura 113 a 117), los resultados de cada transecto se resumen en diagramas sinópticos –uno invernal y otro estival- con simbología que representa las especies presentes (Figura 112), la longitud planificada del transecto (la real puede variar ligeramente), y los comentarios más relevantes al pie. Este año los transectos Pelada, Embarcadero y Tescón carecen de diagramas estivales debido a condiciones medioambientales adversas que imposibilitaron la realización de los muestreos correspondientes. Asimismo, se ha añadido un símbolo para el coral invasor *Macrorhynchia philippina*, con una mayor representación en comparación al año anterior

TRANSECTO TOSCÓN (2.000 M, RUMBO 90°)

Durante el invierno se observan fondos someros de arenal con *ripples* y sebadales de densidad laxa o media, que se extienden formando parches sobre el sustrato. A unos - 15 m comienzan los fondos de *maërl*, precedidos por afloramientos rocosos. Sobre este sustrato se intercalan sebadales vestigiales o de densidad laxa, con ejemplares de *Caulerpa prolifera* y *Sphaerechinus granularis*. A partir de la cota de los -23 m el aumento de la densidad de *C. prolifera* da lugar a la formación de praderas que se mantienen hasta los -30 m, donde predominan los rodolitos. A mayor profundidad se observan exclusivamente arenas calcáreas. (Figura 113).

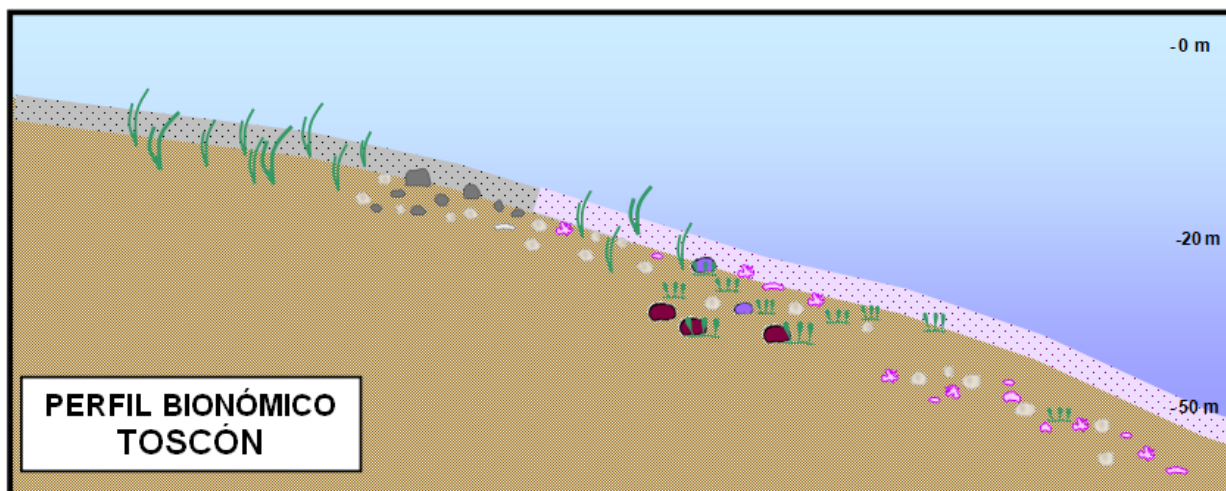


Figura 113. Transecto Tescón 2018. Perfil bionómico invernal

TRANSECTO EMBARCADERO (1.690 M, RUMBO 169°)

En la estación invernal los fondos someros son arenales de amplias ondulaciones y desprovistos de sebas. A los -11 m de profundidad comienzan a aparecer sebadales de densidades variables (vestigiales, densos y medios), intercalados con parches de arena. A partir de los -15 m el perfil presenta una elevación (~2 m), en cuya base se observan restos finos de *maërl*, y dónde se pueden encontrar islas de *Cymodocea nodosa* de densidad media. En la cota de los -19 m comienzan a observarse ejemplares de *C. prolifera* diseminados entre la seba, a su vez, las praderas de fanerógama presentan una disminución progresiva de sus densidades, quedando solo individuos vestigiales a los -28 m. El sustrato cambia de arenas volcánicas a calcáreas a los -26 m, estos fondos de *maërl* predominan hasta el final del transecto.

Puntualmente parece observarse un individuo del coral invasor *Macrorhynchia filipina* a la cota de los -27 m. (Figura 114).

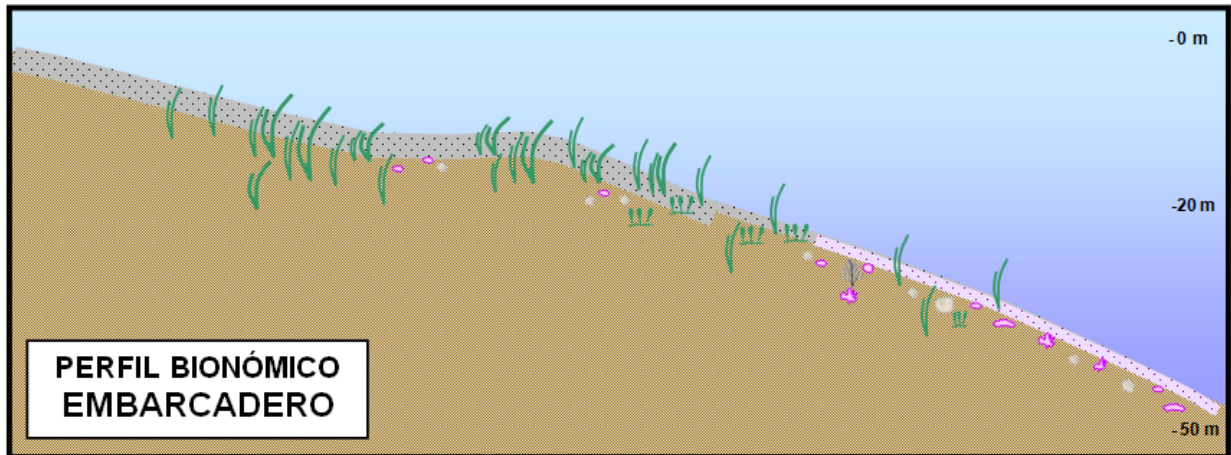
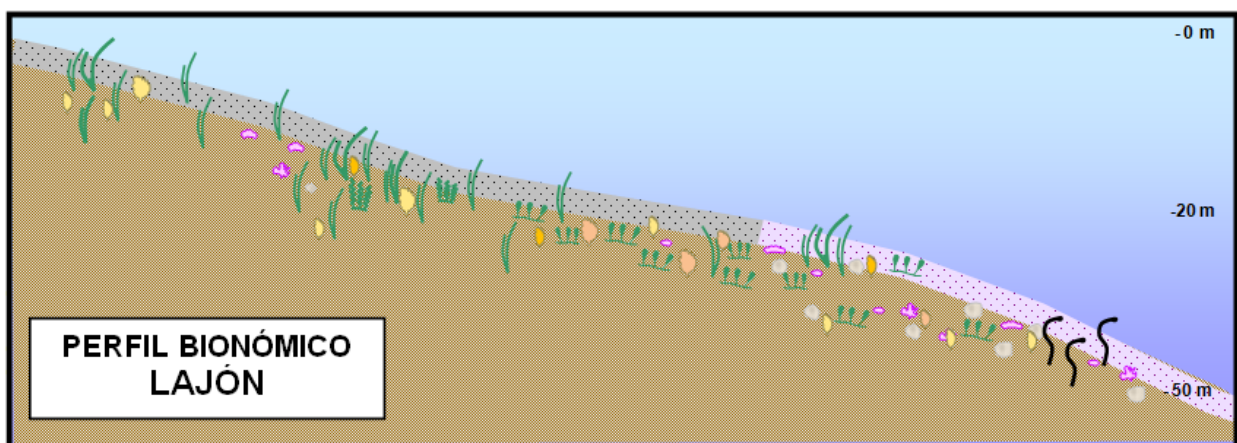


Figura 114. Transecto Embarcadero en 2018. Perfil bionómico invernadero

TRANSECTO LAJÓN (2.870 M, RUMBO 180°)

En invierno, el estado del perfil y de las comunidades asociadas presenta una alta similitud con el descrito para el año anterior (2017), destacando una ligera mejora en la densidad y extensión de las praderas de fanerógamas. Los sebadales se extienden desde fondos someros de arenas (-5 m), hasta fondos más profundos de rodolitos (-23 m), y aunque sus densidades suelen ser bajas (laxas o vestigiales), pueden verse aglomeraciones algo más pobladas a profundidades medias (-10 m), llegándose a detectar crecimiento vegetativo en forma de *runners*. El grado de epífitos de naturaleza algar presentes sobre las sebas continúa siendo alto en todas las cotas. Se siguen encontrando ejemplares de *Caulerpa racemosa* hasta los -19 m dónde es sustituida por *C. prolifera*, que domina abundantemente estos fondos hasta los -23 m, ya en sustrato de *maërl*. Las anguilas jardineras aparecen a los -37 m. (Figura 115).



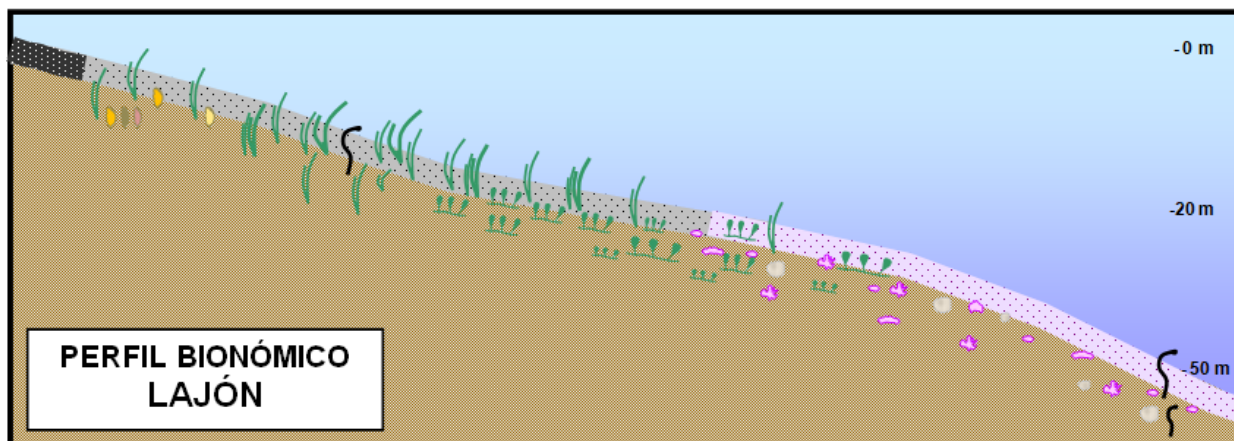


Figura 115. Transecto Lajón en 2018. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo)

Con respecto a invierno, en verano se observan algunos cambios especialmente en la zona menos profunda (entre -4 m y -20 m), destacando un aumento en la densidad de los sebadales (densidades medias entorno a los -11 y -16 m); una disminución notable en la presencia de algas epifitas; y la aparición de una capa algar sobre el fondo de arena en los primeros cuatro metros de profundidad. Los caulerpales de *C. prolifera* se extienden desde los -19 m hasta los -23 m, no se observan ejemplares de *C. racemosa*. A los -22 m dominan los fondos de *maërl* y las anguilas jardineras aparecen a los -34 m. Puntualmente se pueden observar algunas anguilas jardineras en los fondos someros. Este año no se encuentra la cianobacteria *Lyngbya* sp.

TRANSECTO PELADA (1.390 M, RUMBO 180°)

Durante el invierno los fondos someros, hasta unos -20 m, continúan presentando sebadales de densidades media-alta en arenales de distinta magnitud. Las calvas, escalones (o montículos), y los canales de bordes erosionados son bastante frecuentes. Sobre los -19 m disminuye la densidad del sebadal y comienza a aumentar progresivamente el contenido granular calcáreo de los arenales. Los fondos de *maërl* se diferencian a los -21 m y se extienden, junto con anguilas jardineras, hasta el final del transecto. *C. prolifera* aparece desde la cota de los -30 m hasta los -50 m. (Figura 116).

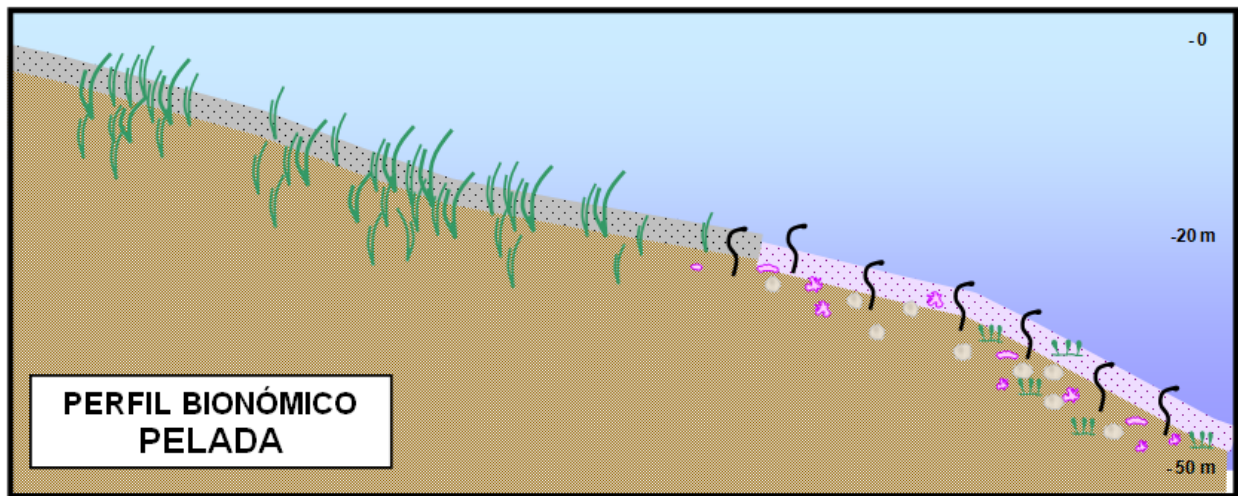
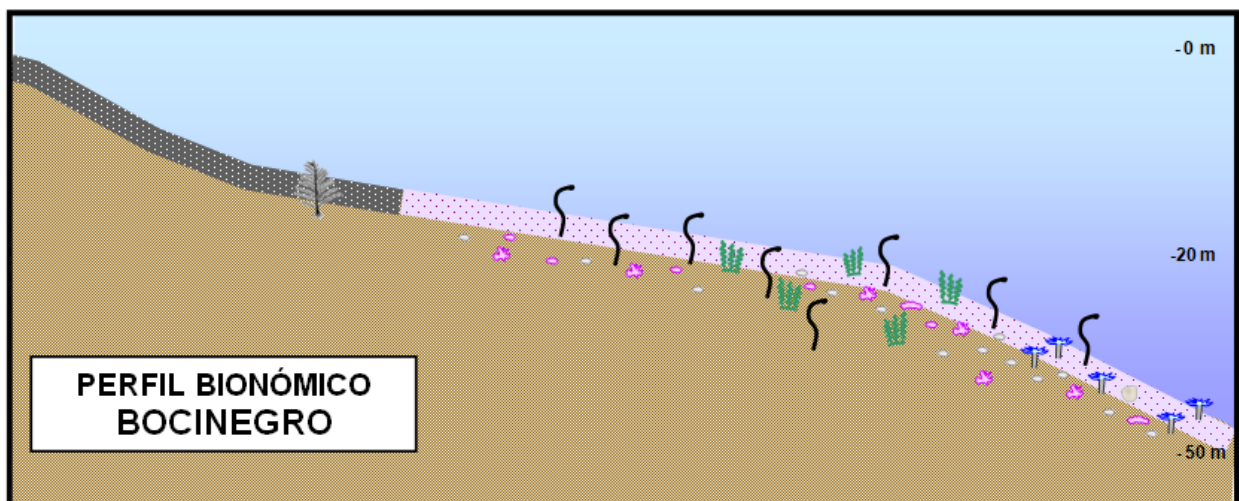


Figura 116. Transecto Pelada en 2018. Perfil bionómico inercial

TRANSECTO BOCINEGRO (698 M, RUMBO 90°)

En comparación con el año anterior (2017), este transecto presenta diferencias notables en ambos periodos de muestreo (inercial y estival). En los fondos someros de la estación inercial, hasta unos -15 m de profundidad, el blanquial preponderante ha sido sustituido por un fondo de naturaleza algar debido, probablemente, a la regresión de *Diadema africanum*. Por otro lado, se observan ejemplares colonizadores de *Macrorhynchia* inexistentes en años previos. Sobre los -16 m el sustrato pasa a estar constituido por arenas calcáreas y comienzan a aparecer, junto con *C. racemosa*, grupos de anguilas jardineras que se mantienen hasta los -27 m. En los fondos de *maërl*, por debajo de los -30 m de profundidad, puede observarse *Bispira viola* en agrupaciones discretas de varios individuos. (Figura 117).



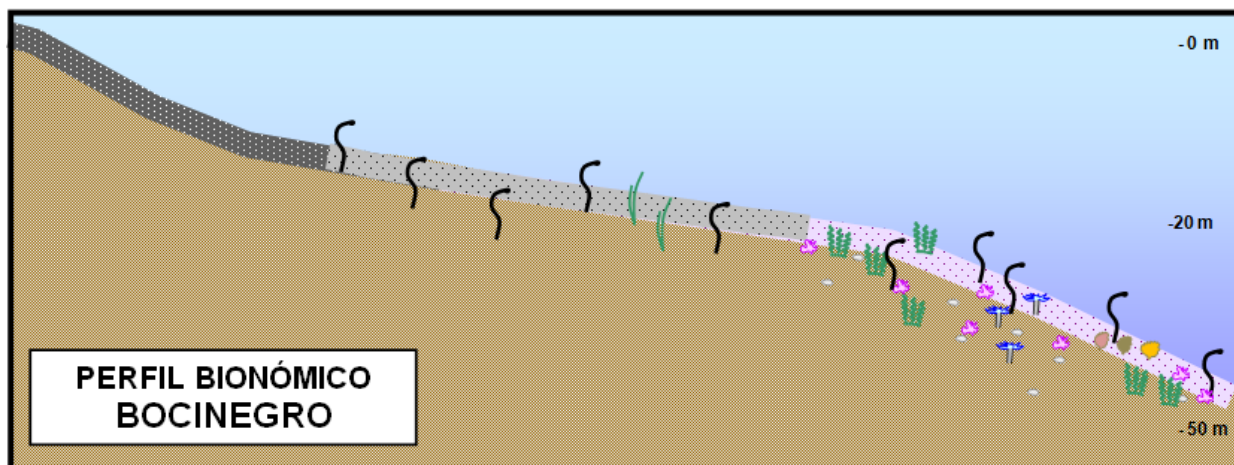


Figura 117. Transecto Bocinegro 2018. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo)

Durante el verano, la ausencia de *Diadema africanum* permite la conservación de la cubierta algar en los fondos someros (-15 m), por debajo aparecen depósitos arenosos con contenido granular calcáreo fino. A medida que aumenta la profundidad estos depósitos pasan a formar sustrato de *maërl*. En esta misma cota (-15 m), aparecen las anguilas jardineras y se observa la presencia vestigial de sebas. En torno a los -26 m aparece *C. racemosa* y algunos montículos de *Derbesia* sp. A mayor profundidad encontramos algunas agrupaciones de *B. viola* y céspedes de algas aparentemente rojas. Al contrario que el año anterior (2017), no se detectan ni la cianobacteria *Lyngbya* sp ni la fanerógama *Halophila decipiens*.

TRANSECTO TRAVIESO (4.220 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 seadales 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 118 a 121).



Figura 118. Espectros bionómicos de los transectos realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2018)



Al norte del puerto, en el transecto Toscón, desaparecieron los arenales durante 2013 y reaparecieron en 2014. En el tramo de sebadal que se forma a unos 800 m de la costa y que se detectaba solo durante la época estival, a excepción de en 2017 cuando pudo observarse en ambos periodos, continua, aunque algo reducido, durante la época invernal de este año. A su vez, este 2018 el caulerpal detectado el año previo continua observándose en la campaña de invierno.

En Embarcadero, cabe destacar la sustitución del caulerpal y de los arenales localizados en 2017 sobre los 1.300-1600 m de costa, por sebadales laxos y fondos de *maërl*. El sebadal que se encuentra entre los 400-600 m de costa parece haber sufrido una reducción de su amplitud acompañada de un aumento en la densidad de sebas.

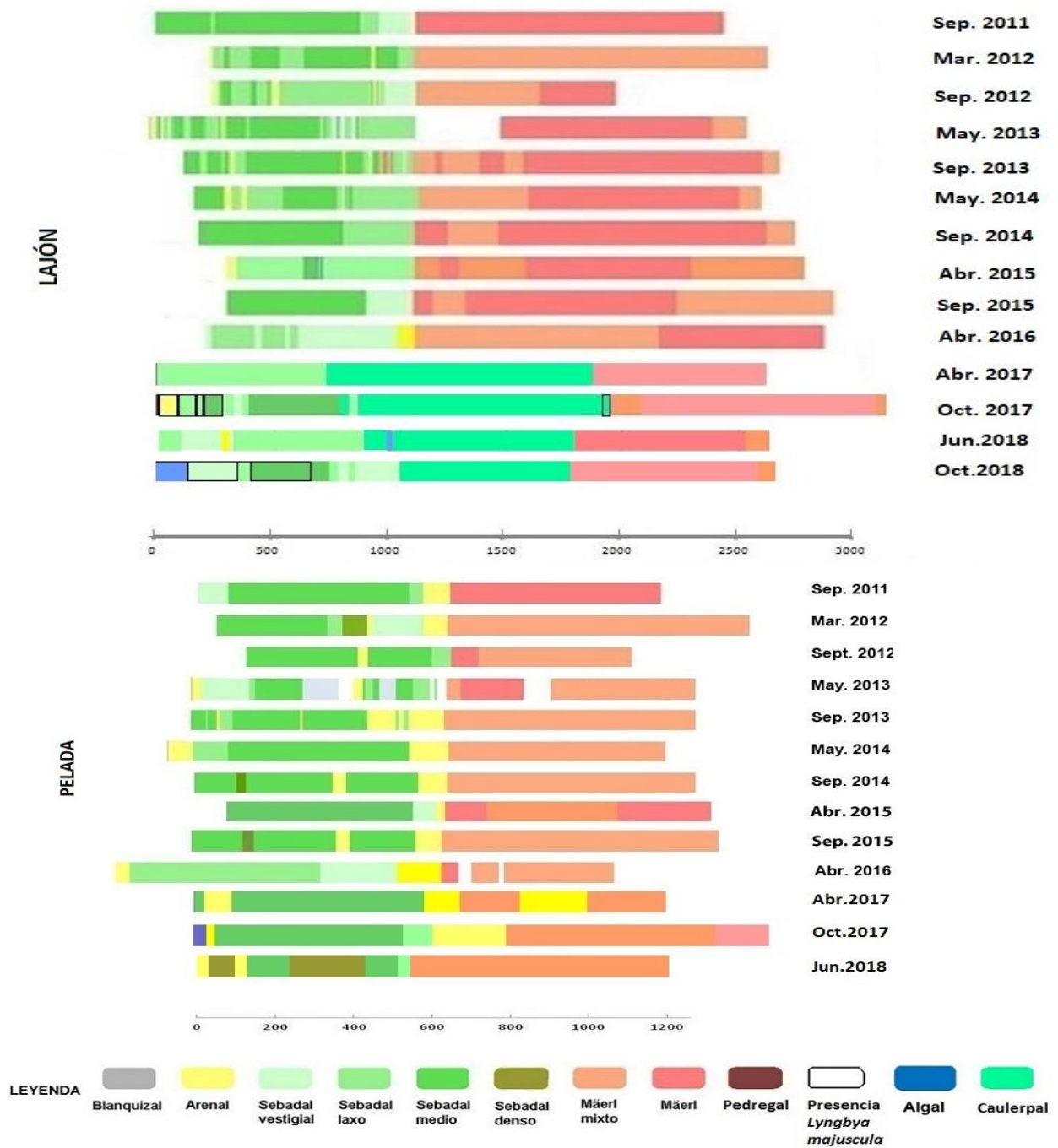


Figura 119. Espectros bionómicos del transecto Lajón y Pelada al sur de Granadilla (2011-2018)



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. La recuperación de estas zonas observada en 2017 continúa de forma escalár este 2018, con la presencia, por ejemplo, de praderas densas en Pelada. Sin embargo en Lajón puede observarse, al inicio del transecto, un fondo algar de unos ~100 m, que podría constituir una sustitución ecológica puntual de los arenales y sebadales que normalmente se encuentran en ese punto. En este fondo no se ha encontrado la cianobacteria *Lyngbya* sp. observada el año anterior. El caulerpal detectado en torno a los 900 m se mantiene en ambas campañas.

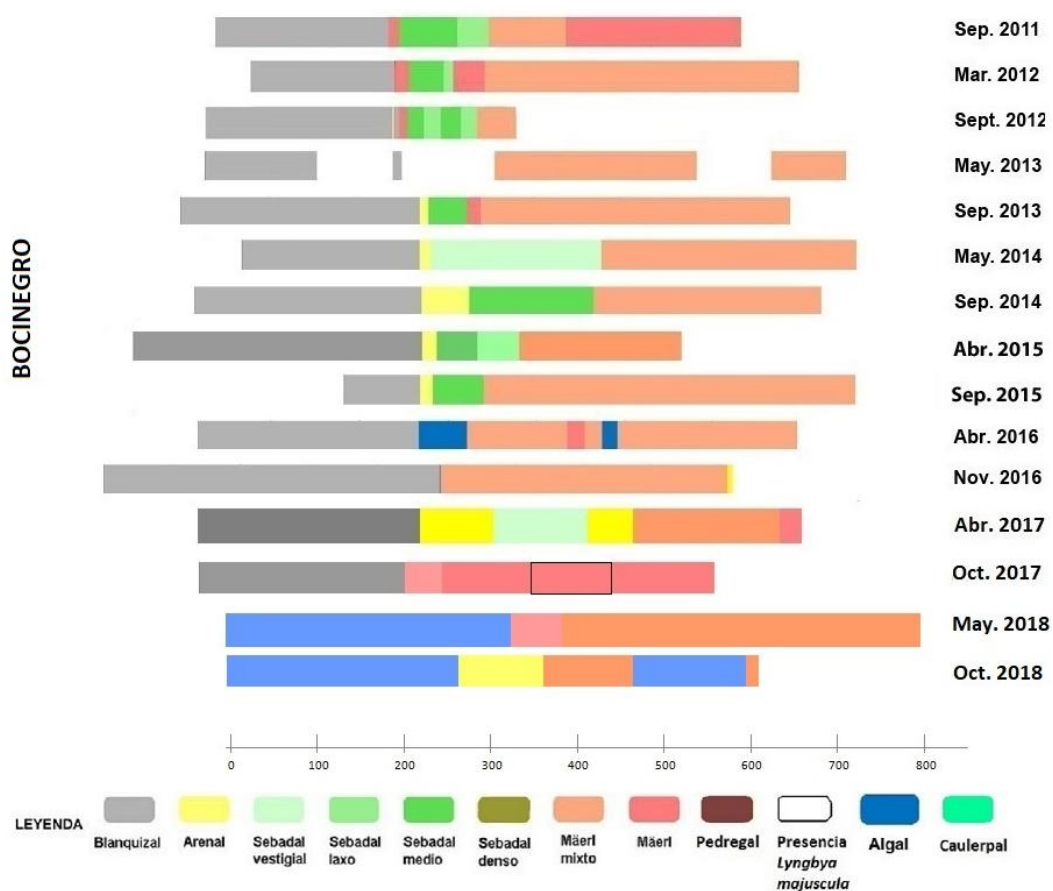


Figura 120. Espectros bionómicos del transecto Bocinegro, el más alejado al sur del puerto de Granadilla (2011-2018)

La dinámica de las comunidades en Bocinegro es notoria, se aprecia sobre todo en el primer tramo con fondos rocosos, donde persisten zonas con algas rojas o verdes, que anteriormente constituían blanquizaes debido al dominio de los erizos. Este 2018 la desaparición de *D. africanum* a dado lugar a la recuperación de los fondos de algas. Aún así, los sebadales que aparecían una vez rebasado el antiguo blanquizal, siguen sin encontrarse.

En ninguna de las campañas se detectan grandes caulerpales aunque si ejemplares diseminados de *Caulerpa* sp., lo que podría indicar un cambio en las condiciones ecológicas que en el caso de mantenerse podría acabar por ocupar una extensión mayor. En los fondos más profundos de

la época estival, en torno a los 500 m de cota, se encuentran montículos de *Derbesia* y céspedes de algas rojas sobre *maërl* (Figura 120).

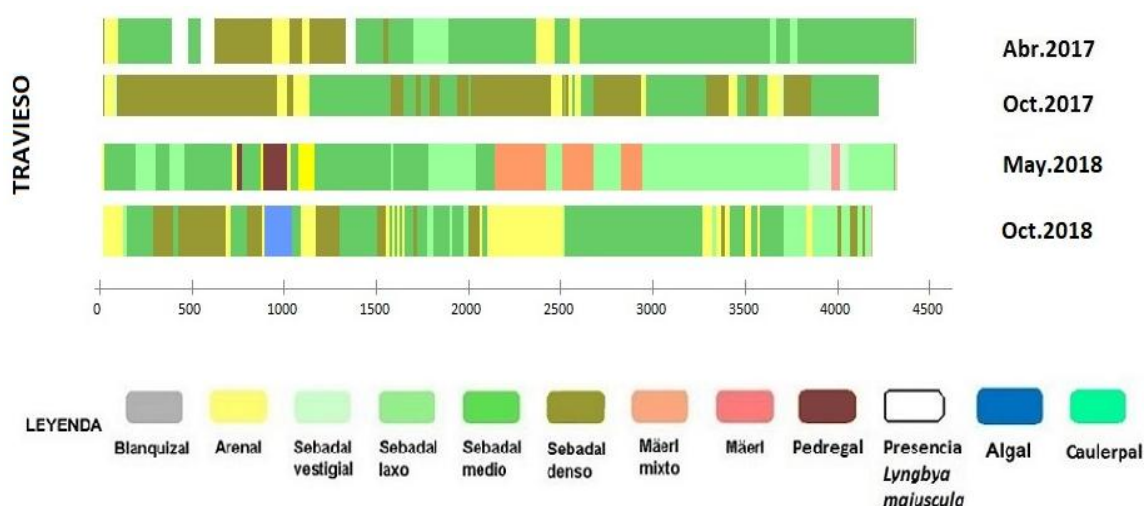


Figura 121. Espectros bionómicos del transecto Travieso (2017-2018)

El transecto Travieso, realizado por primera vez el año pasado, está constituido casi en la totalidad de sus 4.500 m de longitud, por sebadales de distinta densidad. En comparación con la referencia del 2017, el estado general de todos los sebadales parece haber empeorado, presentando densidades menores y observándose un mayor número de arenales intercalados entre los mismos, y, en el caso de la campaña estival, fondos de rodolitos. Sobre los 1000 m del transecto se observa, en invierno, un pedregal que en los meses estivales pasa a estar cubierto por algas. Estas situaciones serán la de referencia para evaluar su evolución en los próximos tres años.

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.

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 *maërl* puro y *maërl* 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 122) 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. 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.

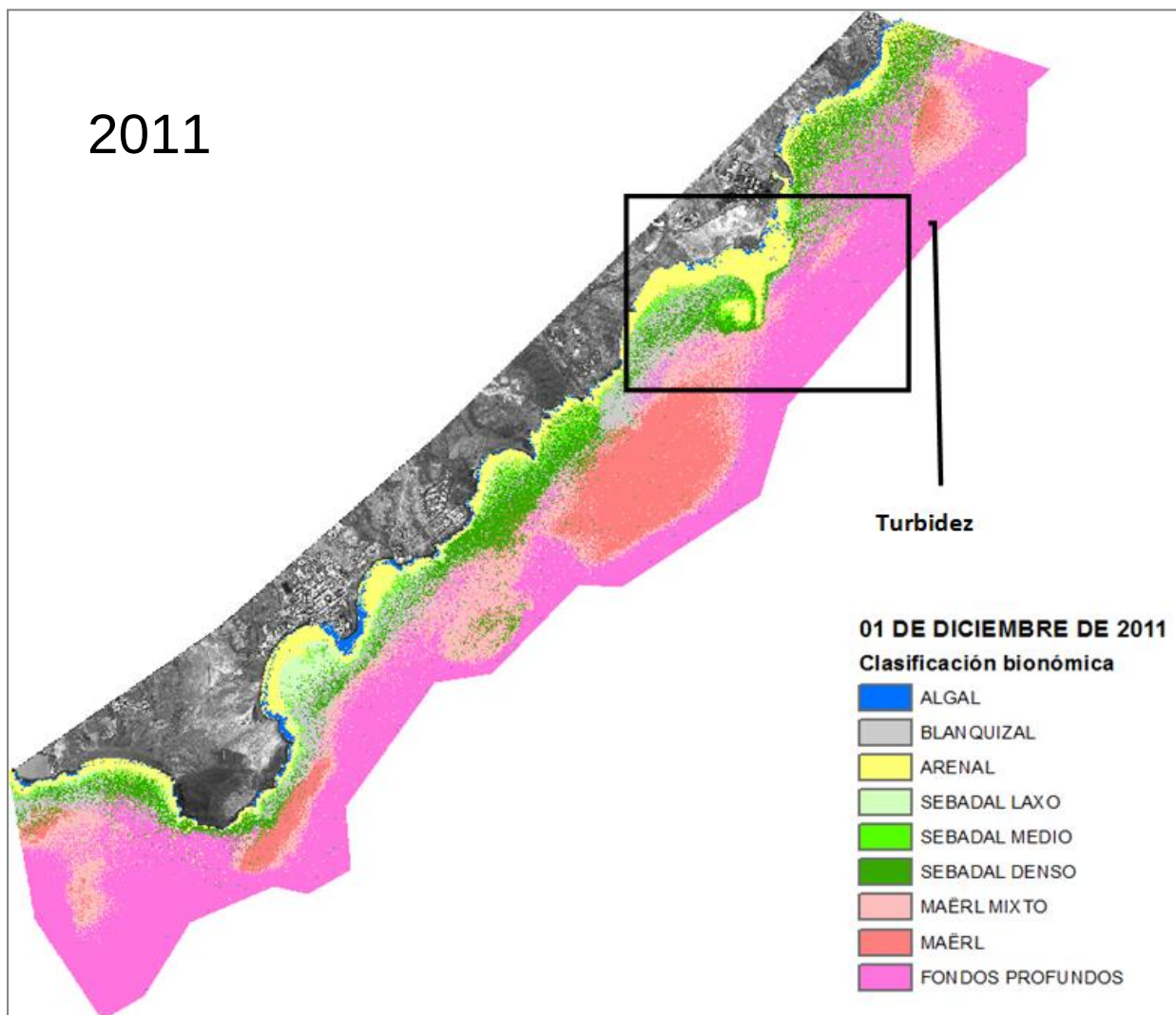


Figura 122. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)

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 maërl 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. La razón para la novedad radica en que esos lugares, conspicuos en la imagen y conocidos por quienes frecuentan esas aguas, se ven clasificados erróneamente, lo que podría restar credibilidad al resultado. 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 sebadal 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 operativa, por lo que se incluye también en este informe (Figura 123).

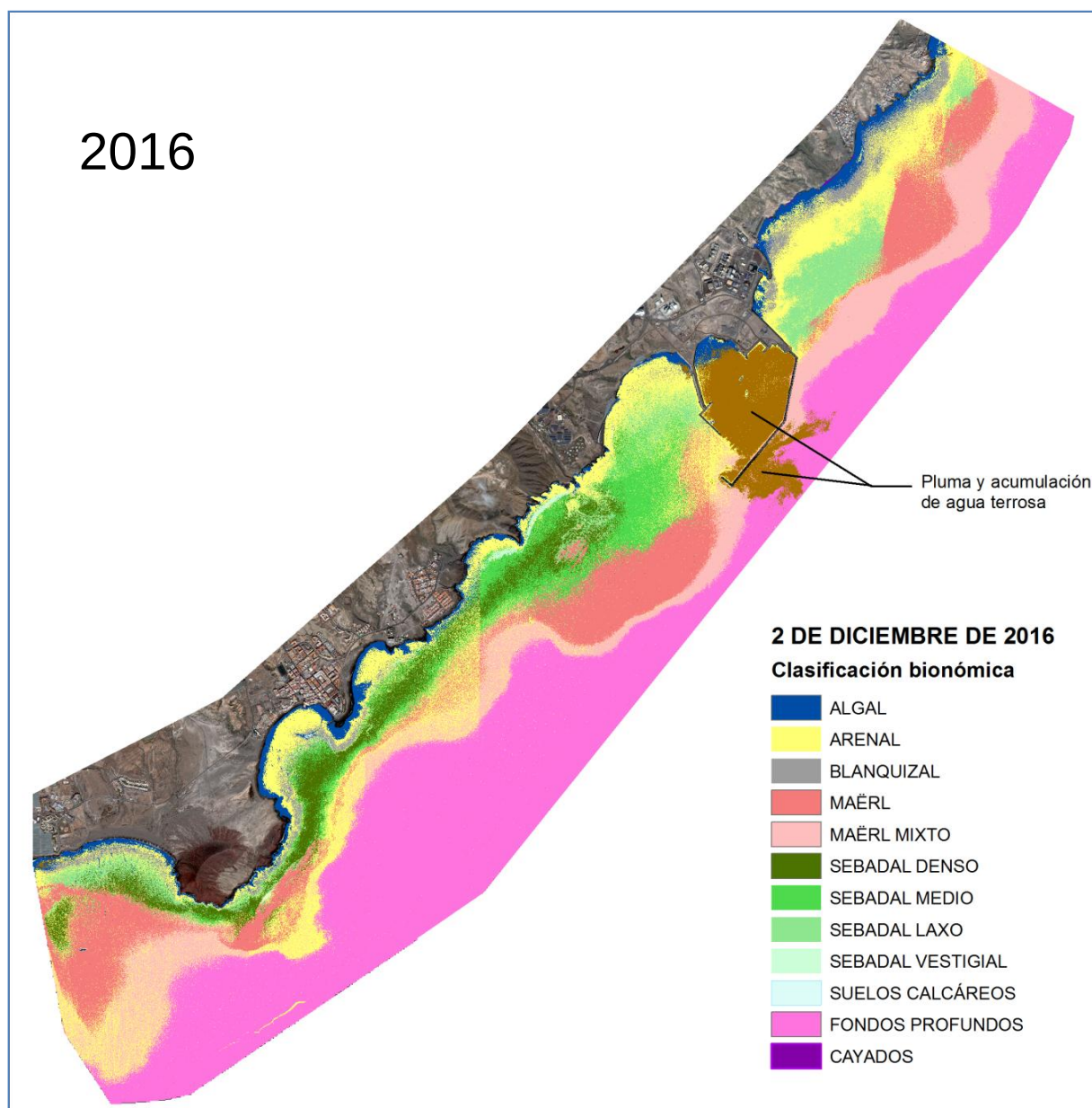


Figura 123. Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG)

En ese ejercicio 2016 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 adoptó la técnica iterativa previa a 2015 (25 repeticiones del análisis) que aportó un resultado razonablemente coherente con los diferentes muestreos. No obstante, al norte del puerto, donde el 2 de diciembre se extendía una amplia nube de humos generada por la central de UNELCO, los resultados parecen haber sido afectados en su interpretación del seabedal (le roba intensidad) y

es muy posible que la merma en densidad registrada, que llega hasta Tajao, sea en parte engañosa.

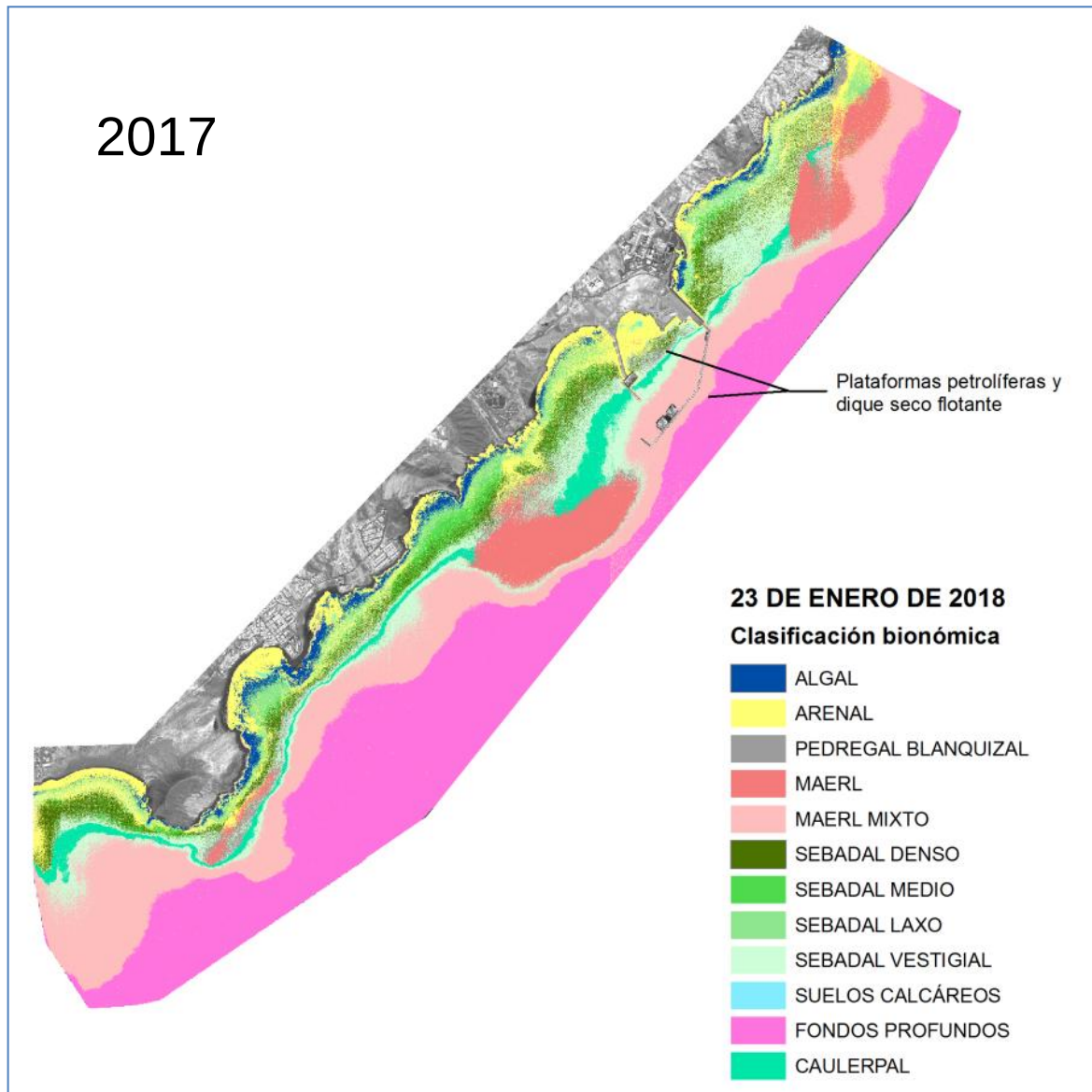


Figura 124. Mapa bionómico de “2017” (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG)

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 con esta escena es con la que se ha elaborado bionómico atribuido a 2017 (Figura 124), que aunque alejado del verano oceánico, puede ser utilizada. 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 un aumento global de la temperatura del agua en Canarias.

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.

En 2018, sin embargo, el análisis de las imágenes satelitales arroja un resultado más halagüeño para la *Cymodocea*, que muestra una cierta recuperación en la parte norte y en la ensenada de La Tejita. Al menos en extensión. Pormenorizadamente recogemos en la tabla 32 el resumen de las clases de sebadal en los años 2016, 2017 y 2018:

Tabla 32. Extensión de las distintas clases para el sebadal según síntesis por teledetección (En hectáreas)

CLASE	2016	2017	2017-2016	2018	2018-2017
Sebadal denso	122,84	122,08	-0,76	460,63	338,56
Sebadal medio	158,41	65,06	-93,35	258,14	193,08
Sebadal lazo	138,21	73,29	-64,93	171,13	97,84
Sebadal vestigial	6,47	310,10	303,63	590,06	279,96

En relación con otras clases, salvo la situación de la caulerpa que será tratada inmediatamente, el resto de clases no presenta signos preocupantes, puesto que el *mäerl*, si bien oscila de año en año, en nuestra experiencia parece ser la tónica habitual a lo largo de estos años, y tanto los algares como los suelos calcáreos son bastante estáticos y las clases Arenal y Blanquizal son problemáticas a la hora de discriminarlas por el procedimiento analítico, al ser muy parecidas sus firmas espectrales.

El área en la que se detecta la caulerpa, al menos la mancha principal, sigue también estable frente a la bocana del puerto, sin percibirse una dispersión a través de la imagen del satélite. Antes, al contrario. Diríamos que presenta una retracción en la longitud de la mancha al sur del martillo, y una ganancia en anchura. Las zonas que en 2017 se marcan dentro del puerto desaparecen en la imagen de abril de 2018, dado que en esa área el agua presenta demasiada turbidez para determinar qué hay en el fondo.

El mapa correspondiente al año 2018 (Figura 125 y Anexo 5.6.) del mes de abril se muestra seguidamente:

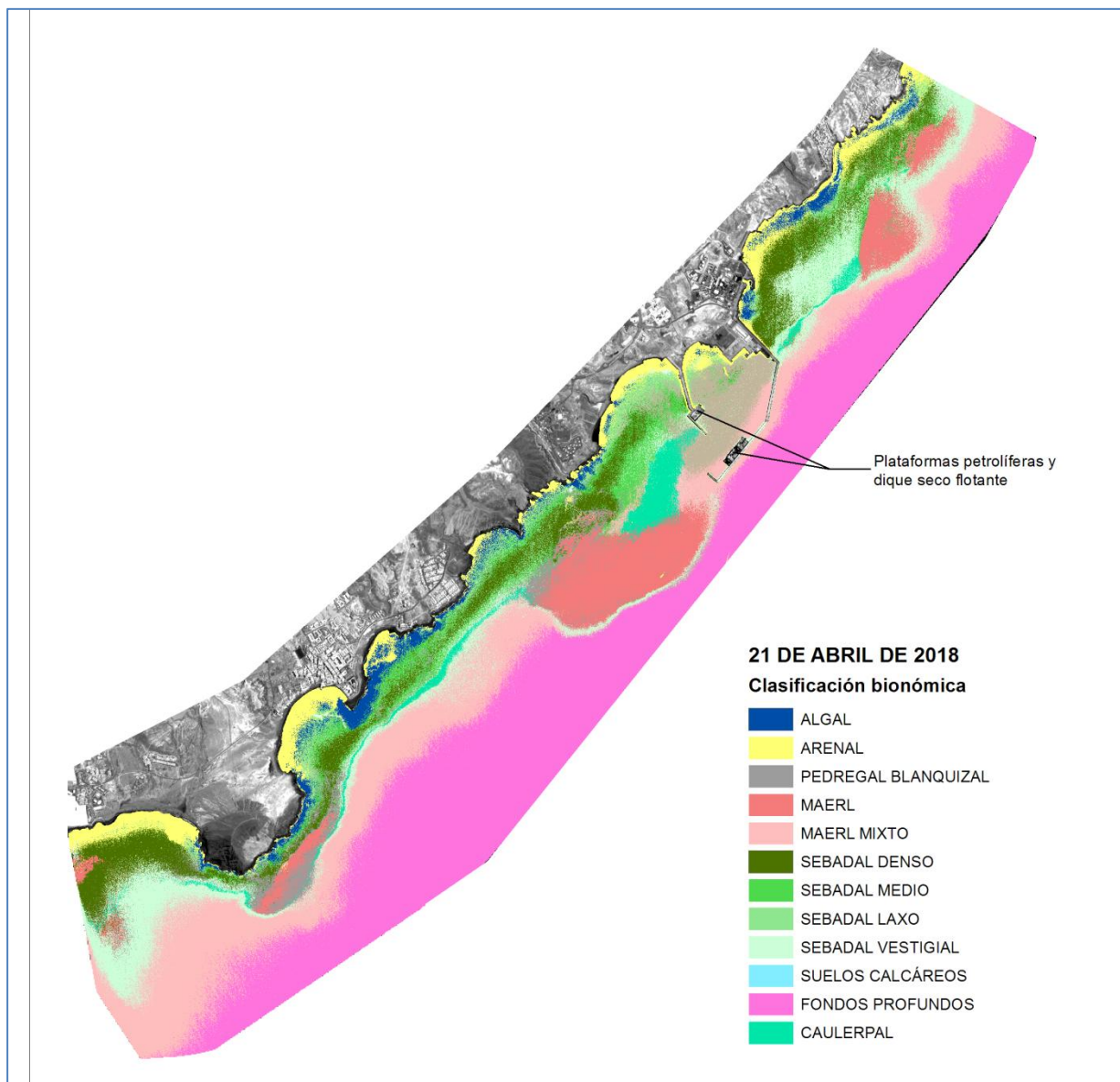


Figura 125. Mapa bionómico de síntesis por teledetección, correspondiente a la foto satelital del 21 de abril de 2018. (fuente, OAG)

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, a menudo es demasiado tarde para 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. Los muestreos de meroplankton durante estos años no han podido triarse por falta de tiempo, al ser un proceso metódico y exhaustivo, por lo que se va a optar por la inclusión en el plan de vigilancia de muestreos de peces adultos, pescados mediante caña y mediante nasas de pesca científica, dado la imposibilidad de identificación de determinados individuos por vídeos o fotos. Ya se ha solicitado y ha sido concedido el correspondiente permiso para pescar dentro de la dársena. Se continuará repasando de vez en cuando el *fouling* de las embarcaciones que arriban al puerto o del puerto en sí, o de aquellas que fondeen por fuera si llegara a establecerse un área para ello.

El 17 de junio de 2017 se localiza por primera vez 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.

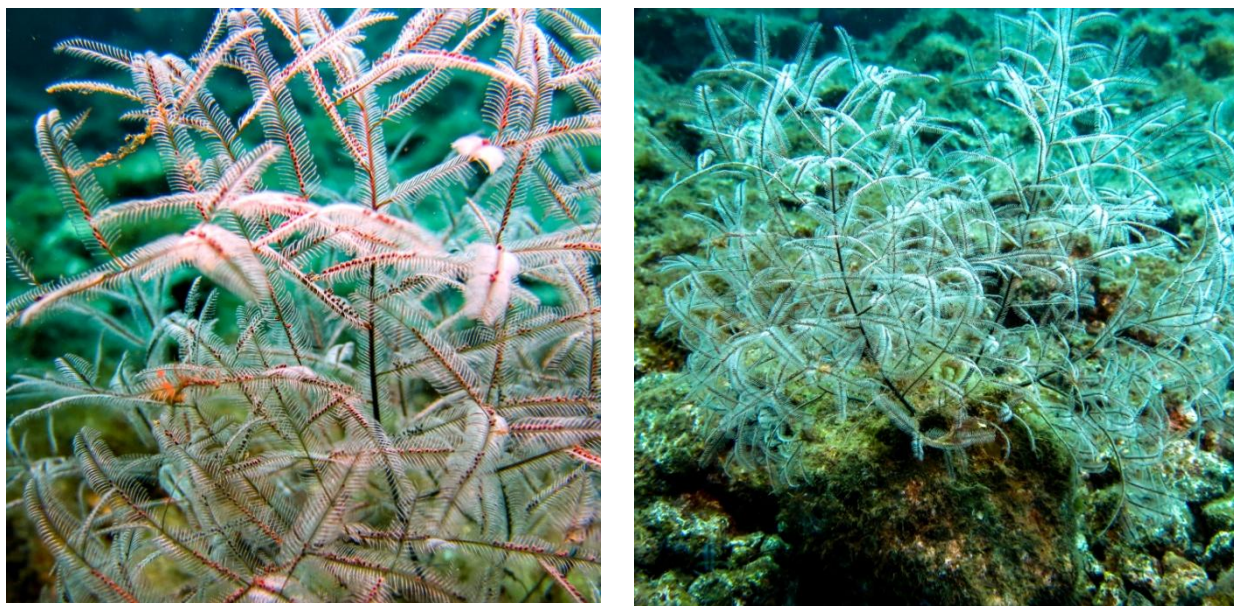


Figura 126. Ejemplares de *M. philippina*

Debido a esto, hasta final de año de 2017 y durante 2018 se muestreó toda la costa de Granadilla, en todo tipo de fondos (*maërl*, caulerpales, sebadales, arenales, algales fotófilos en roca, blanquizales y sustratos artificiales) desde superficie hasta los 50 metros de profundidad. Los muestreos se llevaron a cabo mediante buceo autónomo exceptuando los transectos de control de perfiles bionómicos, que se llevaron a cabo mediante cámara arrastrada por embarcación y software desarrollado por el OAG, donde se determina la presencia o no del hidrozoo. En la tabla 33 se presenta las estaciones donde se identificó *M. philippina*, la profundidad a la que se encontraba, el tipo de fondo, el tipo de muestro, la fecha de observación y el observador.

Tabla 33. Estaciones de muestreo donde se encontró *Macrorhynchia philippina* o hidroideo similar sin identificar.

Estación	Lat. (N)	Long. (W)	Prof. (m)	Tipo de fondo	Fecha de presencia	Presencia	Observador
TGr00 (Boya OAG)	28°03'40,230"N	16°30'32,076"W	-16	Sebadal denso	21/02/2018	Poca	Chema y Ale
TGr04	28°06'04,154"N	16°28'23,653"W	-13	Sebadal laxo	14/08/2017	Hidroideo similar sin identificar	Chema y Marta
					20/06/2018	Hidroideo similar sin identificar	Chema y Víctor
					04/08/2018	Hidroideo similar sin identificar	Chema y Marta
TGr05	28°05'17,482"N	16°29'09,075"W	-14	Sebadal laxo	04/08/2018	Hidroideo similar sin identificar	Chema, Víctor y Marta
TGr08	28°04'53,592"N	16°29'05,641"W	-15	Sebadal medio	14/08/2017	Hidroideo similar sin identificar	Chema y Ninoska
					09/01/2018	Poca	Chema y Víctor
					04/08/2018	Poca	Chema y Marta
					24/10/2018	Poca	Chema y Víctor
TGr10	28°04'17,543"N	16°30'02,731"W	-15	Sebadal medio	20/06/2018	Hidroideo similar sin identificar	Chema y Víctor
TGr13	28°03'45,529"N	16°30'32,604"W	-15	Sebadal denso	05/01/2018	Media	Chema y Ale
					06/03/2018	Poca	Chema y Ale
					20/06/2018	Media	Chema y Víctor
					20/09/2018	Poca	Víctor y Marta
TGr14	28°03'38,779"N	16°30'31,596"W	-15	Sebadal denso	05/01/2018	Media	Chema y Ale
					20/06/2018	Poca	Chema y Víctor
					03/08/2018	Poca	Víctor y Marta
TGr18	28°02'46,776"N	16°31'29,094"W	-18	Sebadal denso	17/11/2017	Poca	Jorge y Andrea
TGr22	28°01'39,817"N	16°33'36,018"W	-13	Sebadal denso	20/06/2018	Poca	Chema y Víctor
TGr23	28°01'39,322"N	16°33'05,143"W	-5	Algal fotófilo/ blanquizal	02/05/2018	No especificada	Chema
					26/10/2018	Poca	Chema y Víctor
TGr25	28°03'55,692"N	16°30'21,391"W	-8	Blanquizal	08/10/2017	Alta	Chema y Ninoska
					08/03/2018	Media	Chema y Jorge
					04/08/2018	Media	Víctor y Marta
TGr29	28°01'40,199"N	16°30'06,200"W	-23	Maërl	08/10/2017	Poca	Chema y Ale
					02/11/2017	Media	Chema, Ninoska y Marta
TGr35	28°01'34,320"N	16°34'13,579"W	-25	Maërl	02/11/2017	Media	Chema, Ninoska y Marta
					30/11/2017	Media	Chema y Víctor
					24/04/2018	Media	Chema, Ale y Jorge
TGr37	28°03'22,926"N	16°30'43,919"W	-18	Sebadal denso	06/03/2018	Hidroideo similar sin identificar	Chema y Ale

Sevilla 3 2018	28°01'31,86"N	16°32'31,351"W	-11,5	Blanquizal	24/04/2018	No especificada	Chema, Ale y Jorge	
Sevilla 5 2018	28°01'27,042"N	16°32'22,996"W	-22,5	Arenal/ sustrato sin vegetación	24/04/2018	No especificada	Chema, Ale y Jorge	
Transecto Bocinegro	28°01'58,76"N	16°32'23,8"W	-5	Variable	02/05/2018	Ejemplares sueltos	Ninoska y Víctor	
	28°01'58,45"N	16°31'54,14"W	-50					
Transecto Travieso	28°02'08,65"N	16°32'17,52"W	-13	Sebadal medio/denso	02/05/2018	Hidroideo similar sin identificar	Ninoska	
	28°03'37,64"N	16°30'34,63"W	-14					
Transecto contradique	28°04'32,19"N	16°29'52,46"W	-7	Artificial: escollera y paramentos dique	13/09/2017	Media	Chema y Ale	
					25/09/2017	Alta	Chema y Víctor	
	28°04'13,42"N	16°29'42,73"W	-23		08/10/2017	Alta	Ninoska y Ale	
					31/01/2018	Alta	Chema y Ninoska	
Transecto martillo	28° 4' 4,354" N	16°29'39,672"W	-29	Artificial: escollera y paramentos dique	17/06/2017	Poca	Ninoska, Víctor, Marta y Ale	
					07/10/2017	Media	Víctor y Ale	

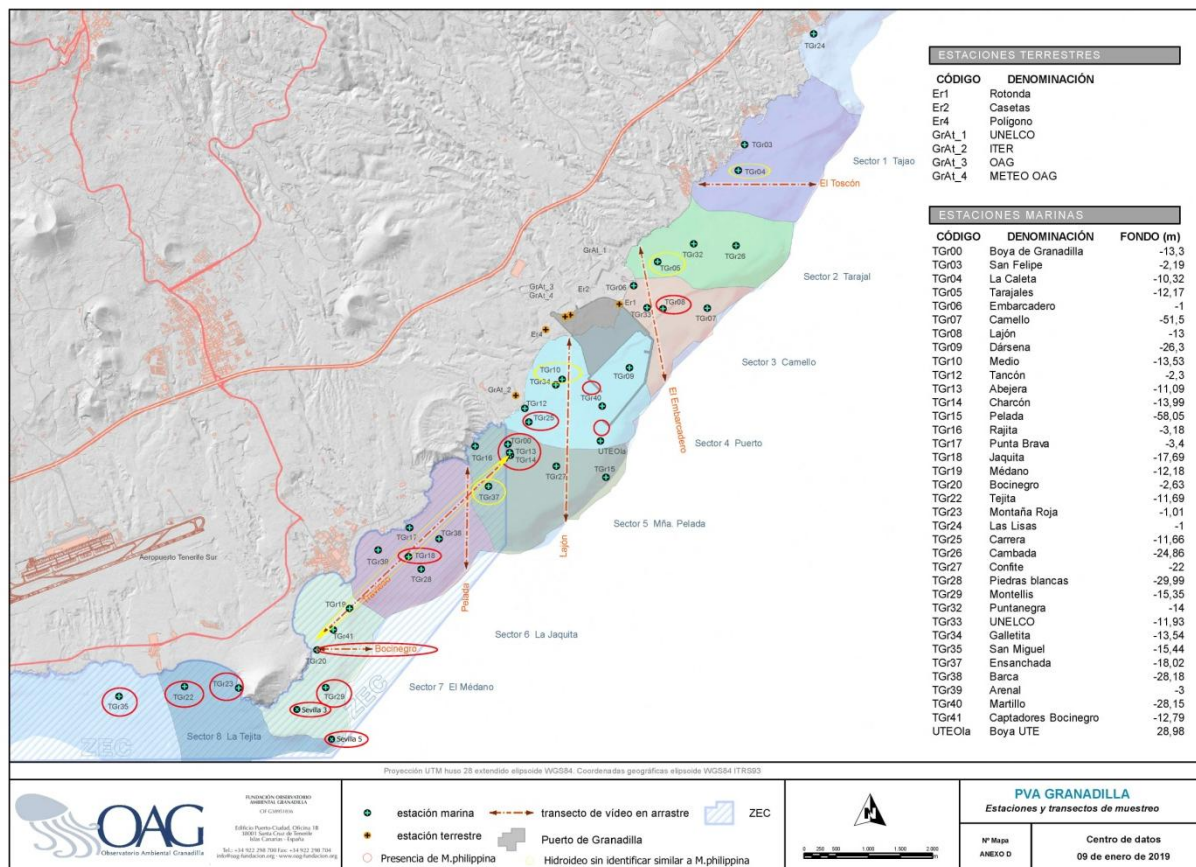


Figura 127. Estaciones con presencia de *M. philippina* e hidroideo sin identificar

En la Figura se muestra con un círculo rojo las estaciones donde se confirmó la presencia de *M. philippina*, ya sea en 2017 o en 2018, y con un círculo amarillo los lugares donde se sospecha que hay individuos muy jóvenes de *M. philippina* pero no se han podido identificar con exactitud esos ejemplares, ya que existen otros hidroideos como *Aglaophenia pluma* muy parecidos a *M. philippina* en su estado más juvenil y que son comunes creciendo sobre hojas de seba.

Con estos resultados, se observa que en 2017 se determinó la presencia confirmada de *M. philippina* solo en 6 estaciones (TGr18, TGr25, TGr29, TGr35, Contradique y Martillo), y en 2018 se apreció la especie en las mismas estaciones excepto en la TGr18 y la TGr29. Además a estas estaciones con presencia del hidrozoo, en 2018 se le sumaron la TGr08, TGr13, TGr14, TGr22, TGr23, Sevilla 3, Sevilla 5 y transecto de Bocinegro.

M. philippina es planctófago, por lo que tiene predilección por zonas con corrientes fuertes. Esto explicaría por qué en el contradique se observa un gradiente de la bocana del puerto hacia costa, donde la densidad de *M. philippina* es elevada en la bocana y va disminuyendo hasta no encontrar presencia cuando se alcanza la escollera ya que esta es una zona aplacerada.

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 rovi, 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 rovi 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 34.

Tabla 34. Especies encontradas y su abundancia en el segundo semestre de 2018

Especies	Nº indiv.
Vieja (<i>Sparisoma cretense</i>)	79
Fula negra (<i>Abudefduf luridus</i>)	8
Peje verde (<i>Thalassoma pavo</i>)	10
Pez trompeta (<i>Aulostomus strigosus</i>)	26
Roncador (<i>Pomadasys insicus</i>)	>200
Choco (<i>Sepia officinalis</i>)	1
Chucho (<i>Dasyatis pastinaca</i>)	1
Boga (<i>Boops boops</i>)	>500
Burrito listado (<i>Parapristipoma octolineatum</i>)	15
Abade (<i>Mycteroperca fusca</i>)	6
Cabrilla pintada (<i>Serranus scriba</i>)	2

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 35), 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.* 2009⁵, SEMALL⁶). 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 $\mu\text{g/kg}$).

En cuatro de las estaciones muestreadas (TGr06 Embarcadero, TGr16 Rajita y TGr23 Montaña Roja), no se encontraron erizos en ninguno de los dos semestres y en la TGr12 Punta Tancón y TGr 20 Bocinegro sólo se encontraron en el segundo semestre, esta ausencia coincide con los eventos de mortalidad masiva detectados en los ambientes litorales de varias islas del archipiélago, entre ellas Tenerife.

⁵ 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]

⁶ 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 35. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2018 (Verde = decremento; rojo = incremento, respecto del valor registrado en 2017)

MUESTRA		HT	PAHs	HLL	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg
Unidades		mg/kg	μgr/kg	μgr/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Referencia (2011)		4,41	0	11,9	16,6	0,05	6,03	0	3,8	180,3	5,94
PRIMER SEMESTRE	TGr03 San Felipe	---	0,00	1,33	144,90	4,94	0,21	2,23	0,88	1,17	0,19
	TGr06 Embarcadero	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr12 Punta Tancon	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr16 Rajita	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr17 Punta Brava	---	0,00	1,96	119,70	3,67	0,07	1,70	0,15	1,25	0,11
	TGr20 Bocinegro	---	0,00	2,24	117,20	3,60	0,14	2,55	0,70	1,05	0,16
	TGr23 Montaña Roja	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr24 Las Lisas	---	0,00	1,70	156,30	2,91	0,06	2,00	0,34	0,75	0,13
	Promedio	---	0,00	1,81	134,53	3,78	0,12	2,12	0,52	1,06	0,15
SEGUNDO SEMESTRE	TGr03 San Felipe	---	0	2,21	177,2	2,2	0,13	3,1	5,2	1,1	0,1
	TGr06 Embarcadero	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr12 Punta Tancón	---	0	1,07	65,6	0,63	0,08	1,7	0,38	0,31	0
	TGr16 Rajita	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr17 Punta Brava	---	0	1,7	137,6	4,1	0,2	2,3	0,83	0,63	0,08
	TGr20 Bocinegro	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr23 Montaña Roja	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr24 Las Lisas	---	0	1,5	107,8	3,4	0,51	2,8	0,73	0,93	0
	Promedio	---	0	1,62	122,05	2,58	0,23	2,48	1,79	0,74	0,05

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 128).

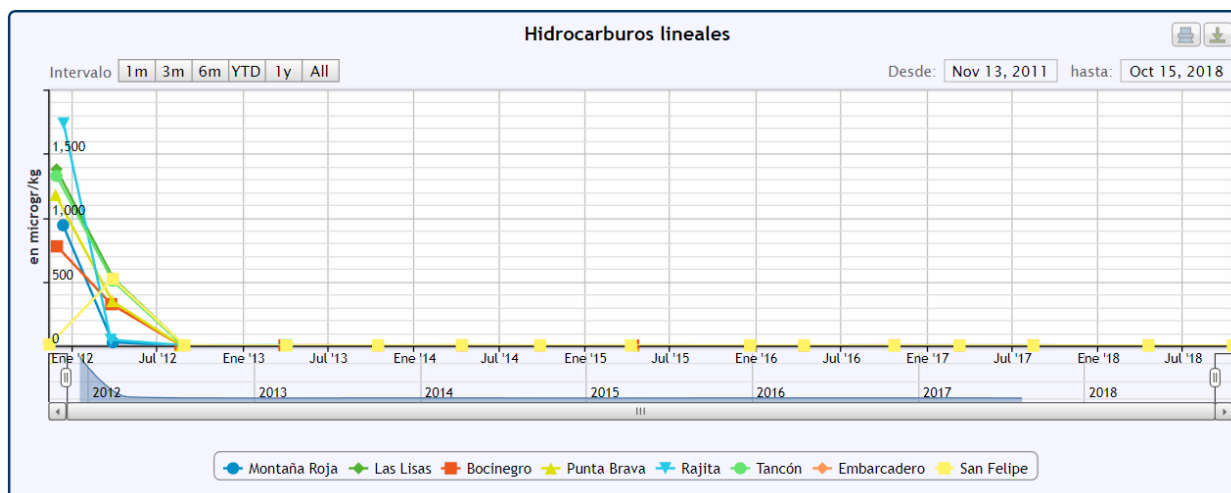


Figura 128. Hidrocarburos lineales (gr/kg) en gónadas de *Diadema* en de Granadilla (2011-2018)

Los hidrocarburos lineales (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. 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 129).

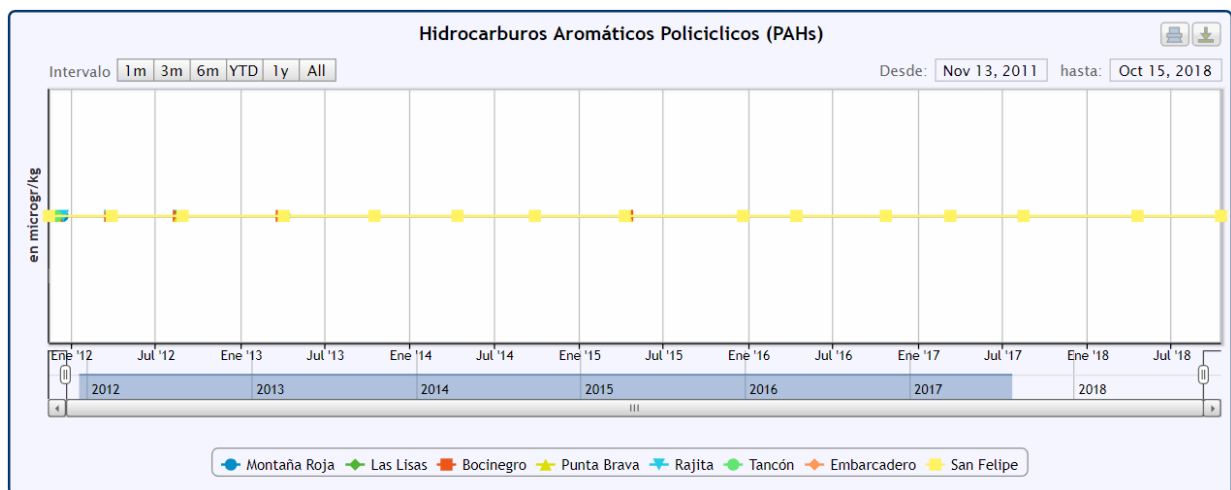


Figura 129. Ausencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en gónadas de *Diadema africanum*

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 concen-

traciones 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 Canaria⁷ 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.

En 2018 se detecta un aumento en las concentraciones promedio respecto al 2017 en todos los metales pesados a excepción del Pb y el Cr en el segundo semestre (Figura 130).



Figura 130. Concentración de cobre en gónadas de *Diadema africanum* a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2018. Abajo: segundo semestre 2018

⁷ 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.



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

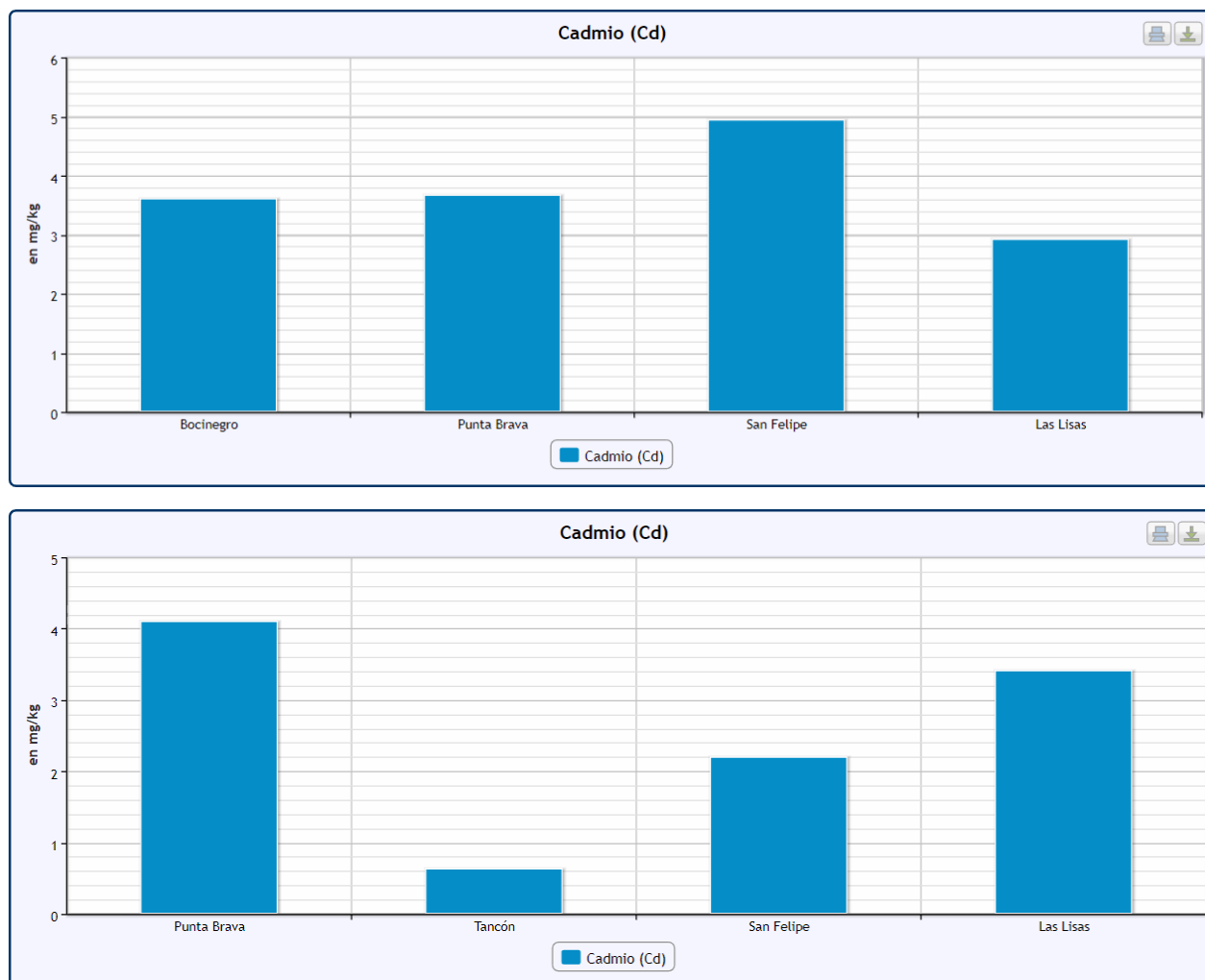


Figura 131. Concentración de cadmio en gónadas de *Diadema africanum* a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2018. Abajo: segundo semestre 2018

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 (Figuras 31 y 32).

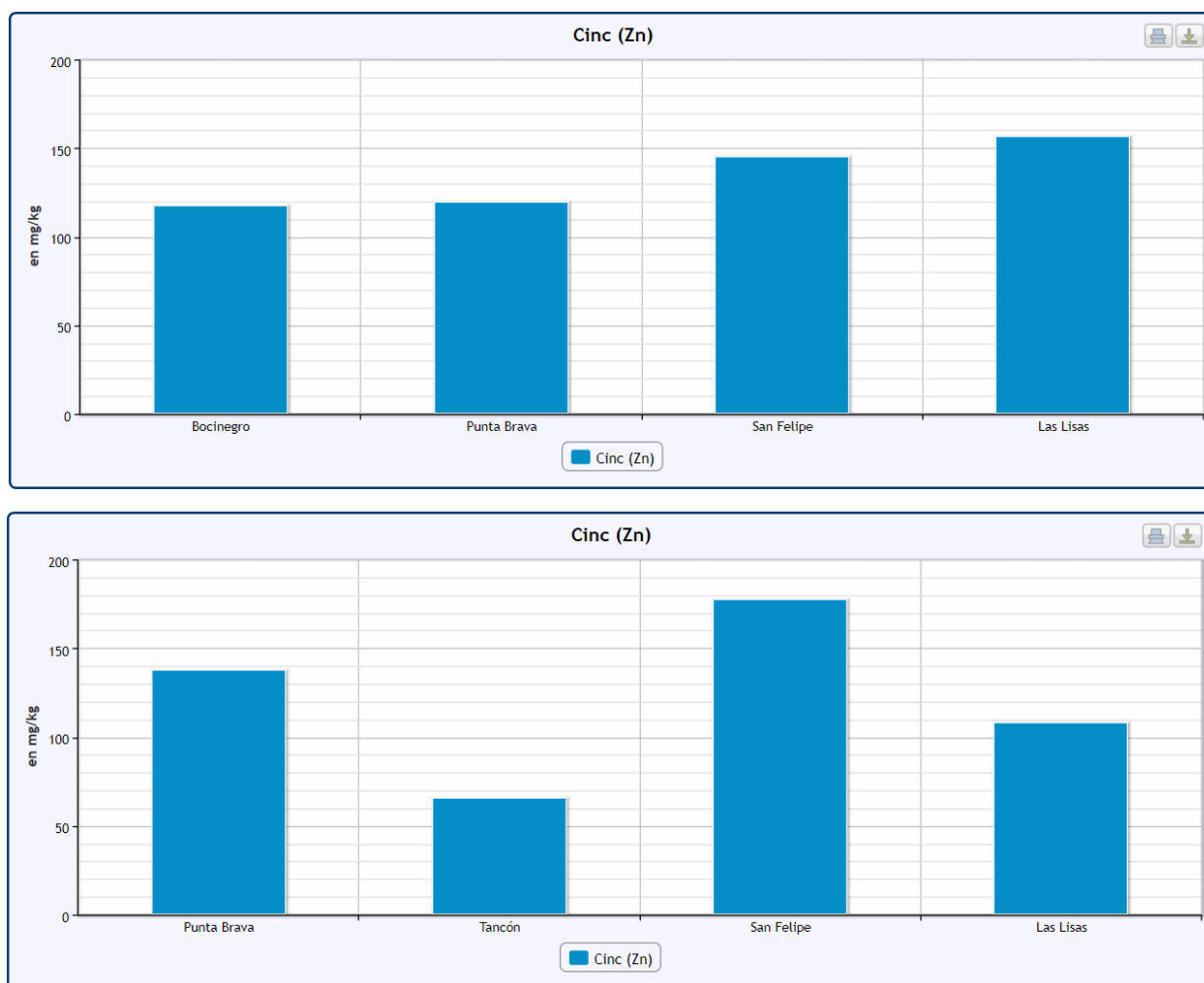
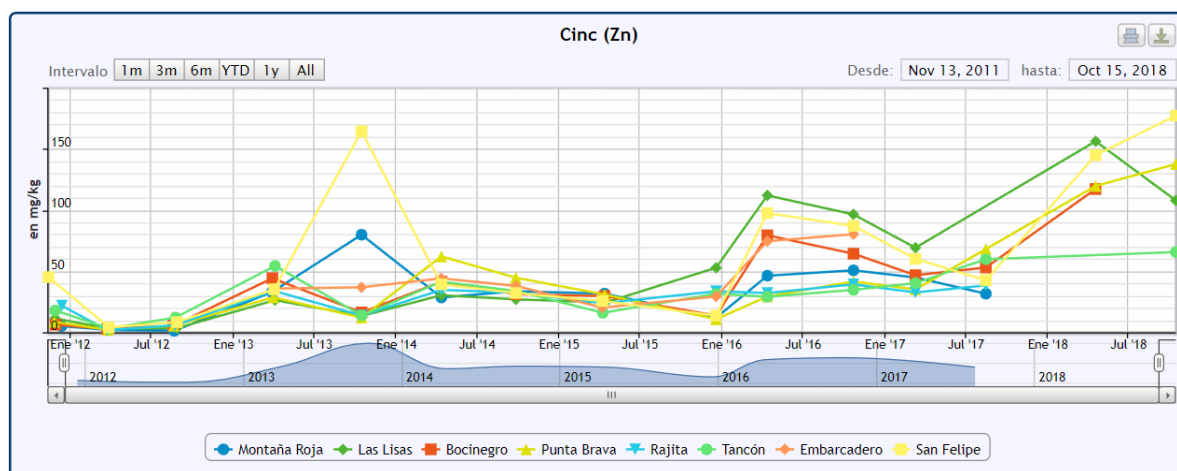
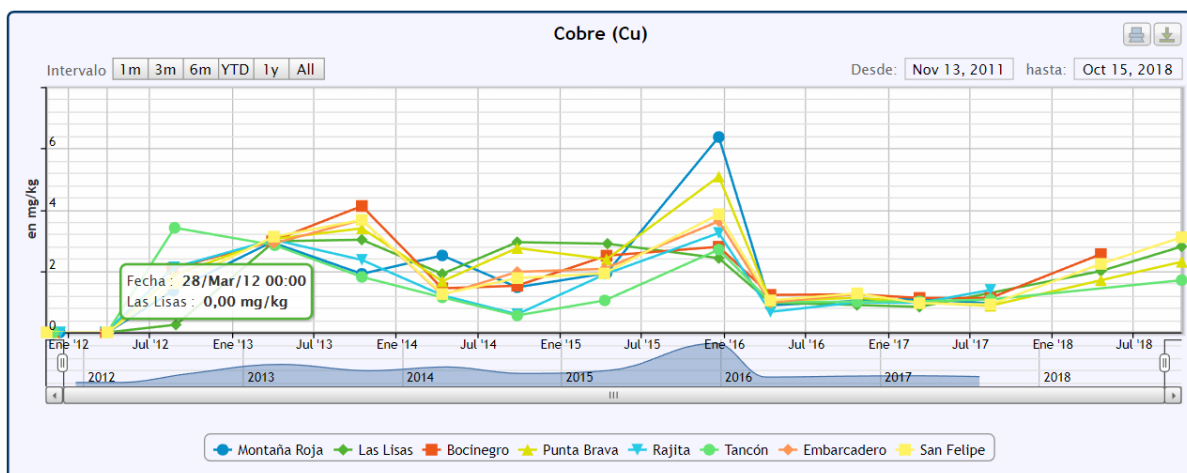
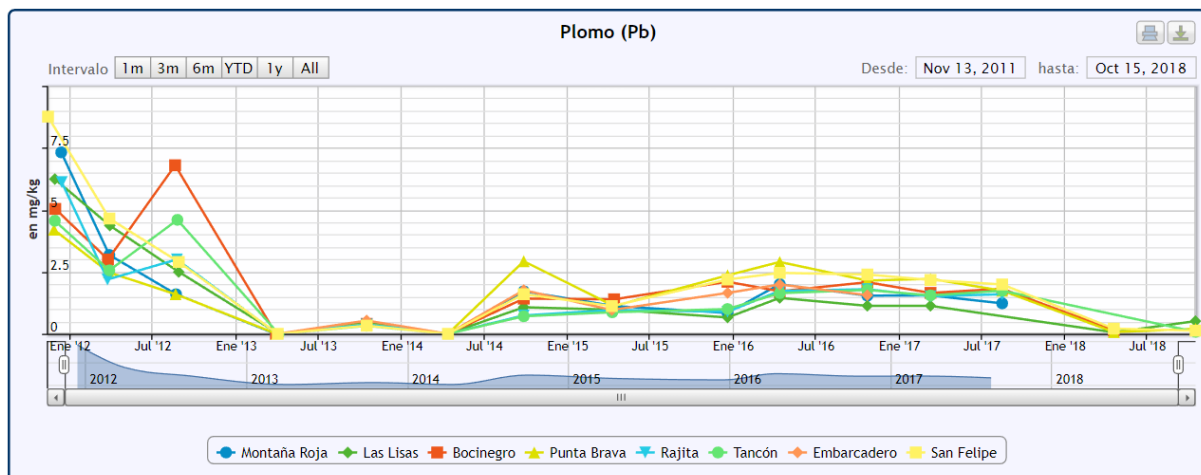
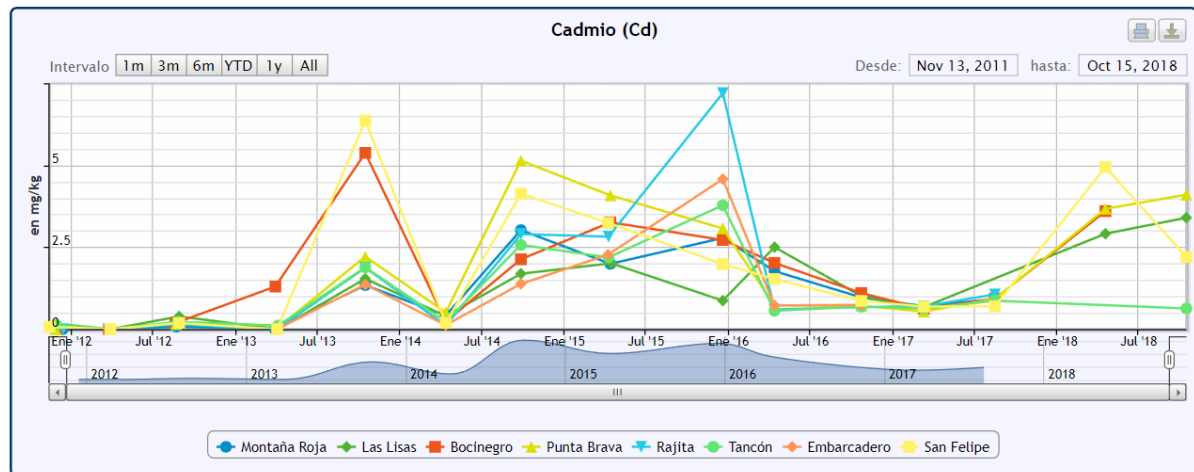


Figura 132. Concentración de Cinc en gónadas de *Diadema africanum* a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2018. Abajo: segundo semestre 2018





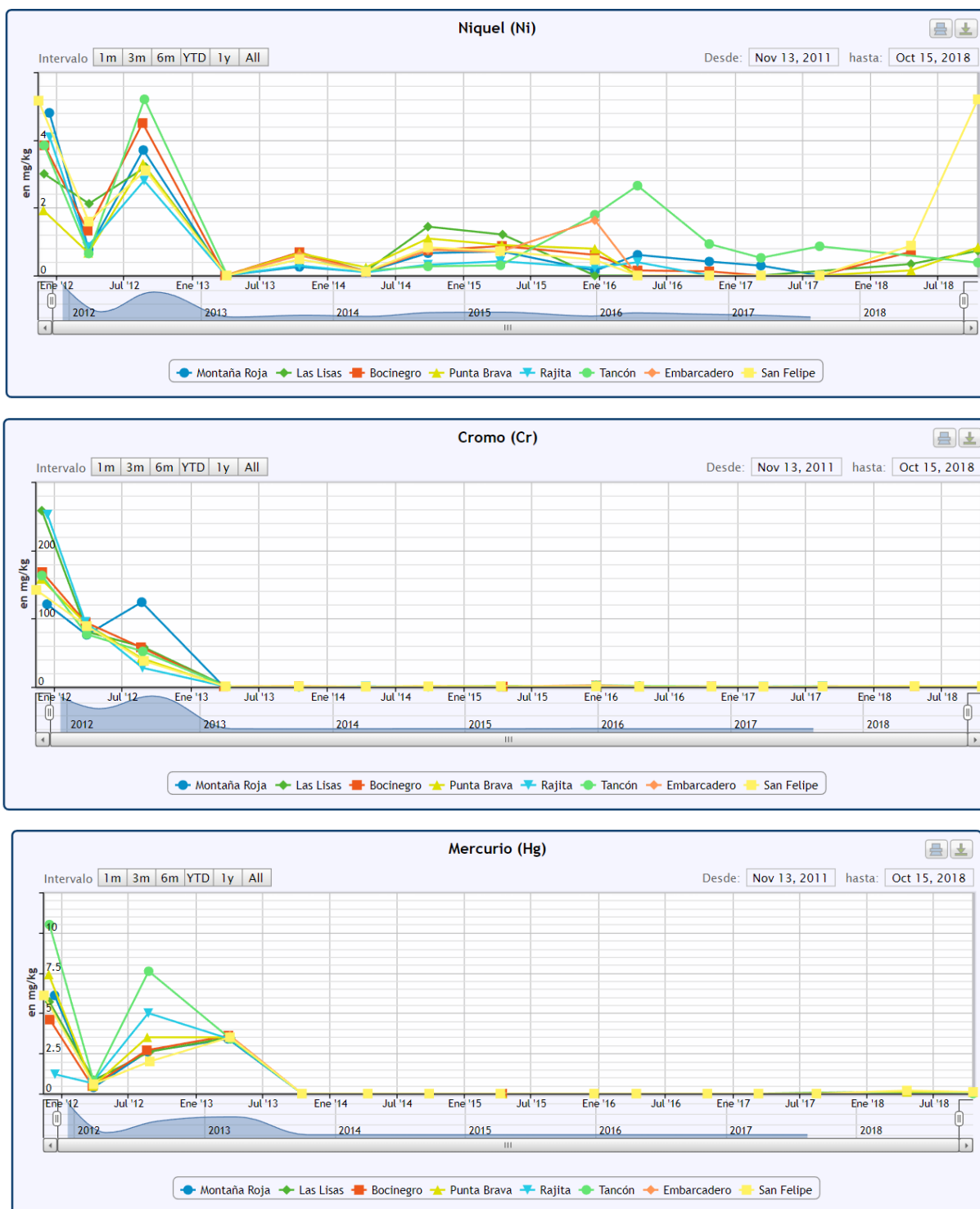


Figura 133. Evolución de la concentración de metales pesados en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla (2011-2018). Esta figura abarca varias páginas



La serie de gráficas de la Figura 133 muestran la evolución temporal de todos los metales estudiados desde 2011 hasta el presente.

En 2018, se detecta un aumento general de las concentraciones de metales en gónadas con respecto al año anterior (2017), destacando considerablemente el incremento en los valores medios de cinc, cadmio y cobre. El incremento de estos tres metales puede observarse en la totalidad de las estaciones muestreadas, a excepción del cadmio en la estación de Tancón donde se mantiene estable respecto al año 2017. Además, en la estación de San Felipe se detecta un pico repentino en las concentraciones de níquel del segundo semestre, alcanzando valores equivalentes a los detectados en 2011 (> 5 mg/kg) (Figura 134).

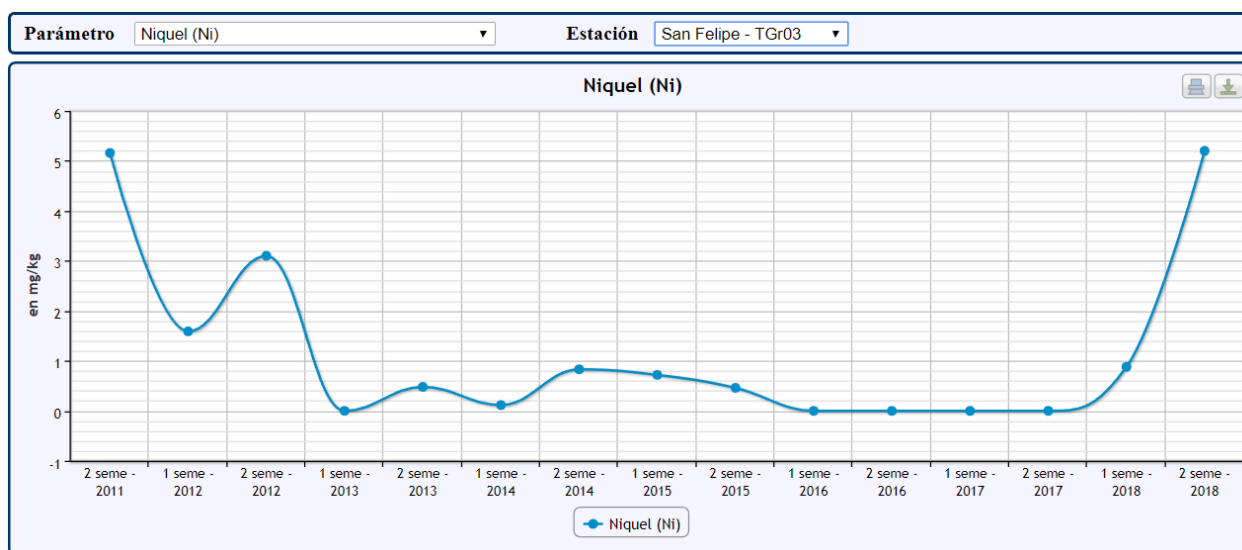


Figura 134. Evolución de la concentración de níquel (Ni), en los muestreos de *Diadema africanum* en San Felipe (2011-2018)

El origen de las variaciones en las concentraciones de estos metales constituye una incógnita pues no se ha determinado aún la fuente o núcleo emisor. Hay que estar atentos a su bioacumulación, por si superan niveles que justifiquen hacer un seguimiento de sus concentraciones en la columna de agua. Comparando con los datos de metales pesados observados en los sedimentos (apartado 3.5) obtenemos que para los metales Cd y Cu en sedimentos no obtenemos valores por encima de los límites legales establecidos, en cambio, para el Zn obtenemos un valor por encima del límite ISQG/ERL en 2017 y otro en 2018 correspondiente, en los dos casos, a la TGr04 y para el Ni obtenemos en 2017, 16 valores por encima del ISQG/ERL y 2 valores (TGr04 y TGr10) por encima del PEL (Probable Effect Levels), en 2018 obtenemos 11 valores por encima del IAQG/ERL y ninguno por encima del PEL. Por lo tanto, si comparamos con los valores obtenidos en tejidos de erizos (gónadas) coincide el aumento generalizado de las concentraciones de Zn en sedimentos con el aumento también en erizos. Debemos hacer especial hincapié en el pico de Ni encontrado en las gónadas de erizos de la TGr03 y de las altas concentraciones del mismo metal encontradas en sedimentos en 2017 y en menor medida en el 2018 en la TGr04. Cabe mencionar que la TGr04

y TGr03 se encuentran muy próximas por lo que debemos de valorar la realización de más mediciones en esta zona para llegar a conclusiones. Ya en el apartado 3.5, dejamos constancia de la presencia de dos emisarios no autorizados en las inmediaciones, por lo que esta puede ser una razón por la que nos encontremos estas concentraciones de Ni anómalas en la zona, tanto en sedimentos como en tejidos de erizos (gónadas). El seguimiento de las variaciones a lo largo del tiempo resulta esencial para determinar su posible efecto perjudicial sobre las comunidades de organismos estudiadas.

3.6.11 Desarrollo del mäerl

El control del mäerl 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 mäerl 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 mäerl (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 por lo que finalmente las hemos retirado (son demasiado blandas, siendo horadadas con demasiada facilidad por los organismos incrustantes).

Las algas coralináceas (género *Lithotamnion* y otros) que conforman el mäerl 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 mäerl en la costa de Granadilla, su eventual disminución repercutiría en toda la zona por su relevancia como fuente de bioclastos (arena organógena).

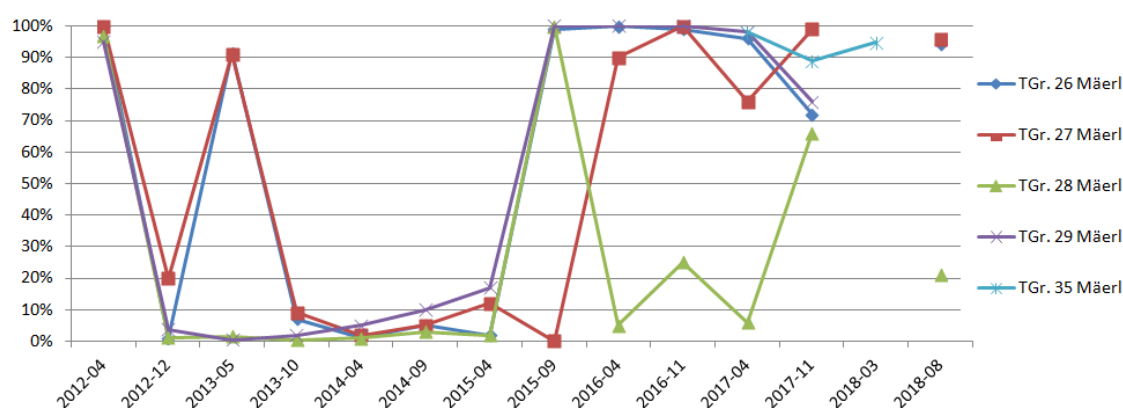


Figura 135. Evolución del mäerl (% vivo) en cinco estaciones de la costa de Granadilla



Los datos obtenidos en 2017 indicaban una ligera regresión del *mäerl* 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.

En el primer semestre de 2018 sólo se pudo muestrear la TGr35 y en el segundo semestre en TGr 26, 27 y 28. Habrá que esperar en el 2019 a poder realizar los dos muestreos semestrales para continuar valorando tendencias del estado del mismo.

El bloom de *Lyngbya majuscula* que afectó al *maërl* en el 2016 y 2017 no se ha registrado en el 2018. Siguen existiendo amplias praderas de *Halophila decipiens* y de *Caulerpa prolifera* y *C. racemosa* (Figura 136).

Durante las observaciones de *maërl* de 2018 se observan gran cantidad de pies de pequeño porte de *M. philippina* creciendo sobre el *maërl*.

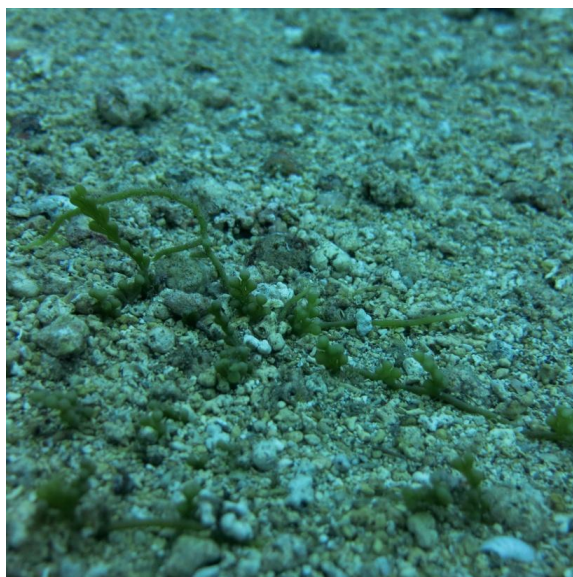


Figura 136. *Maërl* en la estación TGr29 con *Caulerpa racemosa*

3.6.12 Estado del sebadal

El sebadal es una comunidad biológica que se desarrolla principalmente 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.

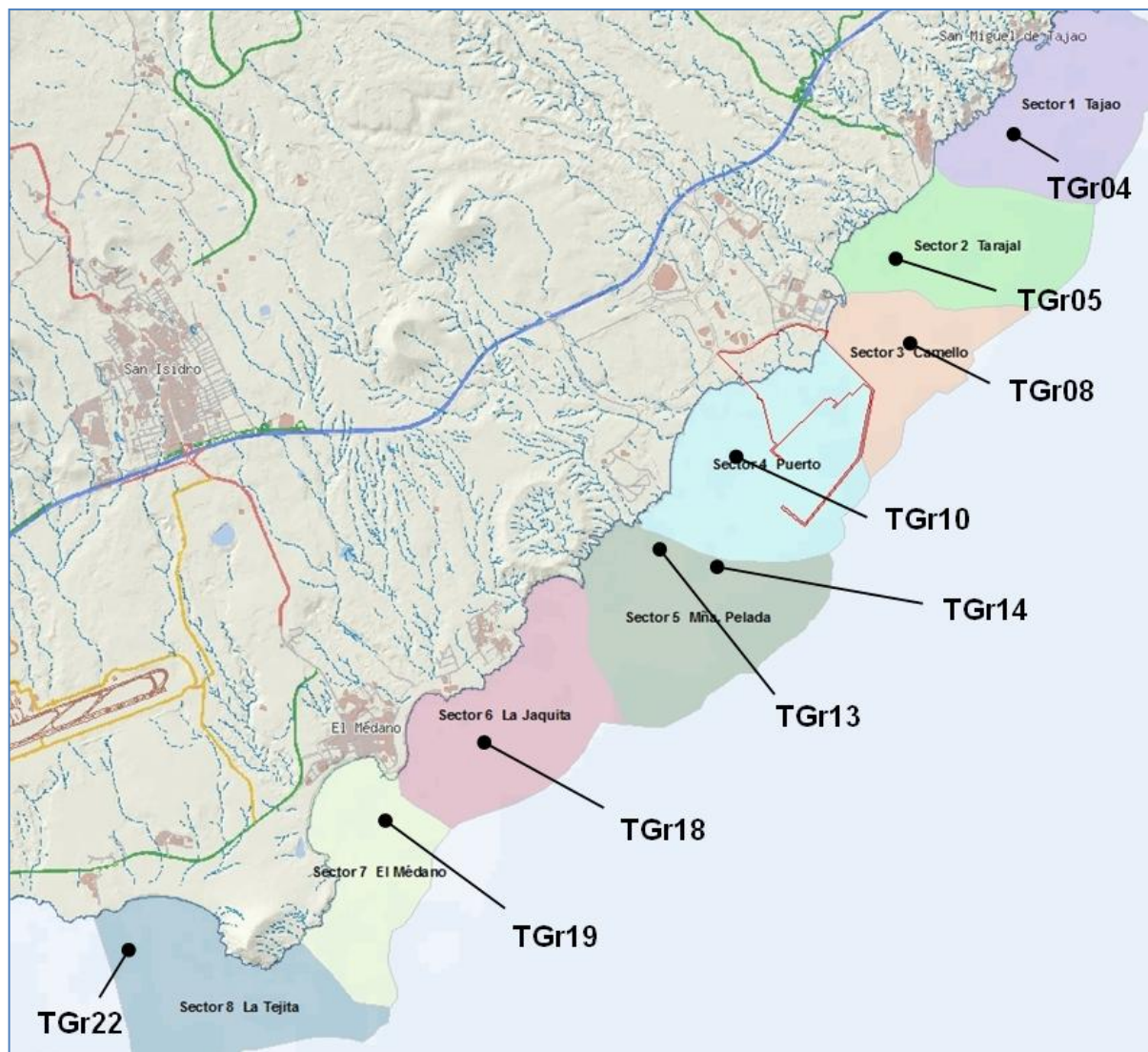


Figura 137. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas

Para hacer un seguimiento del estado de desarrollo o "salud" de los seabadales 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 este 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 2018 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 36).

Tabla 36. Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal

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 epifitismo, en TGr10 medio (05-1-2018)



Figura 139. Sebadal denso en TGr19 Médano, en verano (02-8-2018)



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 colapso⁸.

Tabla 37 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. 04	539	1312	21,1	0,397	17,54	3	2	1	2	1
TGr. 05	536	1264	21,6	0,433	17,748	2	1	2	2	0
TGr. 08	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 37 se han incluido los datos del 2º semestre de 2011 que son los de referencia, y en la Tabla 38 se muestran los datos 2018, resaltándose en color verde los parámetros del periodo estival, que han aumentado respecto de su referente, y en color rojo, los que han disminuido.

⁸ 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,

Comparando la fase invernal de 2018 con la de 2017 (Tabla 39), se aprecia una disminución en la densidad de haces y hojas en las estaciones, 4, 5, 8, 10 y 19. La altura de las hojas disminuye también en la 4, 5 y 8, además de en la TGr18. La biomasa foliar aumenta en todas las estaciones menos en la TGr08, la más pegada al puerto por la cara norte. En esta zona, parece que el efecto del rebote de la ola sobre el dique del puerto, está haciendo que se produzcan cambios en la dinámica marina y de arenas, afectando a la seba, ya que todos los parámetros de control disminuyen en esta estación. El Epifitismo también disminuye de manera general en todas las estaciones. Las estaciones TGr13, TGr14 y TGr22 muestran aumento en todos los parámetros. Durante esta campaña apareció el coral potencialmente invasor *Macrorhynchia philippina* en las estaciones TGr08, TGr13 y TGr14. También aparece *Lyngbya sp.* en la TGr18, pero sin llegar a formar un bloom. Es la primera ocasión que se aprecia *Lyngbya* en época invernal.

Tabla 38. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2018. Los colores verde (aumento) y rojo (disminuye) reflejan cambios respecto a septiembre de 2011

Enero 2018	Dens. de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	304	581	9.37	0.25	25.968	1	1	3	1	1
TGr. 05	266.67	544	10.43	0.29	9.52	1	1	3	1	1
TGr. 08	138	165.33	7.92	0.2	3.882	1	1	3	1	1
TGr. 10	357.33	501.33	14.51	0.4	15.402	1	1	3	1	1
TGr. 13	506.67	917.33	14.73	0.44	29.024	2	1	3	1	1
TGr. 14	602.67	1125.33	11.89	0.34	34.49	1	1	3	2	1
TGr. 18	736	1253	7.15	0.17	24.069	1	1	3	3	1
TGr. 19	336	656	14.54	0.4	23.061	1	1	3	3	1
TGr. 22	560	944	16.66	0.5	89.072	1	1	3	2	1
Agosto 2018	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	666.67	1440	17	0.46	28.992	2	1	3	1	1
TGr. 05	533.33	1269.33	24.09	1.04	51.573	2	1	3	1	1
TGr. 08	778.67	2037.33	13.29	0.71	37.077	1	1	3	3	1
TGr. 10	1317.33	1813.33	21.58	0.66	37.829	1	1	3	3	1
TGr. 13	1930.67	2629.33	26.71	1.03	99.066	2	1	3	1	1
TGr. 14	1829.33	2741.33	20.95	0.82	76.154	3	2	3	2	1
TGr. 18	1733.33	2896	31.79	1.38	135.472	3	2	3	2	1
TGr. 19	1722.67	3360	28.88	1.24	284.65	3	1	3	2	1
TGr. 22	1504	2746.67	31.21	1.41	143.994	2	2	3	2	1



En el período estival se aprecia un aumento general en todos los parámetros y estaciones, exceptuando la disminución en altura, anchura y densidad de hojas en las estaciones inmediatamente al sur del puerto y más centrales. La estación TGr10 está en la zona aplacerada que queda tras el contradique, donde la sedimentación de finos ha aumentado mucho y en la que ha aparecido *Derbesia* hace dos años y *Lyngbya* el pasado. Sin embargo, durante este año no se ha vuelto a detectar ninguna de estas algas, y parece que esta estación se va recuperando. 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 durante la época invernal, sin embargo, durante el verano todos los parámetros han aumentado, exceptuando la altura foliar, lo que puede indicar que esta estación ha estado sometida a menos estrés durante los meses estivales.

Tabla 39. Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2017 con 2018.
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

INVERNO	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	=	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓

En el resto de las estaciones se aprecia también un aumento generalizado, exceptuando la biomasa, que desciende en las estaciones que aparentemente presentan menos problemas.

La estaciones TGr04 y TGr05 (Figura 140) parecían 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. Sin embargo, durante este año se han rebasado con creces estos rangos que habíamos fijado, de manera que parece que estas estaciones se van recuperando poco a poco. 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).

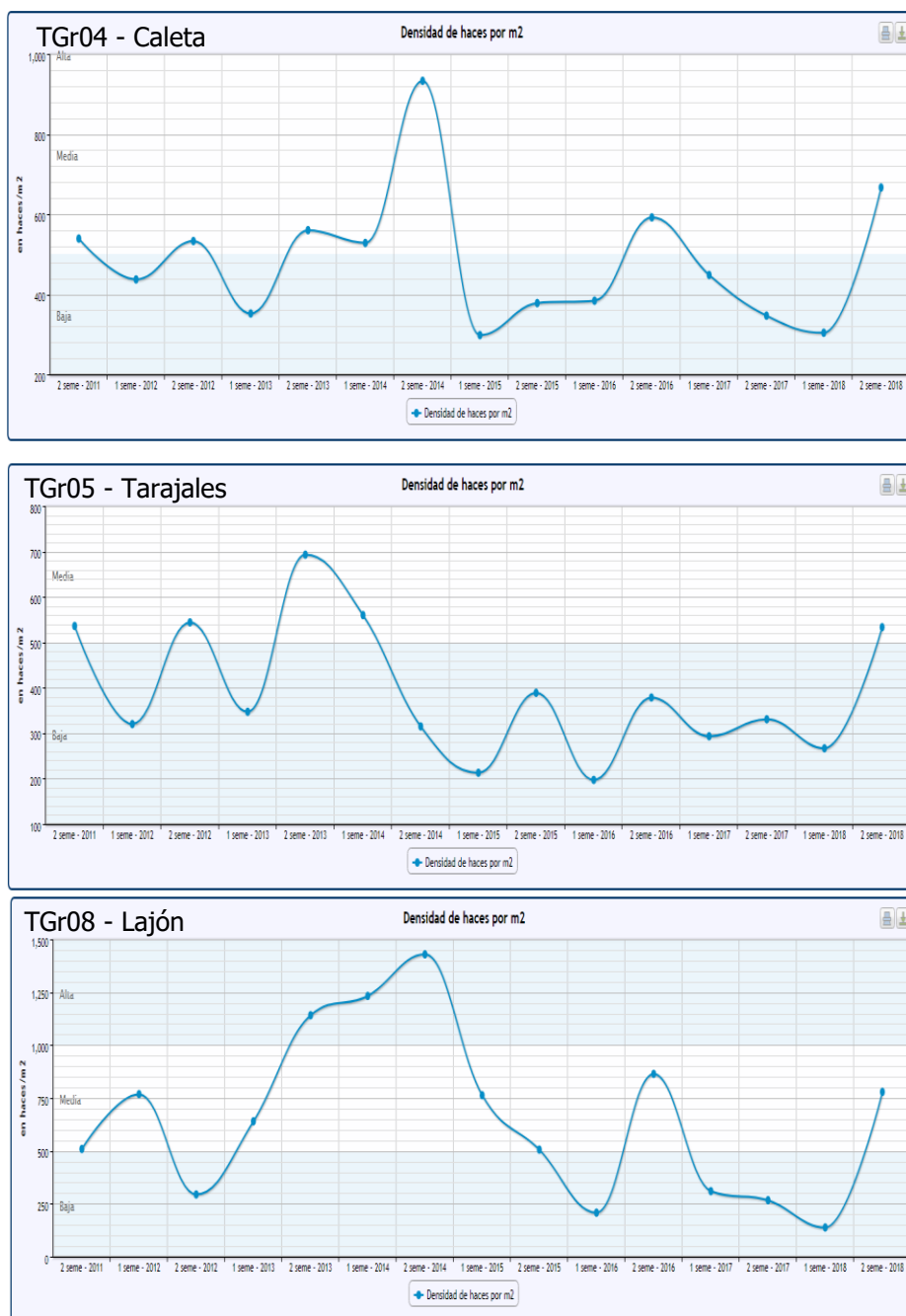


Figura 140. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto

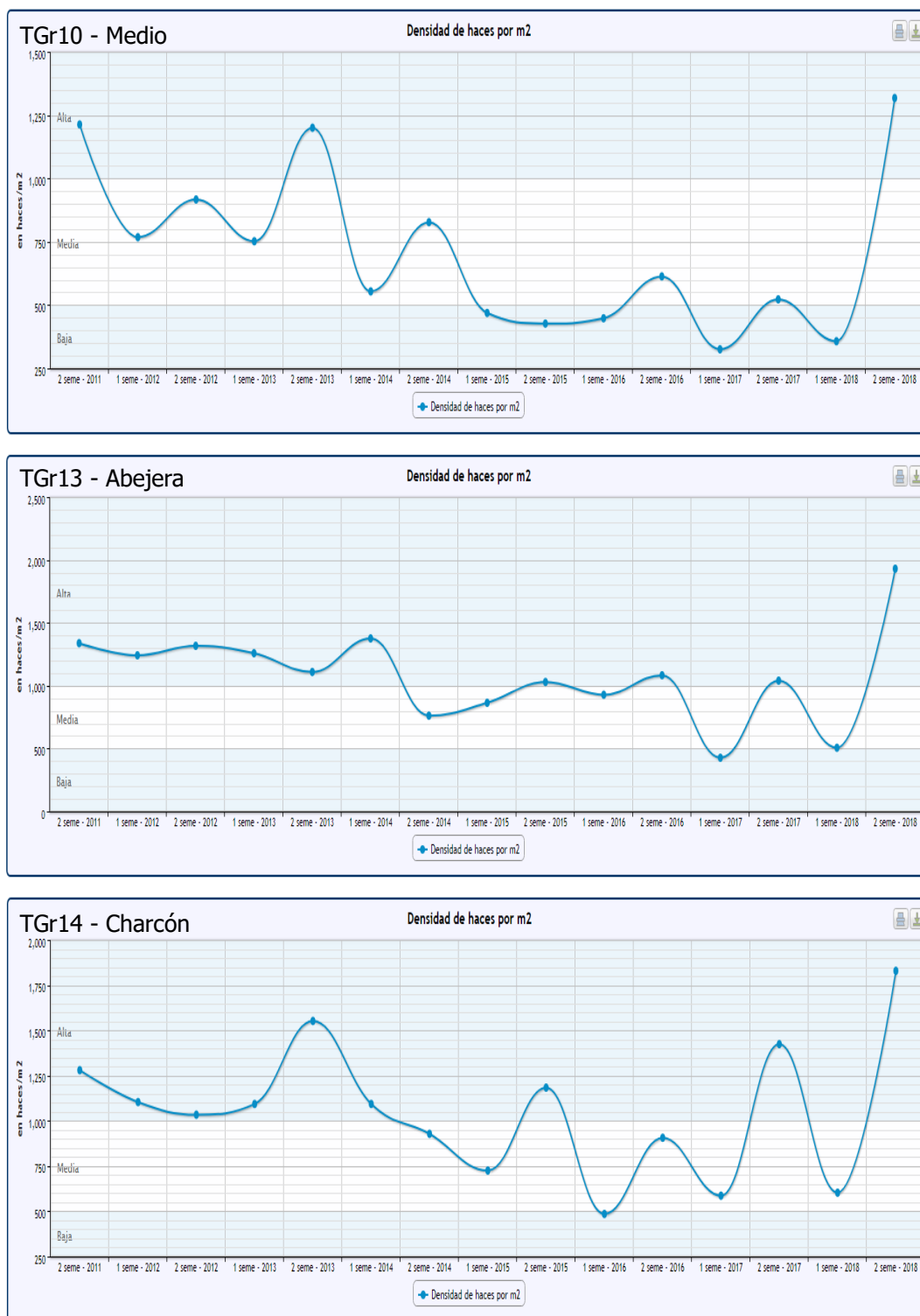


Figura 141. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto

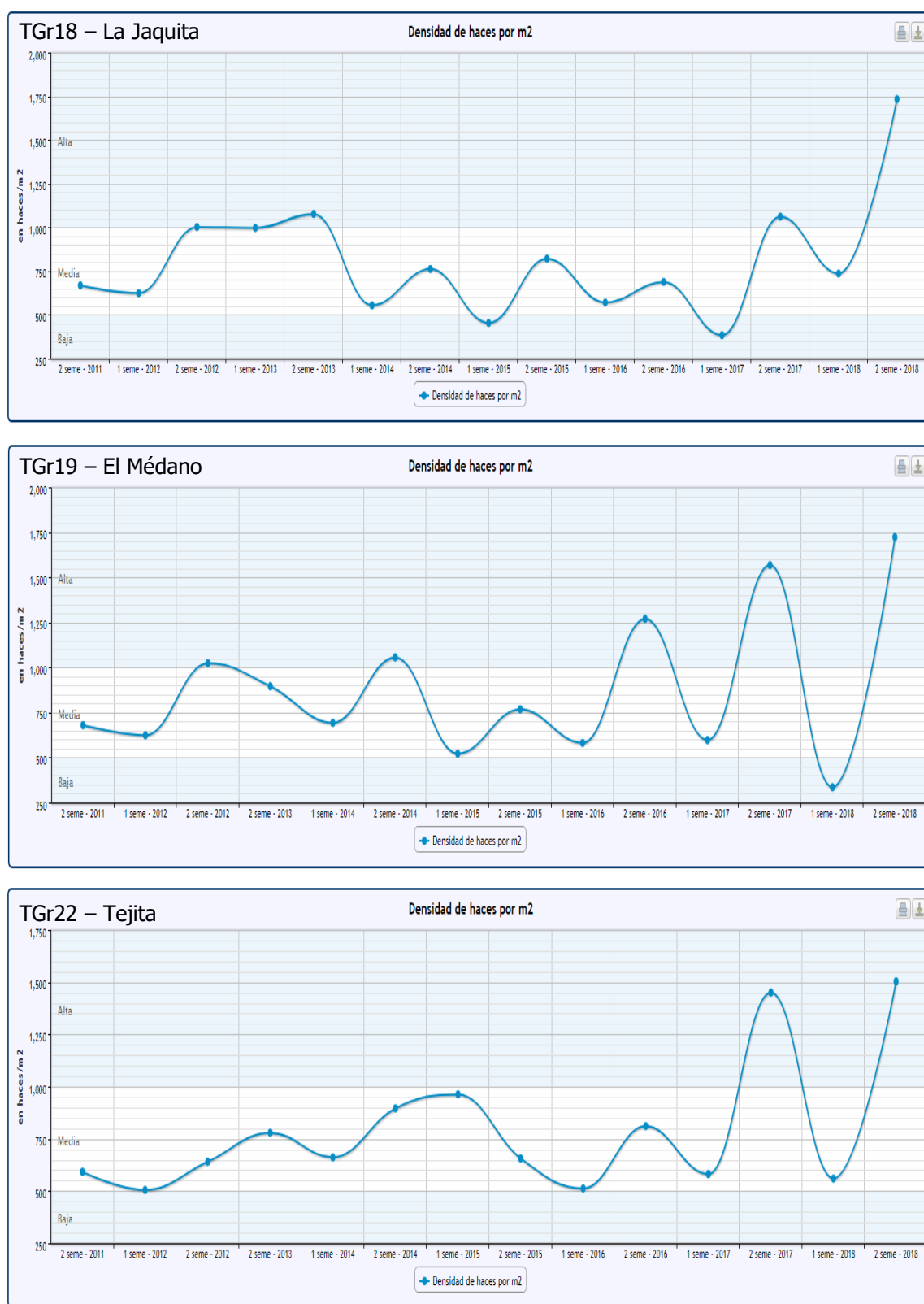
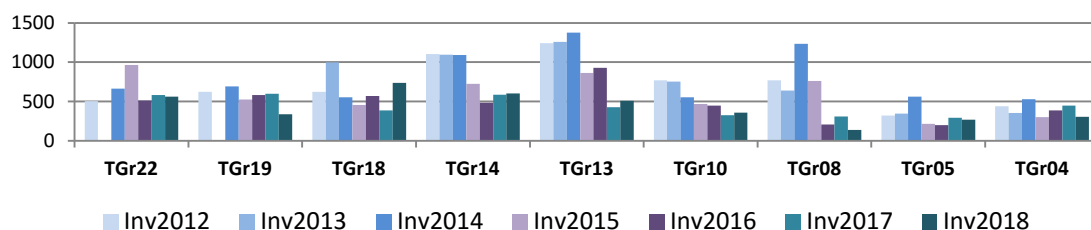


Figura 142. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones de la ZEC

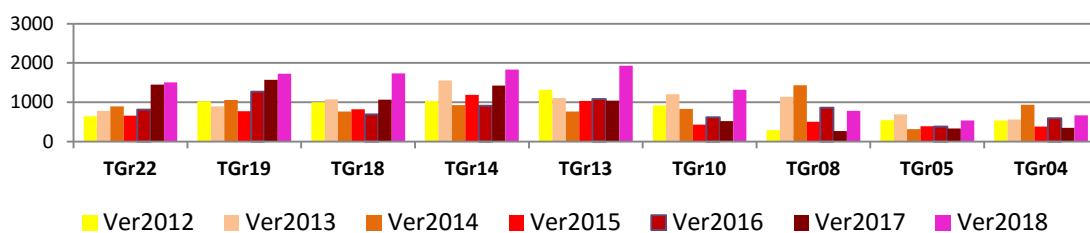


A continuación se exponen los resultados de 2012 a 2018 de modo gráfico para apreciar mejor la evolución de cada uno de los 6 parámetros y 4 indicadores considerados en cada estación.

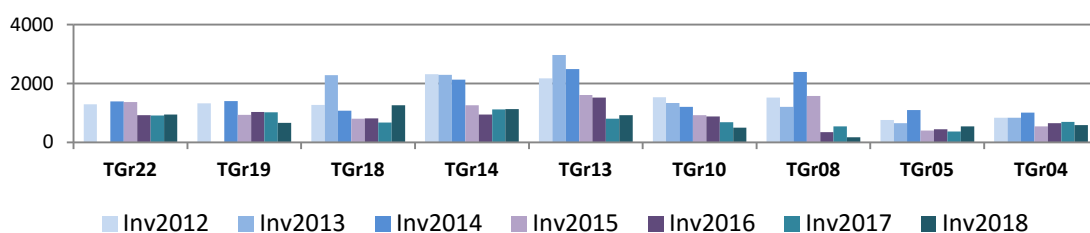
Densidad de haces/m²



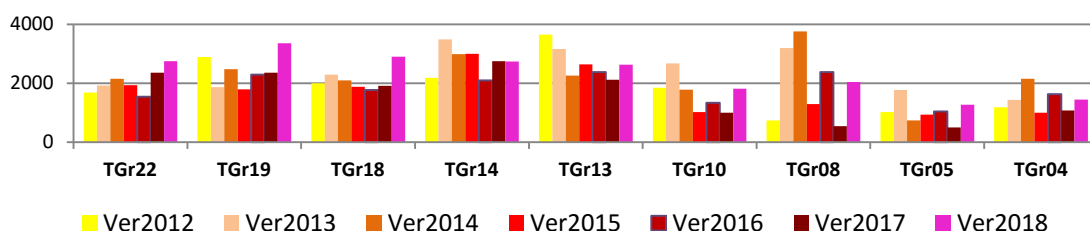
Densidad de haces/m²



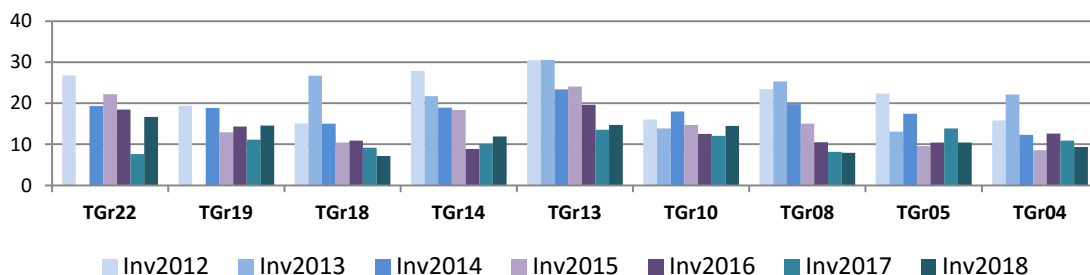
Densidad de hojas/m²



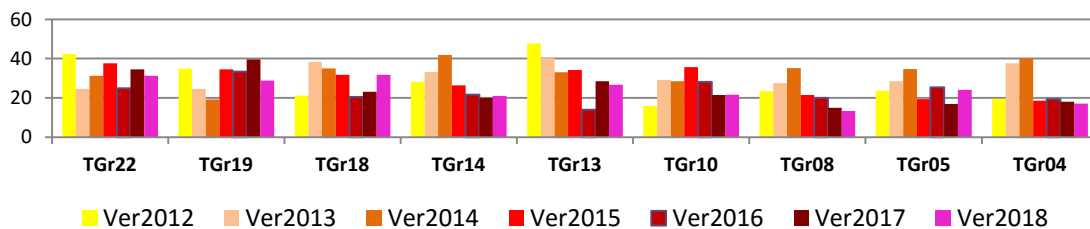
Densidad de hojas/m²



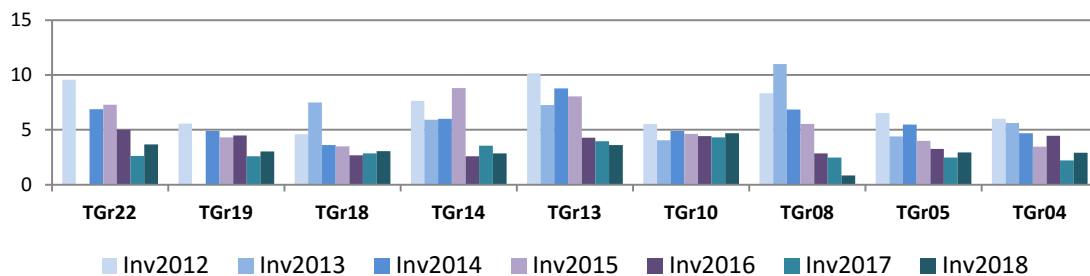
Altura de hojas (cm)



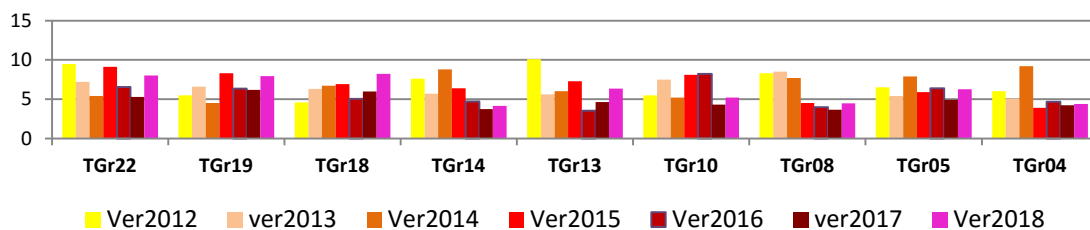
Altura de hojas (cm)



Altura peciolo (cm)

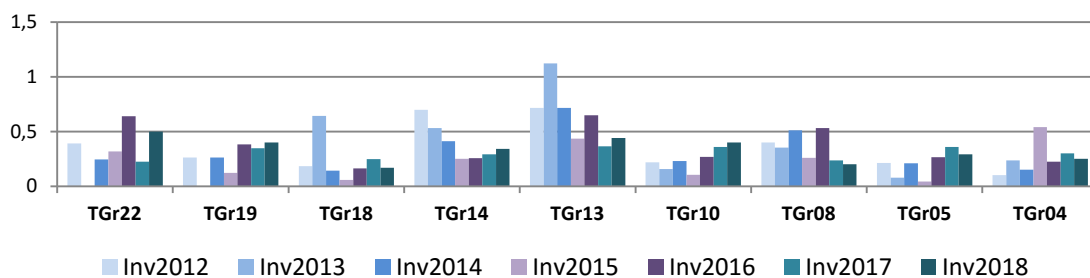


Altura peciolo (cm)

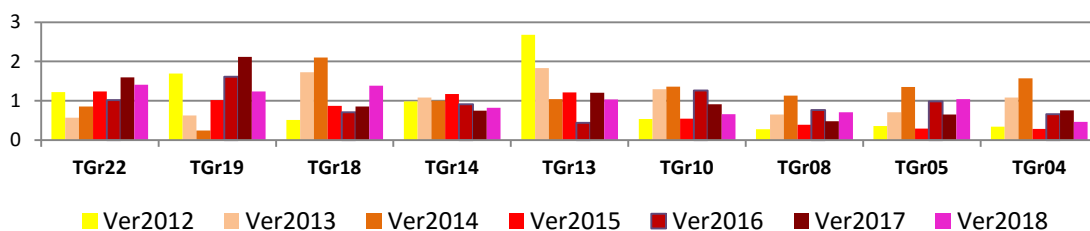




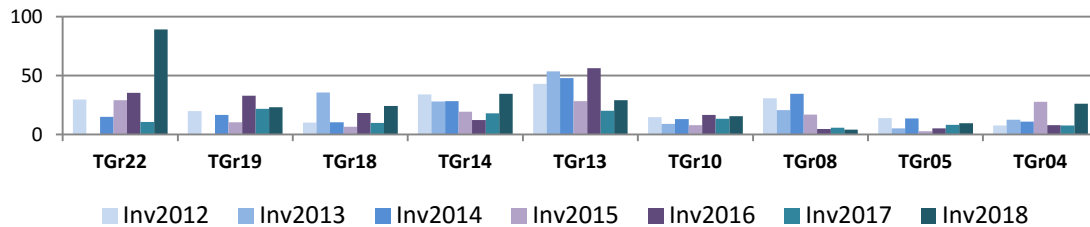
Área foliar (m^2/m^2)



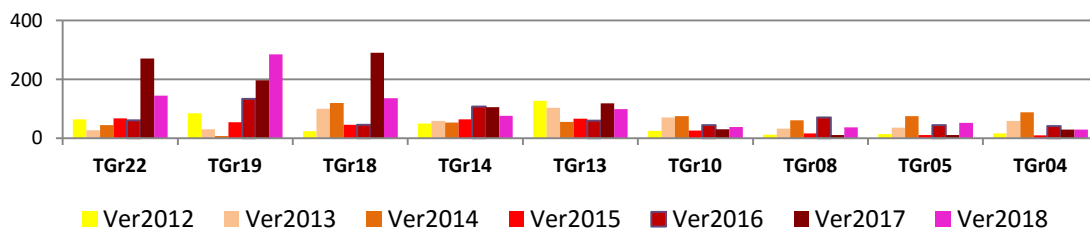
Área foliar (m^2/m^2)



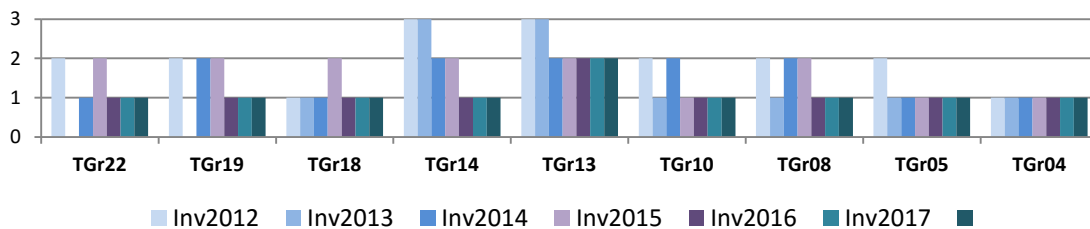
Biomasa foliar (g/m^2)



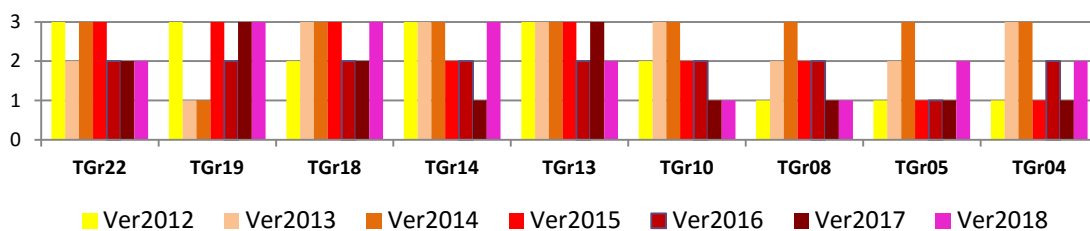
Biomasa foliar (g/m^2)



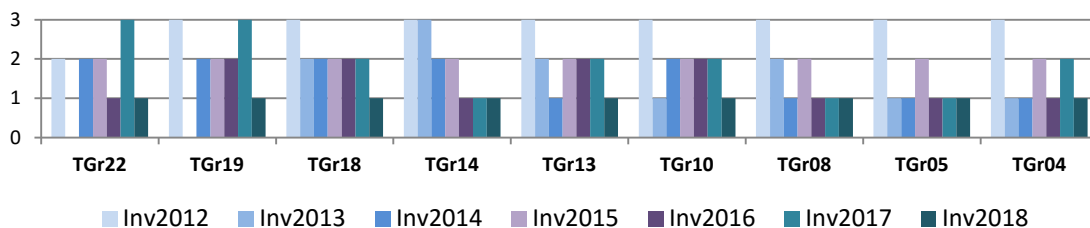
Cobertura (1: baja; 2: media; 3: alta)



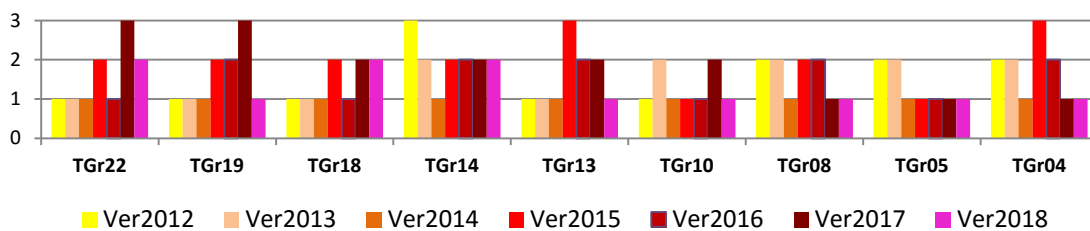
Cobertura (1: baja; 2: media; 3: alta)



Epifitismo (1: bajo; 2: medio; 3: alto)

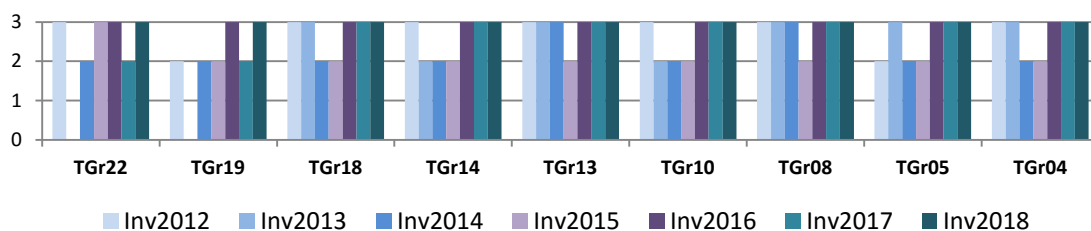


Epifitismo (1: bajo; 2: medio; 3: alto)

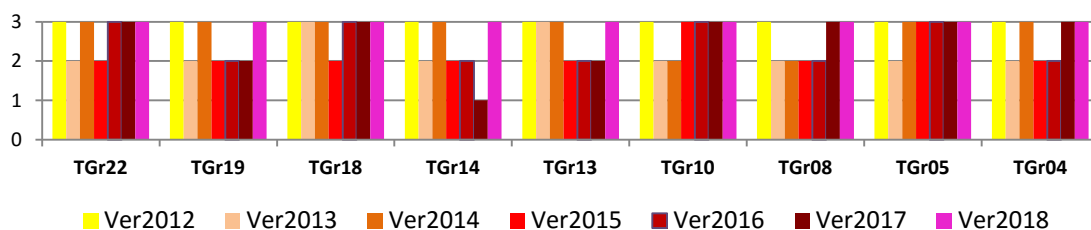




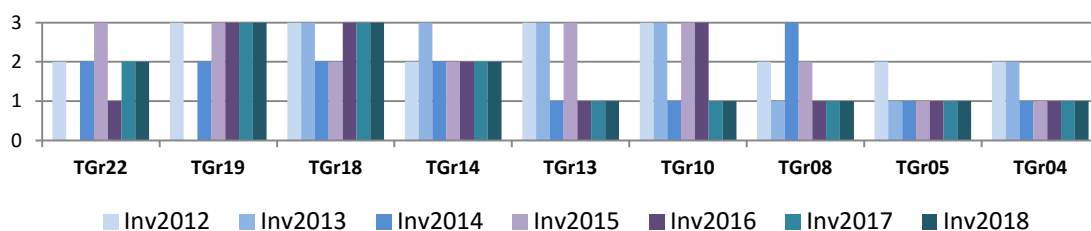
Vitalidad foliar (1: baja; 2: media; 3: alta)



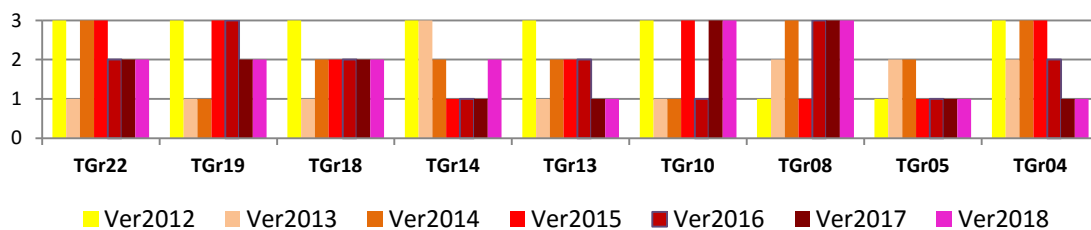
Vitalidad foliar (1: baja; 2: media; 3: alta)



Desarrollo radicular (1: bajo; 2: medio; 3: alto)



Desarrollo radicular (1: bajo; 2: medio; 3: alto)



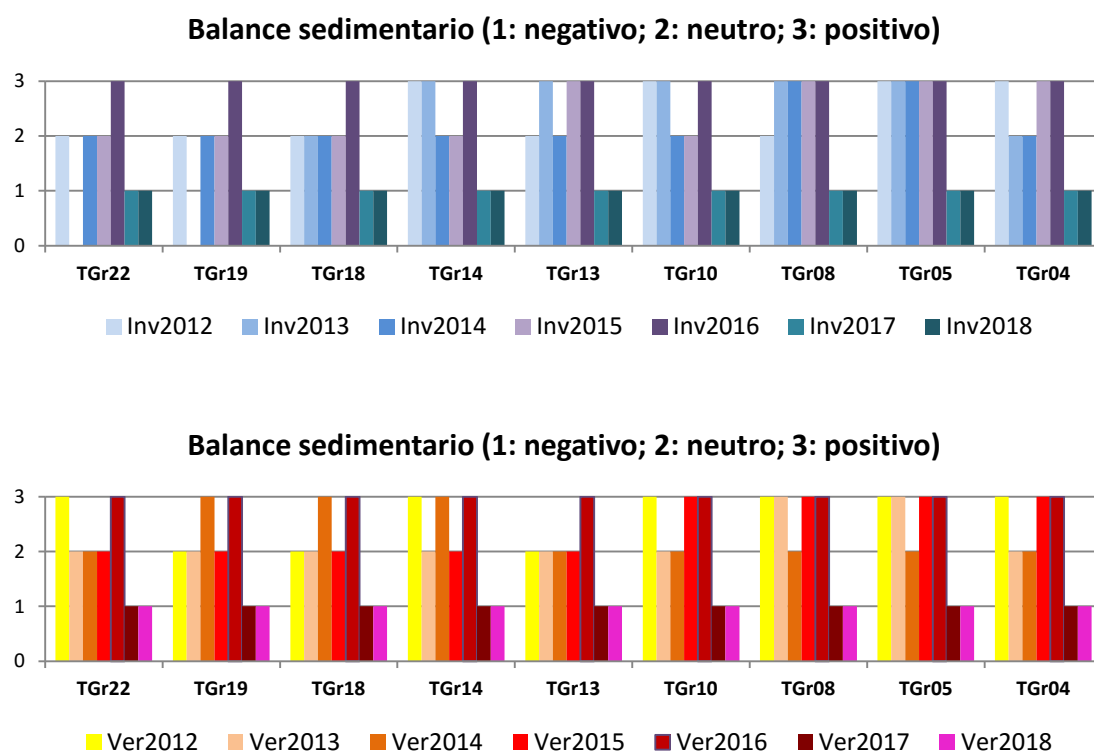


Figura 143. Gráficos individuales de parámetros e indicadores del estado de desarrollo de las sebas en nueve estaciones a lo largo de la costa de Granadilla (período 2012-2018)

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 biomasa (junto con otros parámetros) aumenta en todas las estaciones con respecto a la situación previa (2011).

La biomasa foliar se continua analizando separadamente de la biomasa subterránea, formada por el rizoma y las raíces. En la Tabla 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 0,239-1,124 en invierno y 0,404-4,128 en verano. En Comparación con el año pasado, ha aumentado mucho en invierno y en verano se ha mantenido o ha disminuido mucho, dependiendo de la estación. El índice RWR varía entre 0,134-0,529 en invierno y 0,288-0,80 en verano, de nuevo aumenta en verano pero en invierno se mantiene entre rangos parecidos.

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 en todas las estaciones menos en la TGr22 (Figura 144).
- En fase estival se aprecian más diferencias. RWR si que se mantiene por debajo de 1 en todas las estaciones, pero el índice A/B sobrepasa el valor 1 en las estaciones del sur. Lo que nos da una idea del gran desarrollo radicular de estas estaciones.



Tabla 40. Biomasa de la campaña de 2018 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	25.968	21.216	21.243	42.459	68.427	0.612	0.380
	TGr05	9.520	33.173	28.507	61.680	71.200	0.154	0.134
	TGr08	3.883	7.157	10.171	17.328	21.211	0.224	0.183
	TGr10	15.403	32.533	29.184	61.717	77.120	0.250	0.200
	TGr13	29.024	44.560	23.440	68.000	97.024	0.427	0.299
	TGr14	34.491	64.000	35.344	99.344	133.835	0.347	0.258
	TGr18	24.069	37.205	48.901	86.107	110.176	0.280	0.218
	TGr19	23.061	45.717	50.811	96.528	119.589	0.239	0.193
	TGr22	89.072	36.320	42.920	79.240	168.312	1.124	0.529

Estaciones		A	C	D	B	E	A/B	RWR
Fase estival	TGr04	28.923	15.045	33.403	48.448	77.371	0.597	0.374
	TGr05	51.573	45.136	32.597	77.733	129.307	0.663	0.399
	TGr08	37.077	44.117	47.568	91.685	128.763	0.404	0.288
	TGr10	37.829	9.669	18.091	27.760	65.589	1.363	0.577
	TGr13	99.067	35.120	9.483	44.603	143.669	2.221	0.690
	TGr14	76.155	15.547	8.379	23.925	100.080	3.183	0.761
	TGr18	135.472	22.117	10.704	32.821	168.293	4.128	0.805
	TGr19	284.651	113.893	137.899	251.792	536.443	1.130	0.531
	TGr22	143.995	32.560	24.053	56.613	200.608	2.543	0.718

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). En la actualidad seguimos estudiando el comportamiento fenológico de la biomasa hipogea, para poder determinar con seguridad que esto se siga cumpliendo.

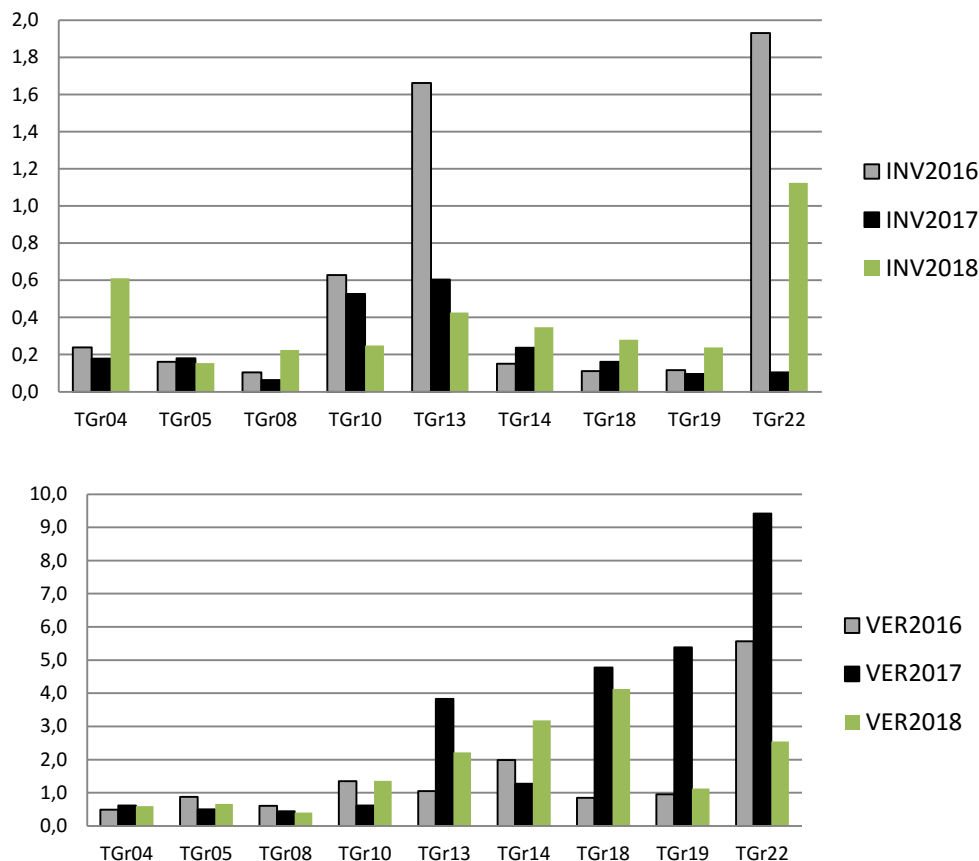


Figura 144. Relación de masa epigea/hipogea (A/B) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (arriba) y verano (abajo) desde 2016 a 2018

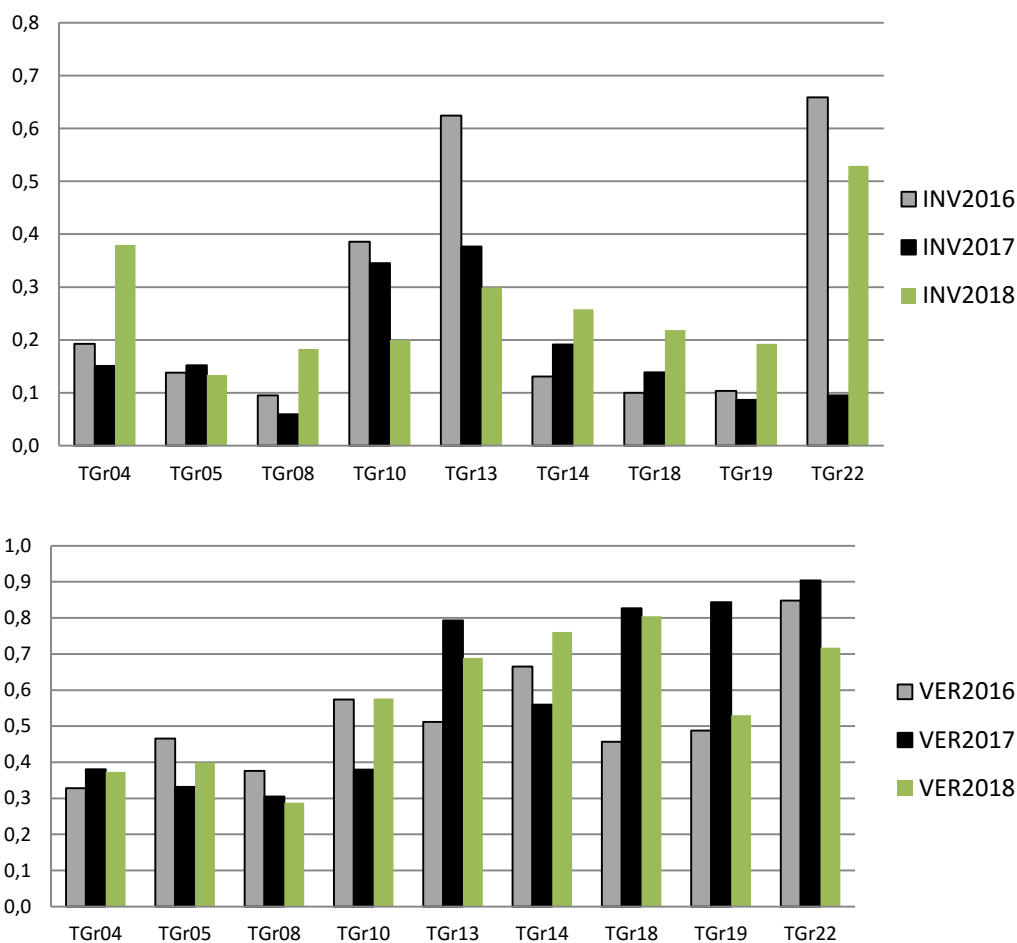
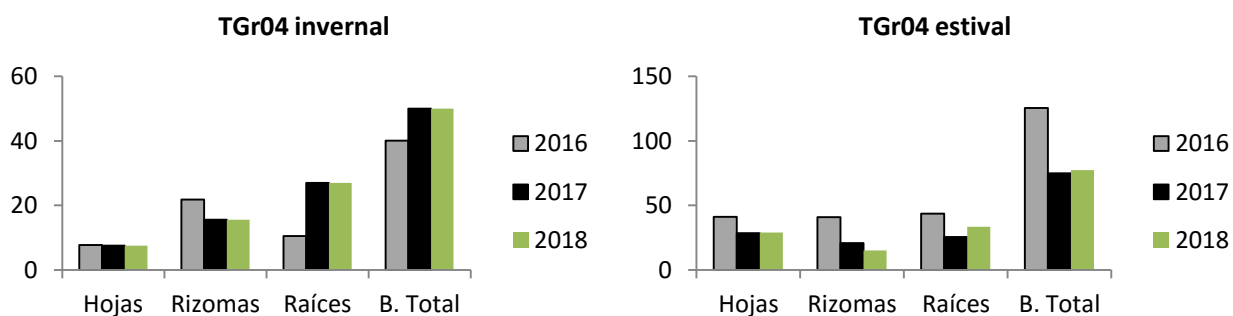
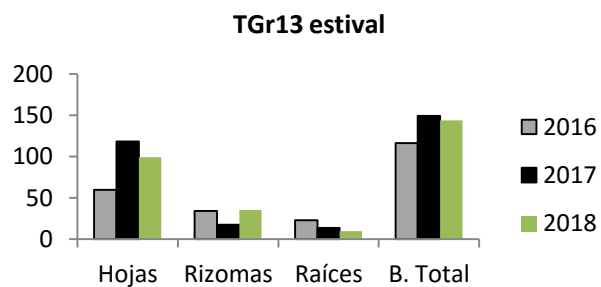
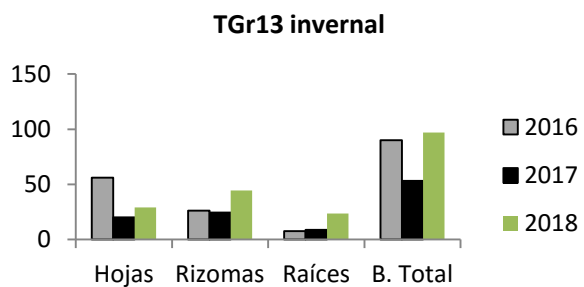
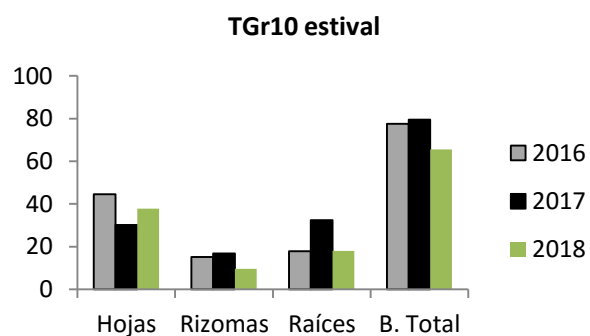
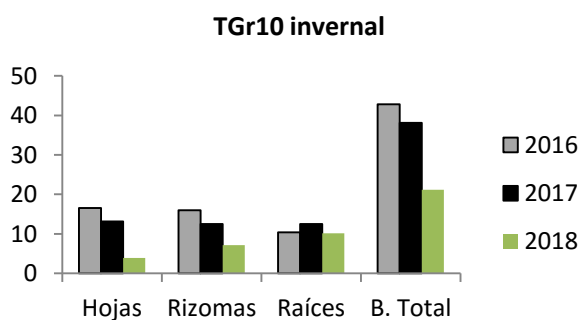
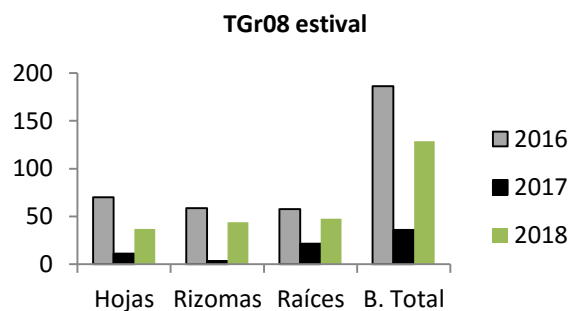
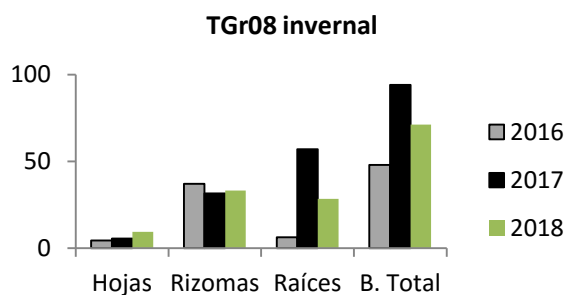
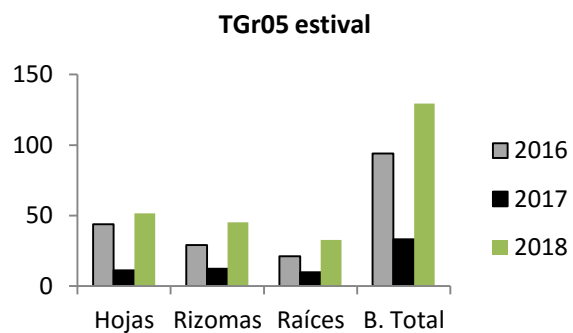
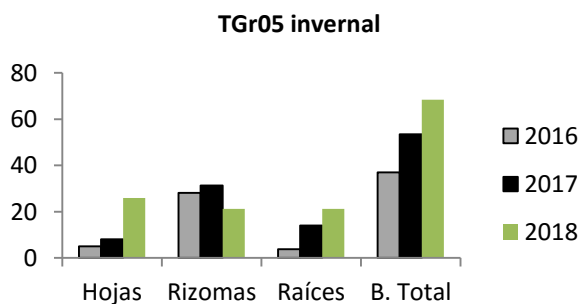


Figura 145. Relación de masa epigea/total (RWR) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (ARRIBA) y verano (ABAJO) desde 2016 a 2018





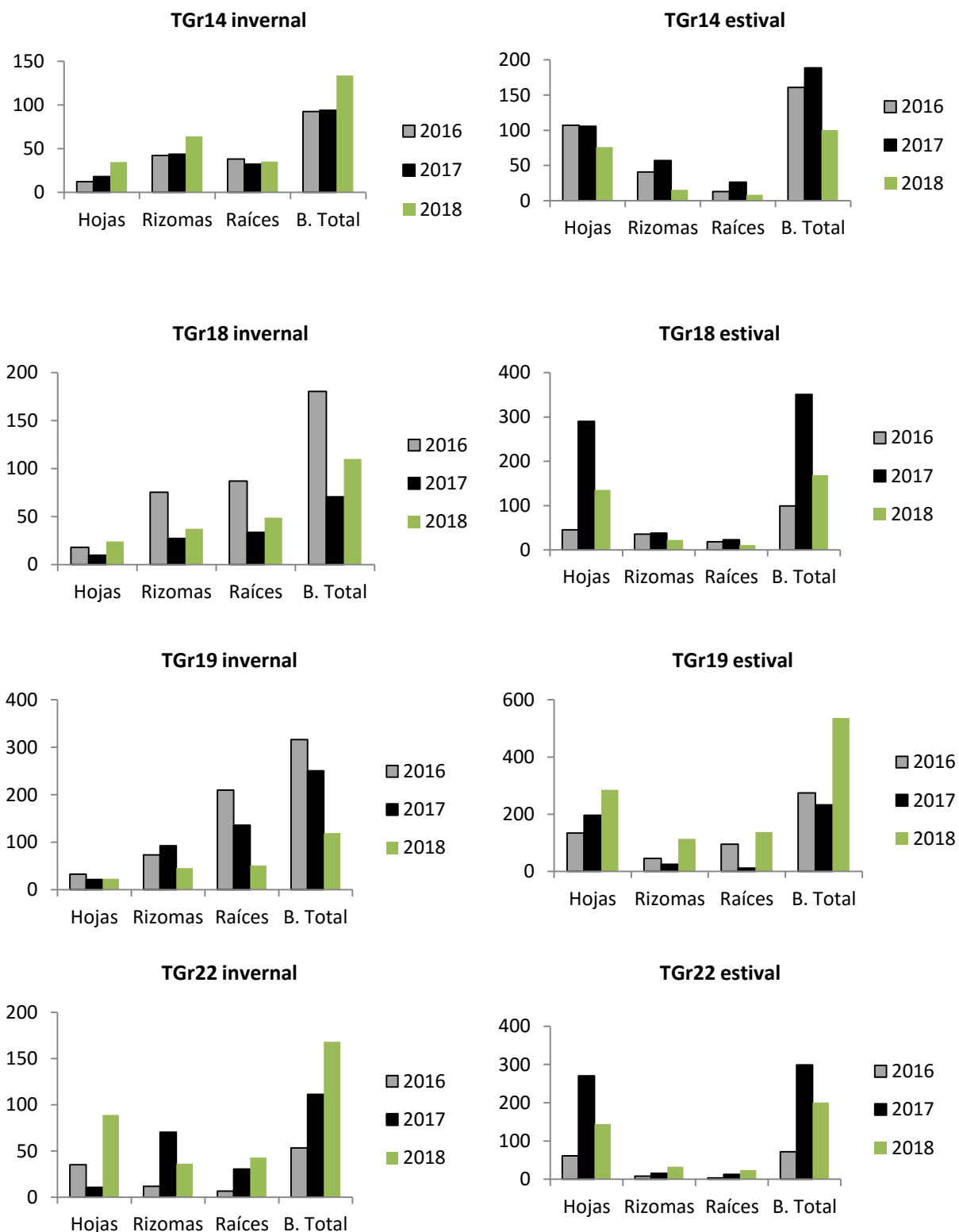


Figura 146. Biomasa (gramos de peso seco/m²) en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla

3.6.13 Evaluación general del seabadal

El mapa adjunto (Figura 147) muestra la valoración general de la situación de los seabadales en relación con la situación de referencia. En 2012 los sectores 3 y 4 habían disminuido, y en 2013 eran donde el seabadal 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.

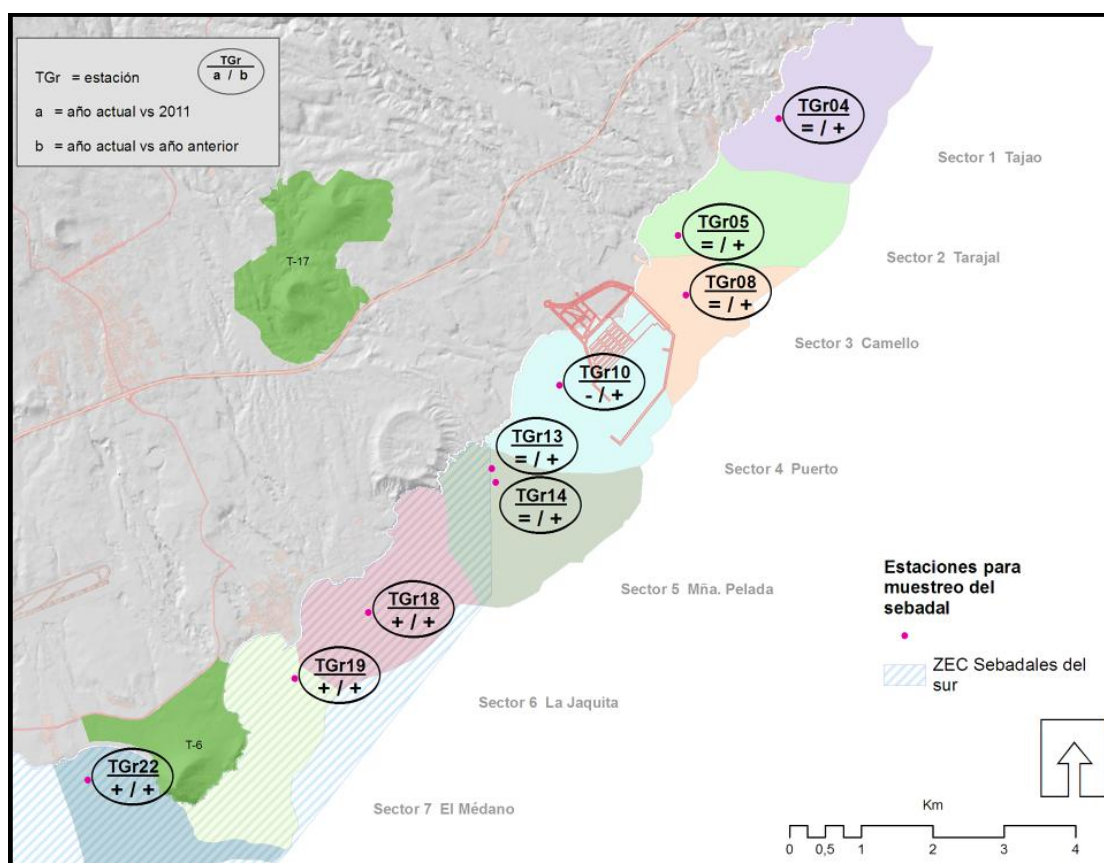


Figura 147. Valoración general de los seabadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2018 en relación al 2017 / y la situación de 2018 en relación con 2011 (referencia)

En 2018, las estaciones de la ZEC siguen mejorando aún más, con respecto a 2017 y al estado de referencia (2011). El resto de estaciones se mantienen también mejoran con respecto al año anterior, pero se mantienen aproximadamente igual que el estado de referencia.



3.6.14 Evaluación general de la biodiversidad

La valoración se ha hecho de manera independiente por 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 recuperación de la seba en estas zonas es patente. 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).

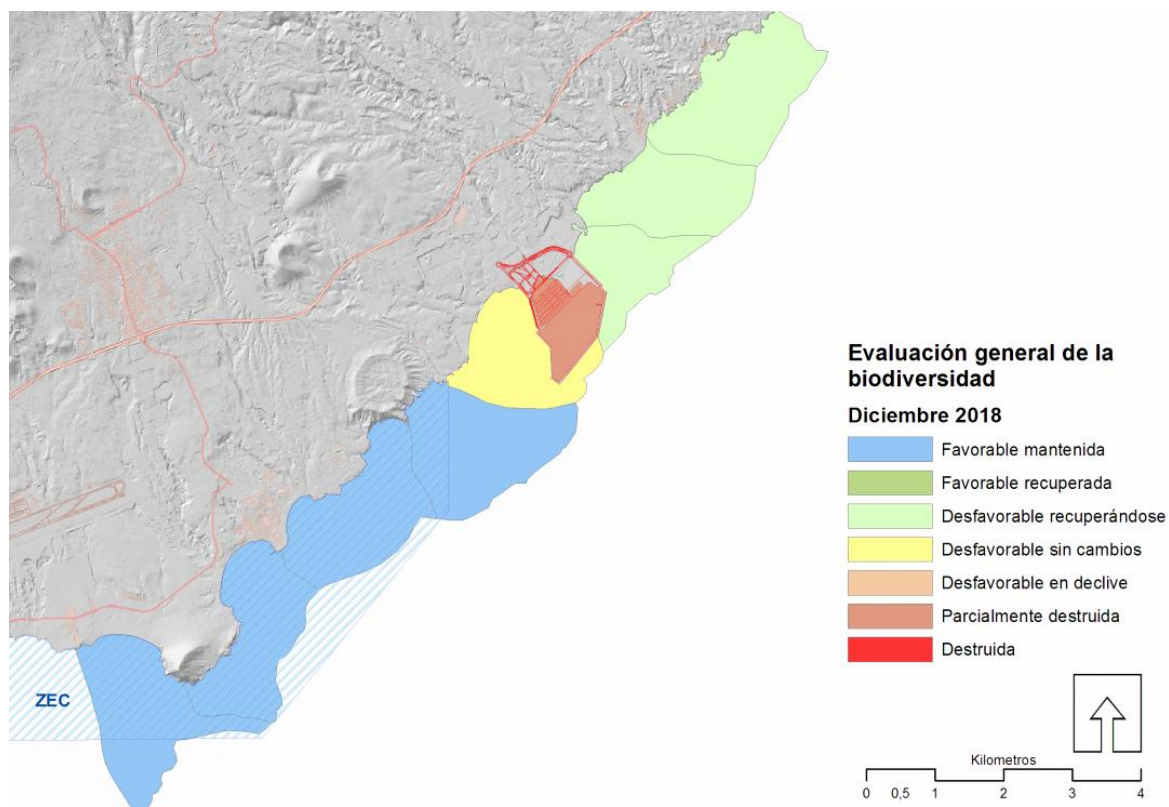


Figura 148. Valoración general de la biodiversidad de 2018

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.

Año 2018 **Favorable mantenido:** Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en metales pesados en algunas estaciones del norte (TGr14, TGr18, TGr19 y TGr22 para el níquel (ICQ/ERL) y TGr14, TGr18 y TGr22 para el arsénico (ICQ/ERL). Los sebadales de la zec han ganado en cobertura y densidad, no habiendo sido, a priori, afectados por la presencia de los *blooms* algales.

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.** Se volverán a retomar los muestreos en cuanto comiencen los rellenos de las explanadas y los movimientos de tierra.
- 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 la correcta identificación de posibles especies exóticas invasoras se llevarán a cabo dos campañas de muestreo con recolección directa de individuos mediante cañas de pesca y nasas científicas. Ya se dispone del pertinente permiso.

— o O o —

EN SANTA CRUZ DE TENERIFE, A 30 DE SEPTIEMBRE DE 2019

43799627Z
JOSÉ MARÍA
ESPINOSA
(C:G38951836)

Firmado digitalmente por 43799627Z
JOSÉ MARÍA ESPINOSA (C:G38951836)
Nombre de reconocimiento (DN):
cn=43799627Z JOSÉ MARÍA ESPINOSA
(C:G38951836), givenName=JOSÉ
MARÍA, sn=ESPINOSA GUTIÉRREZ,
serialNumber=IDCES-43799627Z,
title=VICESECRETARIO, 2.5.4.97=VATES-
G38951836, ou=ADMINISTRACIÓN,
o=FUNDACIÓN OBSERVATORIO
AMBIENTAL GRANADILLA, c=ES
Fecha: 2019.10.02 12:26:48 +01'00'

Dr. José María Espinosa Gutiérrez

Vicesecretario

EL EQUIPO DE TRABAJO:

Dr. Antonio Machado Carrillo
Biólogo

Dr. José María Espinosa Gutiérrez
Biólogo marino

Víctor Barrios Padilla
Biólogo marino

Marta González Carballo
Bióloga marina

Ninoska Adern Febles
Bióloga marina

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 Análisis de la corriente en la estación de muestreo TGr18 (La Jaquita)

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 del OAG, se instaló un perfilador acústico a una profundidad aproximada de 15 m que se mantendrá activo por un periodo largo de tiempo. El perfilador se saca a superficie únicamente para realizar la descarga de datos y para realizar el cambio de baterías. El presente anexo comprende la interpretación de los datos de 2 periodos correlativos correspondientes a:

- Primer fondeo del perfilador que abarca desde el 13/09/17 al 31/01/18 (140 días), denominado primer periodo¹.
- Segundo fondeo del perfilador que abarca desde el 31/01/18 al 02/08/18 (184 días), denominado segundo periodo.

El mismo día 02/08/18 se realizó el cambio de baterías y se volvió a fondear el ADP en el mismo punto.

Se ha realizado una comparativa tanto por grupos de datos de los dos fondeos realizados así como por meses para ver posibles cambios estacionales. Por norma general, se han obtenido resultados homogéneos en velocidad y dirección de la corriente en todos los periodos muestreados (ver conclusiones finales). En este informe se presentan los datos de manera global, teniendo en cuenta la totalidad de días muestreados (324 días), así como los datos mensuales obtenidos. A medida que se vayan obteniendo mayores series temporales se irán comparando y añadiendo al análisis.

Así mismo, en el informe anual del 2018 se incluirá la comparativa de los datos del ADP aquí recogidos con los del correntímetro ubicado en la boya del OAG.

El perfilador es de tipo Doppler, modelo ADP 500 KHz de la casa *SonTek* (Figura 2), capaz de medir parámetros de la corriente a varias profundidades y de forma simultánea, quedando registrados los datos en sus unidades de memoria.

¹ Informe anual 2017. Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa



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 $N28^{\circ} 2'46.78''N$ y $16^{\circ} 31'29.09''W$ (UTM 350137.12 m E 3103271.95 m), que cae dentro de la zec Sebadales del Sur de Tenerife (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del perfilador en la estación TGr18 “La Jaquita”

3. Metodología

Descripción del perfilador

El perfilador SonTec ADP (Figura 2) 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 de su manual técnico:

- 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 escala².

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 (Figura 3). El tamaño de celda y el número de ellas es seleccionado por el usuario (para nuestro estudio se seleccionaron 12 celdas, desechando luego las 4 más superficiales, por estar afectadas por el oleaje de la zona). 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.

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.

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.

² Fondo de escala (%FS): Método para mostrar exactitud en instrumentos de presión. Se calcula multiplicando el rango de presión del instrumento por la exactitud (%FS)



Figura 2: Perfilador Sontek ADP 500Khz

Las velocidades que registran 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 3), y es función de la frecuencia acústica del ADP (1 m para el ADP 500 kHz).

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.

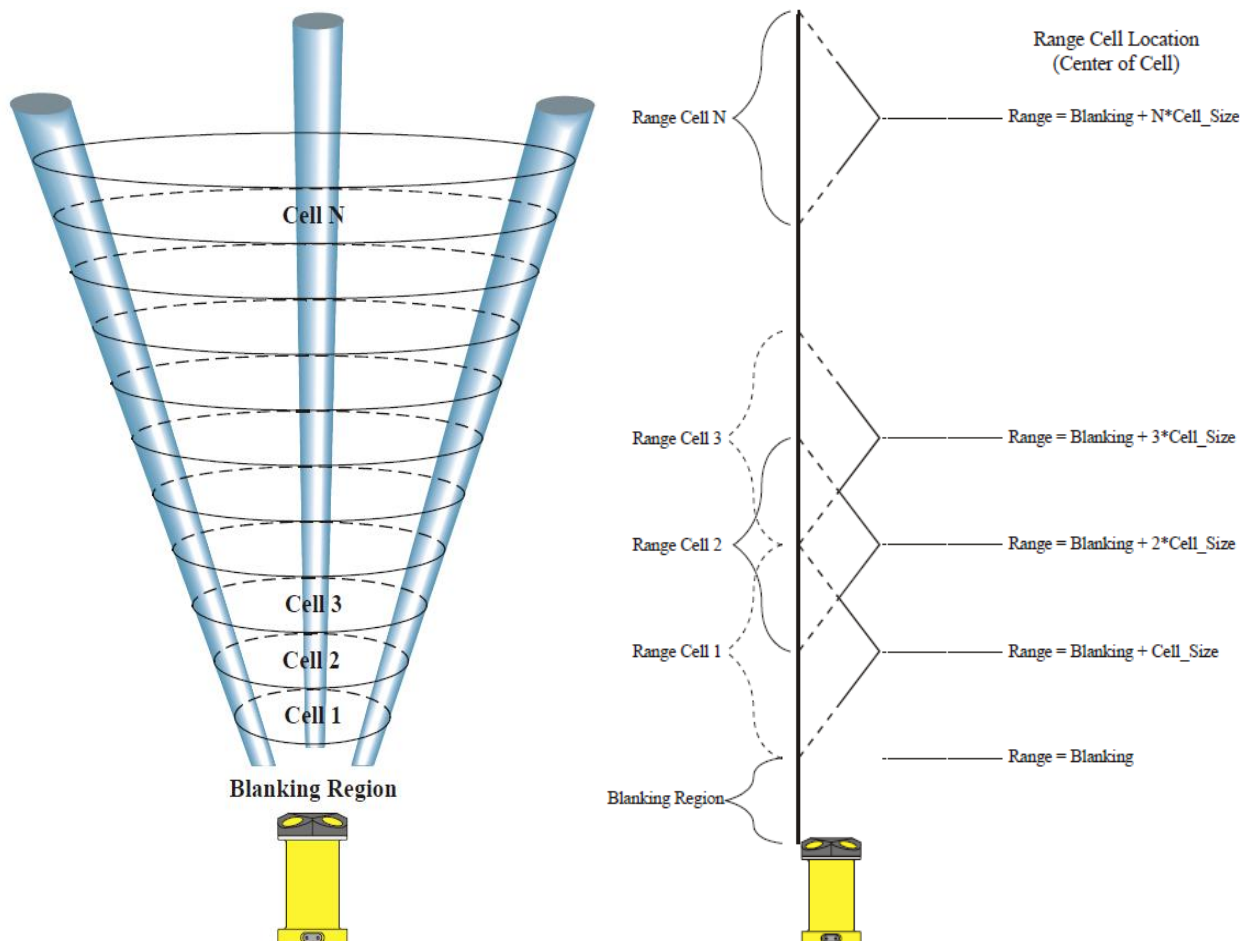


Figura 3. Izquierda: estructuración en celdas de las medidas del ADP y región de sombra. Derecha: rango de las distintas celdas

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:** concierne 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 2). La estructura protege el equipo electrónico y a la batería.

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 aproximadamente. Debido a las malas condiciones meteorológicas el segundo virado no se pudo realizar hasta pasados 184 días, durando las baterías la totalidad del periodo. 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 ahí 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. A veces, no es necesario realizar este procedimiento al completo por lo que únicamente subimos a bordo el ADP y el paquete de baterías realizando la transferencia de datos y el cambio de baterías a bordo. Esta segunda opción es menos tediosa y nos lleva menos tiempo, aproximadamente 4h.

Los perfiladores se programaron para generar datos de corriente promediados en 20 profundidades (20 celdas) entre las 09:31 del 13 de septiembre 2017 en adelante (Figura 4). El día 02 de agosto se aprovechó el buen estado de la mar para recuperar el perfilador por segunda vez, un total de 15.457 horas de muestreo. El intervalo de muestreo se fijó en 30 minutos y el de promedio de perfiles en 5 minutos. Es decir, se han obtenido 6.724 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 33 perfiles para el grupo de datos del primer virado y 14 perfiles del segundo virado, quedando finalmente 6.691 perfiles útiles para el procesamiento de los datos para el virado 1 más 8.766 perfiles del virado 2. Es decir un total de 15.457 perfiles.

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.

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. Los datos de la celda 14 a la 20 se han eliminado porque 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 4. Planilla de configuración de los perfiladores

Cálculo del perfil hidrodinámico

El análisis general de la series temporales (ver resultados en el apartado 4) 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 análisis se ha dividido el dominio de orientaciones en 18 sectores de 20° cada uno, y el de velocidades en 9 intervalos: 0-8 cm/s, 8-16 cm/s, 16-24 cm/s, 24-32 cm/s, 32-40 cm/s, 40-48 cm/s, 48-56 cm/s, 56-64 cm/s y velocidades mayores de 64 cm/s.

4. Resultados

Series temporales

Las corrientes medidas se representan mediante series temporales de velocidad y dirección con el programa *SonTek View ADP*, lo que facilita visualizar sus variaciones. A modo de ejemplo, la Figura 5 muestra la variación de la velocidad (cm/s), y la Figura 6 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

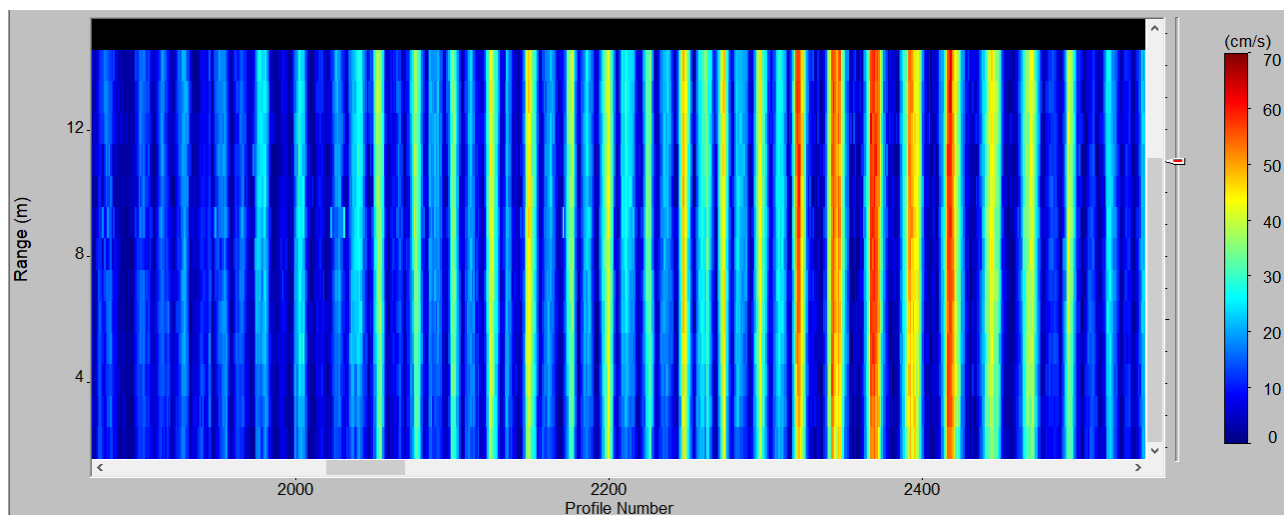


Figura 5. Ejemplo de evolución de la velocidad de la corriente en cm/s para un periodo de tiempo determinado, en la estación TGr-18

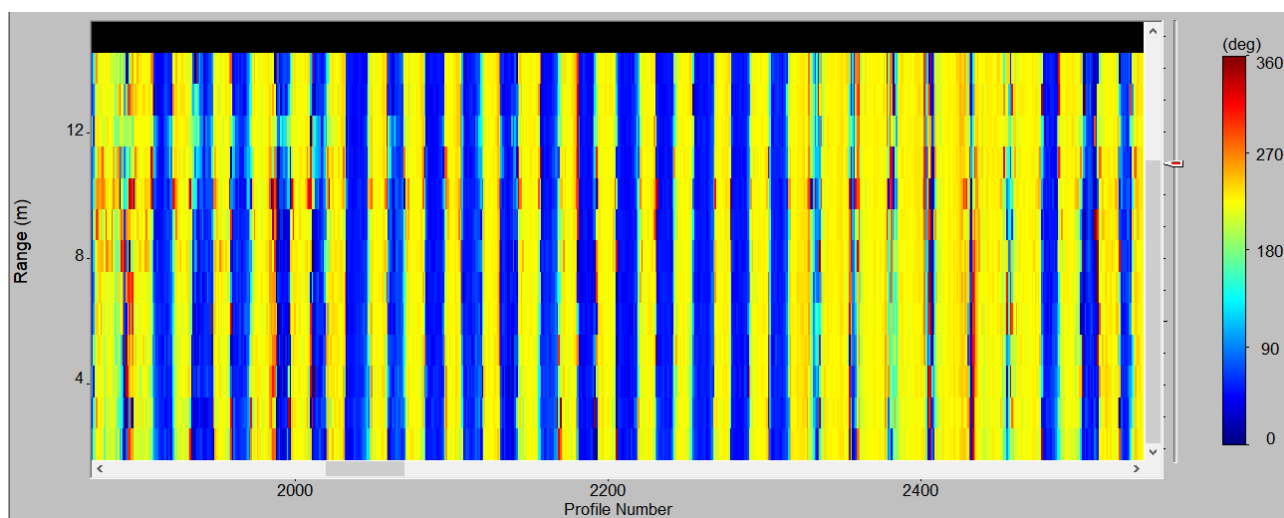


Figura 6. Ejemplo de la evolución de la dirección de la corriente en grados para un periodo de tiempo determinado en la estación TGr 18

Las tablas 1, 2 y 3 incluyen 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.

**Tabla 1. Estadísticos de las series de velocidades del ADP ubicado en la TGr-18 (Jaquita).
Totalidad de los datos**

Capas	Profundidad aproximada(m)	Vel (cm/s) promedio	Vel (cm/s) máximos	Vel (cm/s) mínimos	1 ^{er} Cuartil (cm/s)	3 ^{er} Cuartil (cm/s)
Celda 1	13	15,45	66,80	0	7,2	21,1
Celda 2	12	16,13	69,30	0,1	7,5	22,2
Celda 3	11	16,76	73,80	0,2	7,7	23,2
Celda 4	10	17,29	72,30	0	7,8	24,1
Celda 5	9	17,67	71,70	0,1	7,9	24,9
Celda 6	8	17,93	73,60	0	7,9	25,3
Celda 7	7	18,13	75,30	0,1	8	25,7
Celda 8	6	18,25	74,20	0	7,9	26,1
Celda 9	5	18,34	77,10	0	7,7	26,5
Celda 10	4	18,47	75,50	0	7,7	26,7
Celda 11	3	18,76	73,20	0,1	8	27,1
Celda 12	2	18,99	75,80	0,1	8,3	27,2
Celda 13	1	19,12	74,40	0	8,5	27,5

Tabla 2. Estadísticos de las series de velocidades del ADP ubicado en la TGr-18 (Jaquita). Primer periodo (13/09/17-31/01/18)

Capas	Profundidad aproximada(m)	Vel (cm/s) promedio	Vel (cm/s) máximos	Vel (cm/s) mínimos	1er 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

**Tabla 3. Estadísticos de las series de velocidades del ADP ubicado en la TGr-18 (Jaquita).
Segundo periodo (31/01/18-02/08/18)**

Capas	Profundidad aproximada(m)	Vel (cm/s) promedio	Vel (cm/s) máximos	Vel (cm/s) mínimos	1 ^{er} Cuartil (cm/s)	3 ^{er} Cuartil (cm/s)
Celda 1	13	14,45	53,60	0,1	6,8	19,7
Celda 2	12	14,93	54,50	0,1	7,0	20,6
Celda 3	11	15,52	55,20	0,2	7,2	21,6
Celda 4	10	16,05	55,90	0,1	7,4	22,5
Celda 5	9	16,45	56,50	0,1	7,5	23,2
Celda 6	8	16,72	57,00	0	7,6	23,8
Celda 7	7	16,88	57,20	0,1	7,6	24,2
Celda 8	6	16,96	57,10	0	7,3	24,6
Celda 9	5	16,97	57,30	0	6,7	25,0
Celda 10	4	17,17	57,30	0,1	6,8	25,4
Celda 11	3	17,56	57,40	0,2	7,3	25,7
Celda 12	2	17,87	58,20	0,1	7,8	26,0
Celda 13	1	18,05	58,80	0	8,0	26,1

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. Dado la homogeneidad de los datos en las distintas cotas

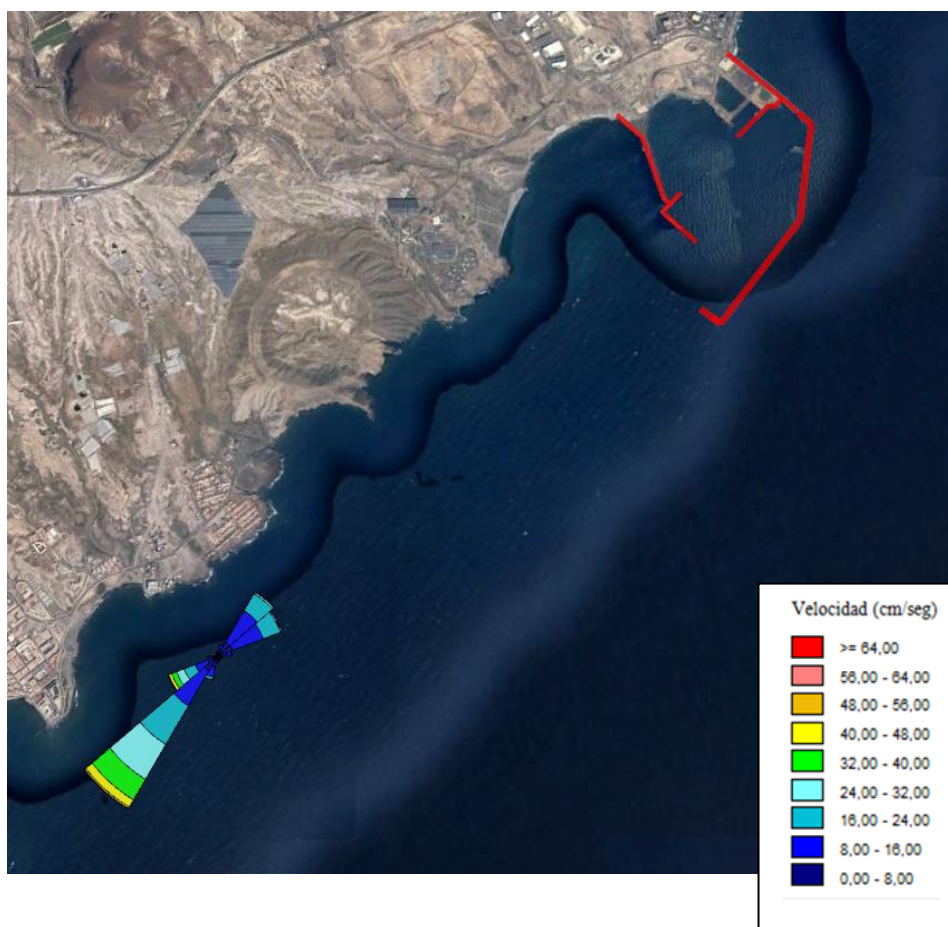
hemos considerado tres celdas representativas: celda 1 (profunda), celda 6 (intermedia) y celda 13 (superficie no afectada por la dinámica marina).

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 1 (FONDO)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del periodo completo de muestreo (13/09/17-02/08/18)

Directions / Classes (cm/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	8	4	0	0	0	0	0	0	16
ENE	3	7	4	0	0	0	0	0	0	15
E by N	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
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	2	1	0	0	0	0	0	0	5
SW	4	8	9	8	5	2	0	0	0	36
WSW	2	3	3	2	1	1	0	0	0	11
W by S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
W by N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sub-Total	28	31	21	11	6	2	0	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Se muestra el periodo completo de muestreo (13/09/17-02/08/18)



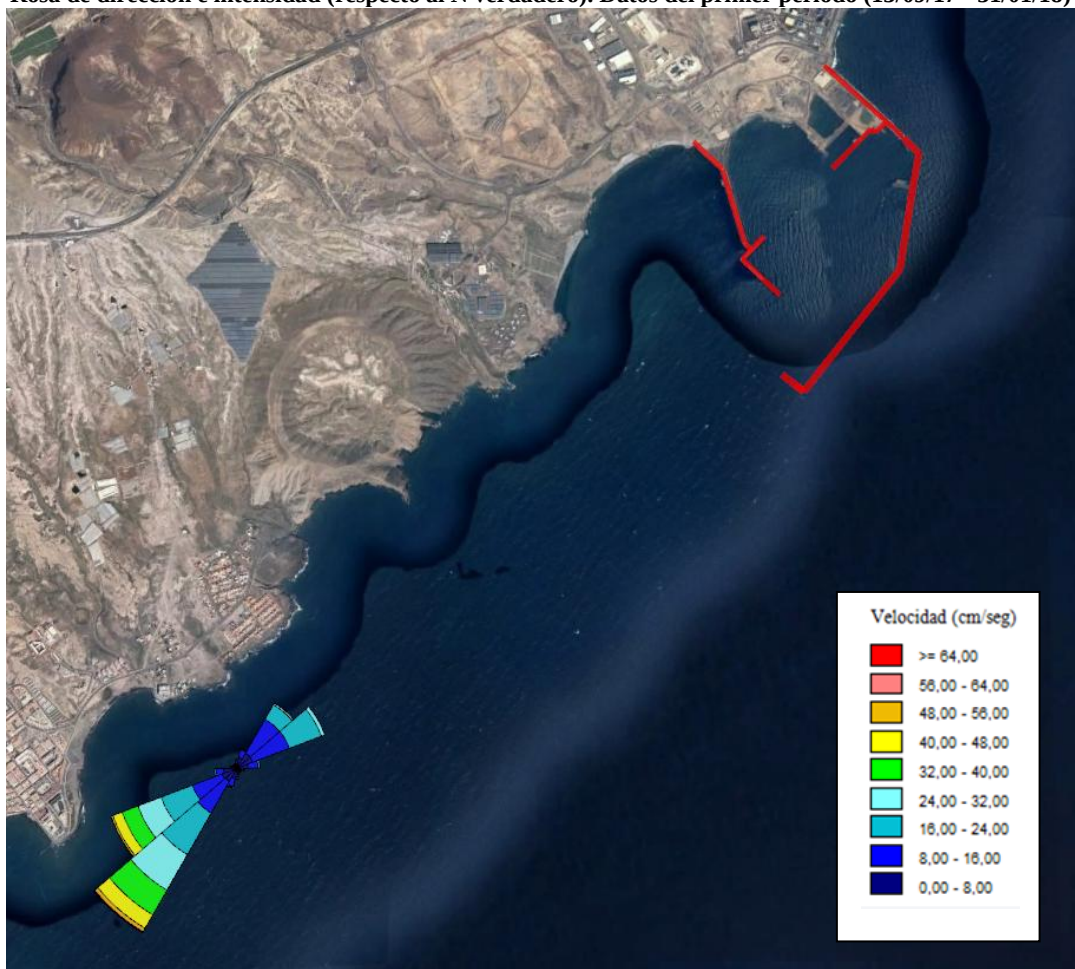


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 1 (FONDO)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente entre el 13/09/17 y el 31/01/18

Directions /Classes (cm/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). Datos del primer periodo (13/09/17 - 31/01/18)



PERFILADOR EN TGR18. CELDA 1 (FONDO)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente entre el 31/01/18 y el 02/08/18

Directions / Classes (cm/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	2
NE	4	9	5	0	0	0	0	0	0	19
ENE	4	8	3	0	0	0	0	0	0	15
E by N	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
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	3	3	1	0	0	0	0	0	0	7
SW	4	11	11	10	5	1	0	0	0	42
WSW	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W by N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-Total	30	33	20	10	5	1	0	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del segundo periodo (31/01/18 - 02/08/18)



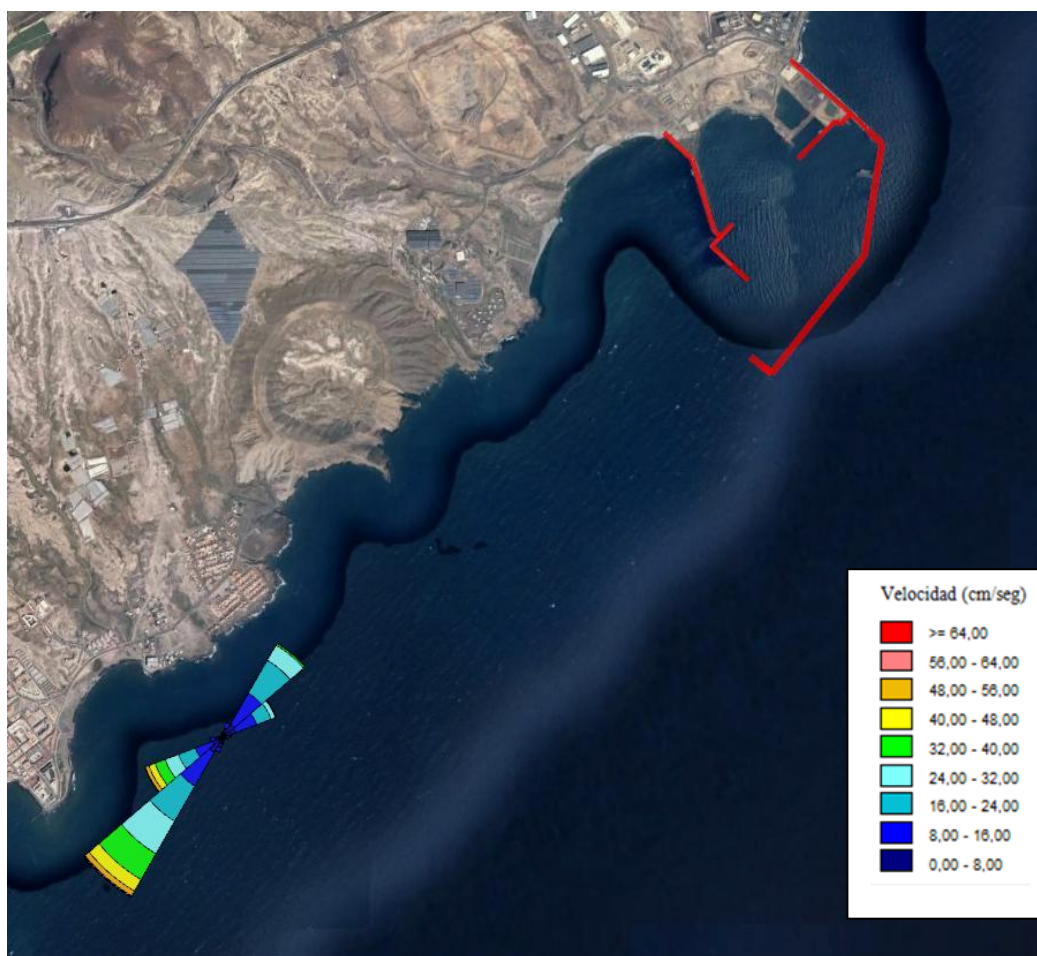


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del periodo completo de muestreo (13/09/17-02/08/18)

Directions / Classes (cm/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	7	7	3	0	0	0	0	0	21
ENE	3	4	3	1	0	0	0	0	0	11
E by N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSW	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
SW	3	7	8	7	6	2	1	0	0	34
WSW	2	4	3	3	2	1	1	0	0	16
W by S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
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	25	25	22	14	8	4	2	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Se muestra el periodo completo de muestreo (13/09/17-02/08/18)



PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente entre el 13/09/17 y el 31/01/18

Directions / Clases (cm/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). Datos del primer periodo (13/09/17 - 31/01/18)





PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente entre el 31/01/18 y el 02/08/18.

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NNE	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2
NE	3	7	8	4	0	0	0	0	0	23
ENE	3	5	3	1	0	0	0	0	0	12
E by N	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
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	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
SW	4	10	11	9	7	3	1	0	0	45
WSW	2	1	1	0	0	0	0	0	0	4
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W by N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-Total	26	27	22	14	8	3	1	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del segundo periodo (31/01/18 - 02/08/18)

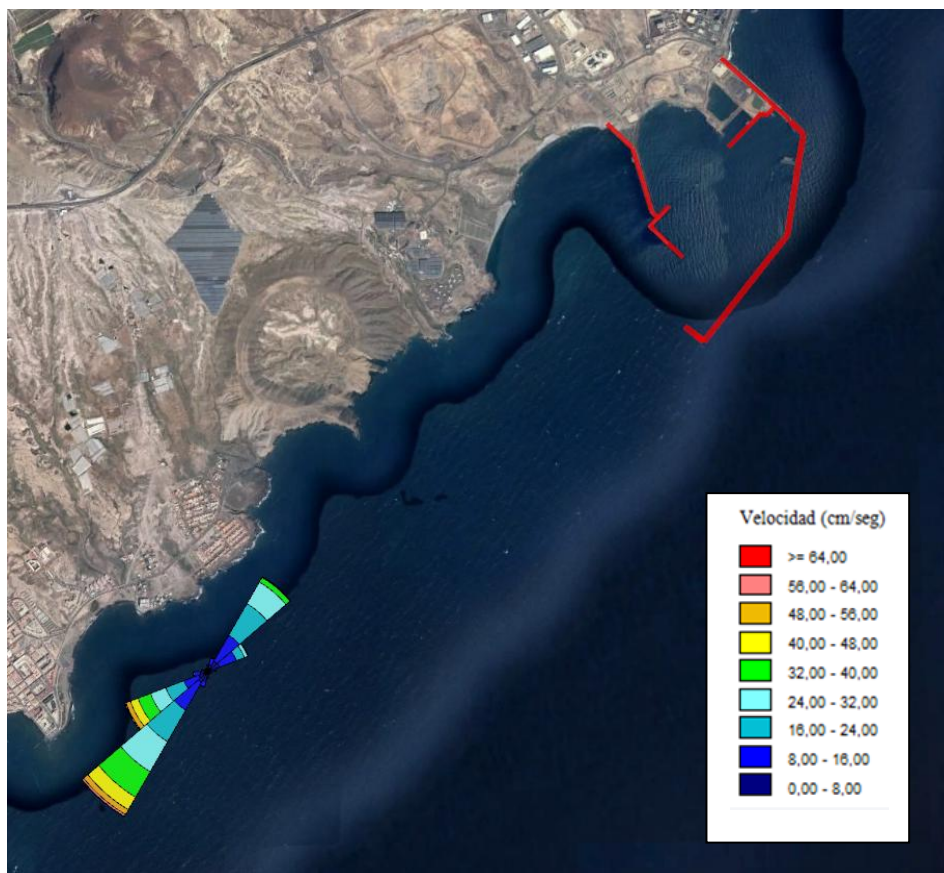


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del periodo completo de muestreo (13/09/17-02/08/18)

Directions / Classes (cm/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	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
NE	2	6	7	5	1	0	0	0	0	22
ENE	2	4	2	1	0	0	0	0	0	9
E by N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
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	1
SSW	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
SW	2	6	7	7	6	3	1	0	0	32
WSW	2	3	4	3	3	2	1	0	0	18
W by S	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
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	23	24	20	16	10	5	2	1	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Se muestra el periodo completo de muestreo (13/09/17-02/08/18)





PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente entre el 13/09/17 y el 31/01/18

Directions / Classes (cm/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). Datos del primer periodo (13/09/17 - 31/01/18)

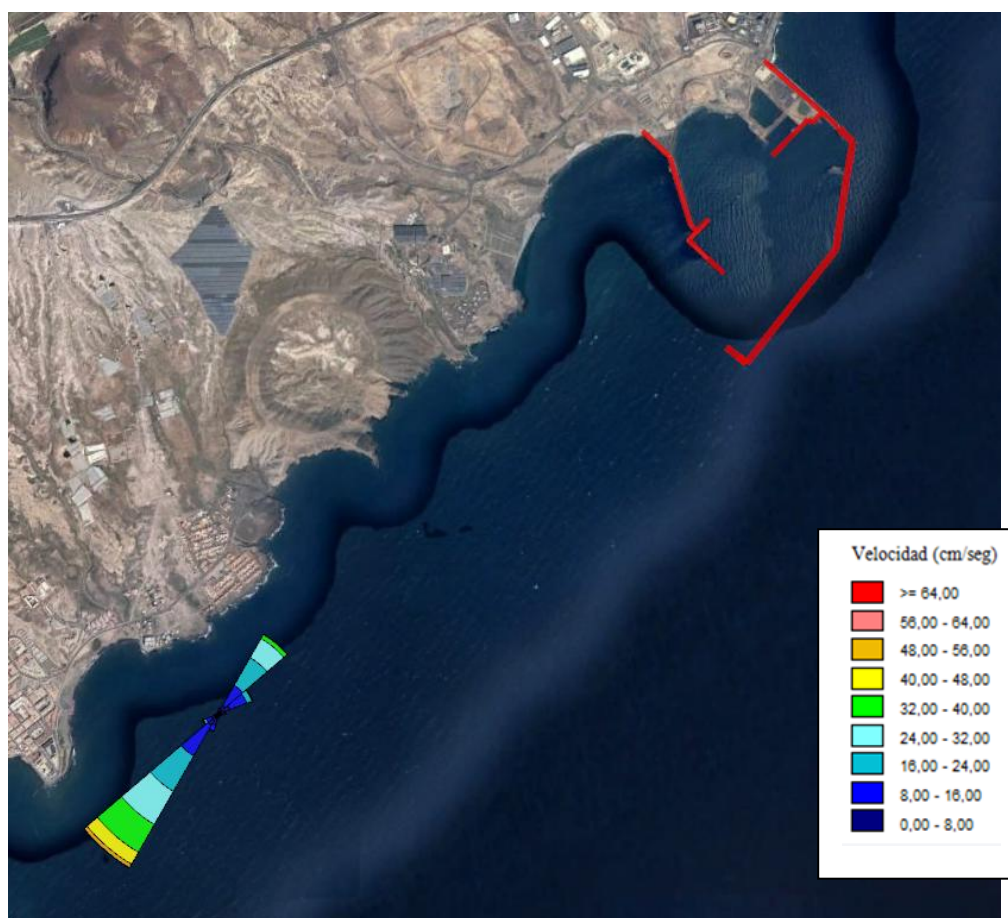


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente entre el 31/01/18 y el 02/08/18

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	2
NE	4	9	5	0	0	0	0	0	0	19
ENE	4	8	3	0	0	0	0	0	0	15
E by N	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
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	3	3	1	0	0	0	0	0	0	7
SW	4	11	11	10	5	1	0	0	0	42
WSW	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W by N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-Total	30	33	20	10	5	1	0	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

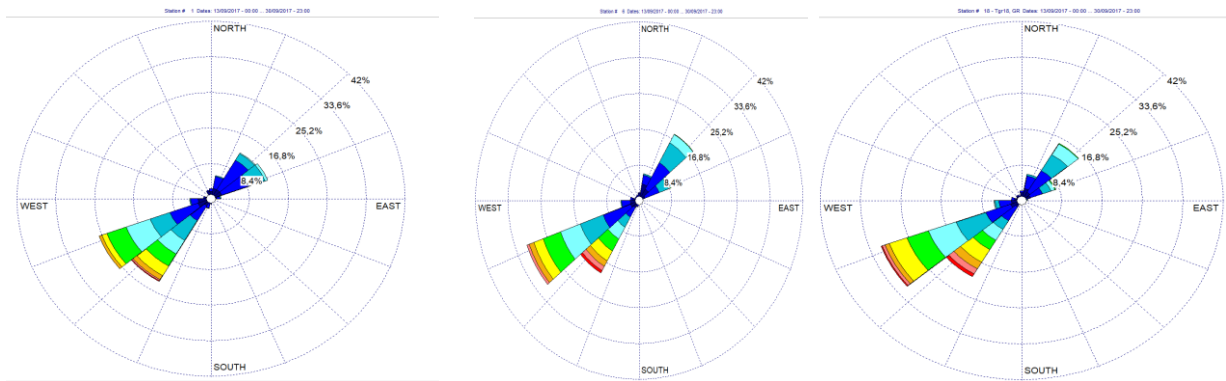
Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del segundo periodo (31/01/18 - 02/08/18)



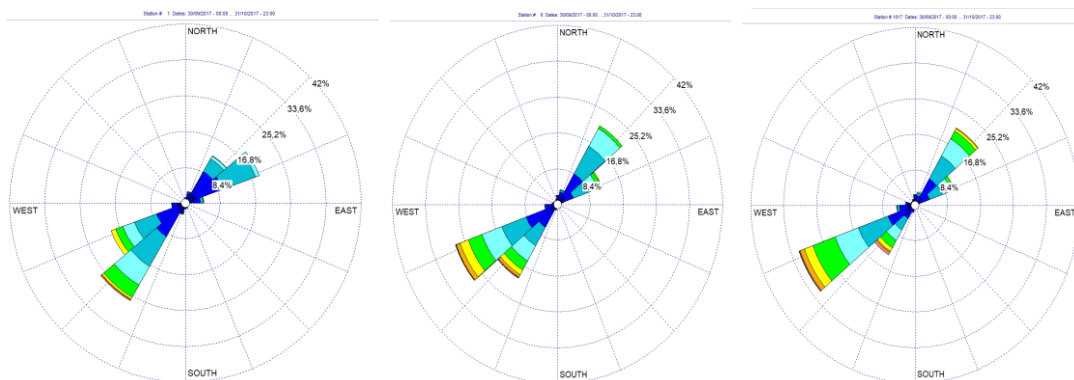


DESGLOSE DATOS MENSUALES EN LA CELDAS 1, 6 Y 13

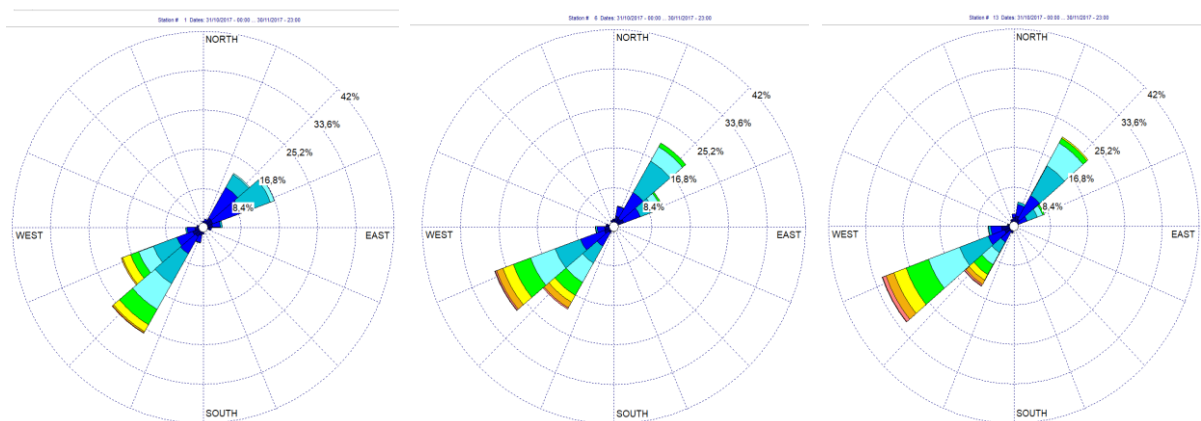
Septiembre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



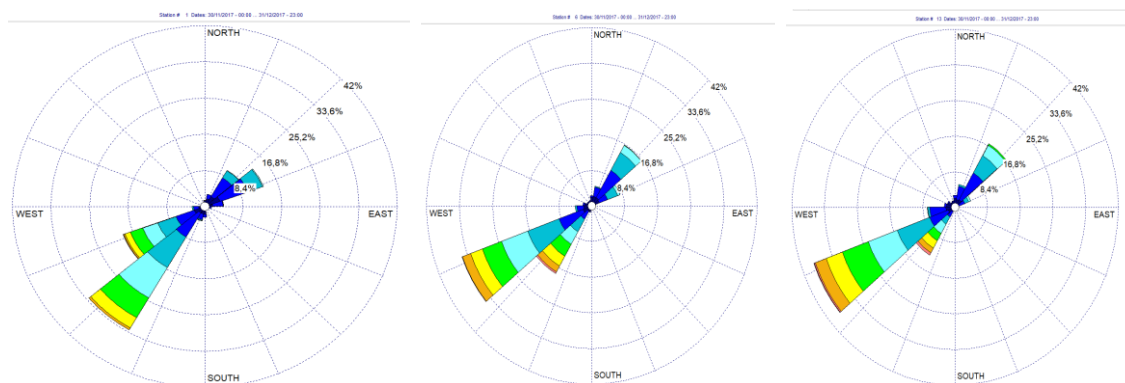
Octubre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



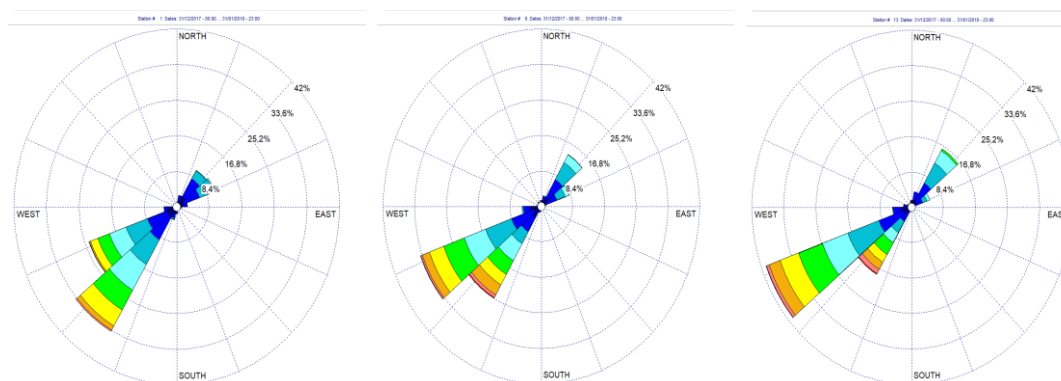
Noviembre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



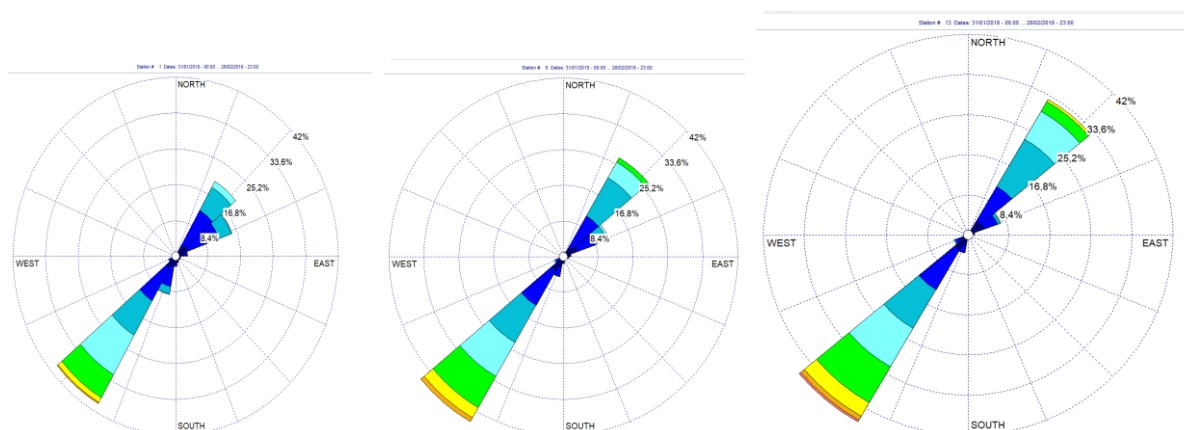
Diciembre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



Enero 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)

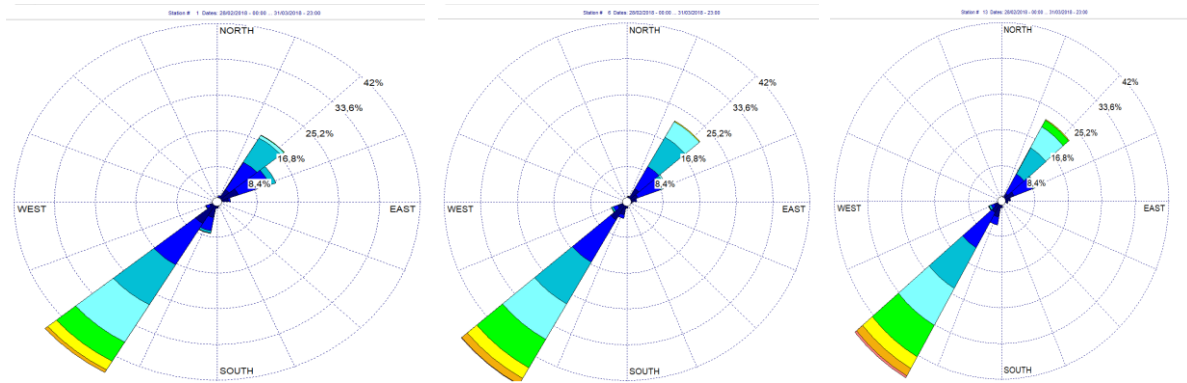


Febrero 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)

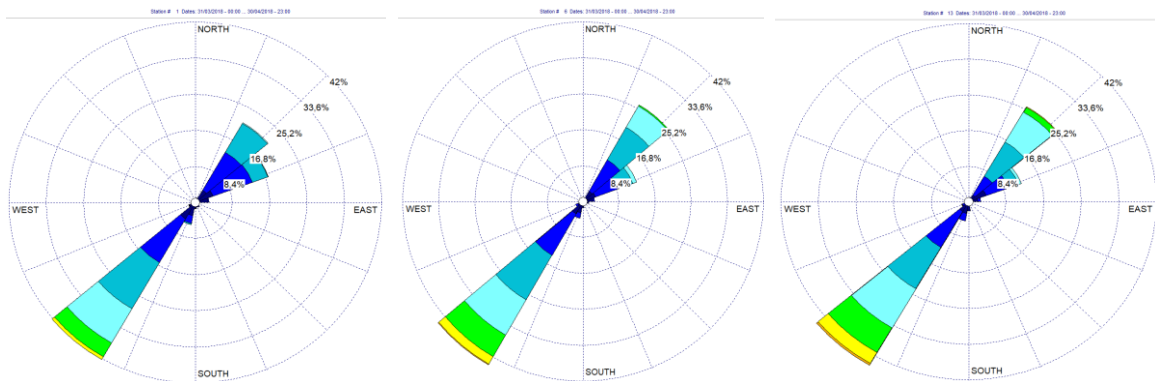




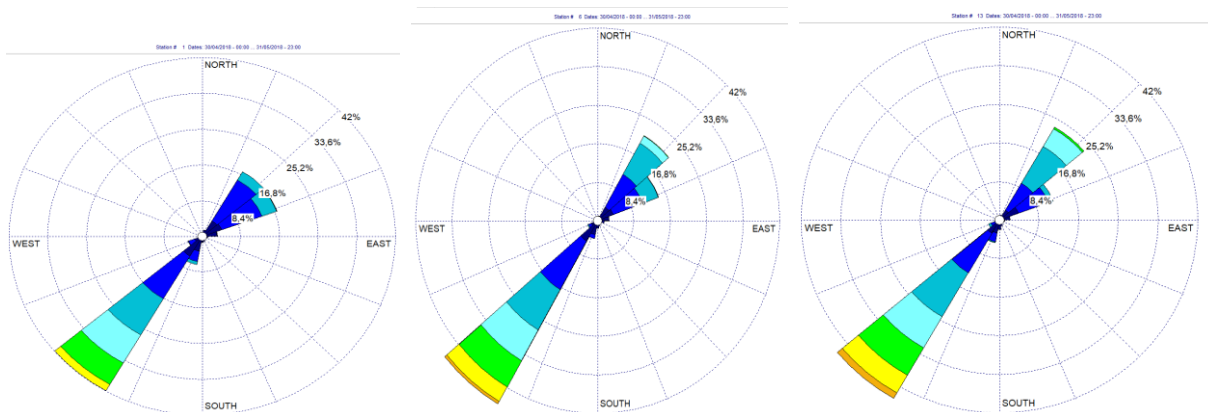
Marzo 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



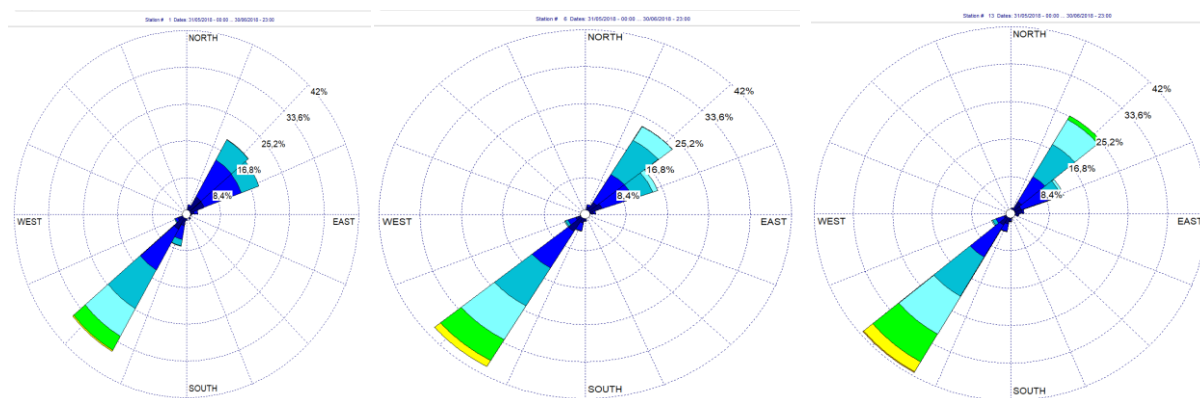
Abril 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



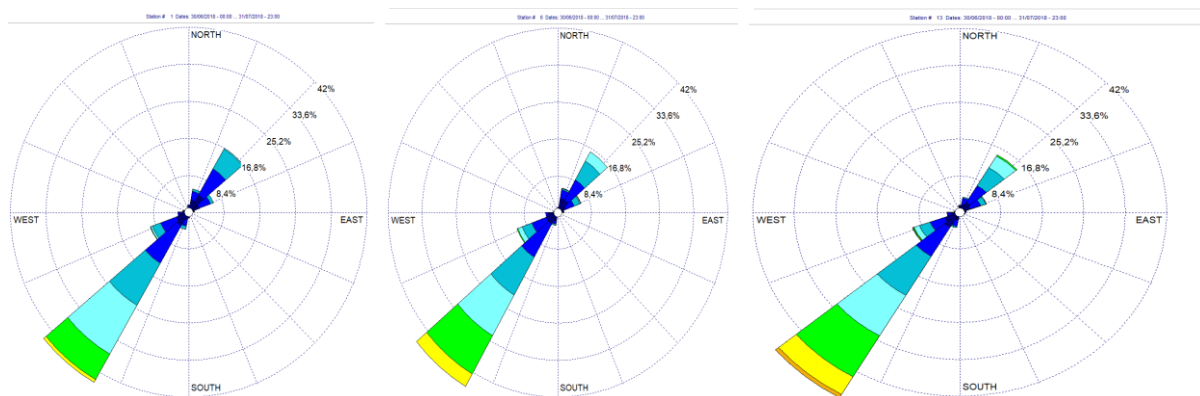
Mayo 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



Junio 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



Julio 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



Velocidad (cm/seg)

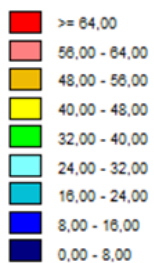




Tabla 4. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en la TGr18 (ADP Sontek) .Primer periodo (13/09/17-31/01/18).

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%), 24-32 (15%), 32-40 (10%), 40-48 (6%) y >48 (4%)
Celda intermedia	7-8 m	WSW (31%), SW (21%) y NE (18%)	0-8 (23%), 8-16 (24%), 16-24 (20%), 24-32 (14%), 32-40 (9%), 40-48 (5%) y >48 (4%)
Celda de fondo	13-14m	SW (29%), WSW (21%) y ENE (15%)	0-8 (26%), 8-16 (30%), 16-24 (21%), 24-32 (11%), 32-40 (7%), 40-48 (4%) y >48 (1%)

Tabla 5. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en la TGr18 (ADP Sontek). Segundo periodo (31/01/18-02/08/18).

Nivel de medición	Prof.	TGr-18 (Jaquita)	
		Dirección	Velocidad (cm/s)
Celda superficial	1-2 m	SW (42%), NE (19%) y ENE (15%)	0-8 (30%), 8-16 (33%), 16-24 (20%), 24-32 (10%), 32-40 (5%), 40-48 (1%) y >48 (0%)
Celda intermedia	7-8 m	SW (45%), NE (23%) y ENE (12%)	0-8 (26%), 8-16 (27%), 16-24 (22%), 24-32 (14%), 32-40 (8%), 40-48 (3%) y >48 (1%)
Celda de fondo	13-14m	SW (42%), NE (19%) y ENE (15%)	0-8 (30%), 8-16 (33%), 16-24 (20%), 24-32 (10%), 32-40 (5%), 40-48 (1%) y >48 (0%)

Tabla 6. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en la TGr18 (ADP Sontek).Periodo completo (13/09/17-02/08/18)

Nivel de medición	Prof.	TGr-18 (Jaquita)	
		Dirección	Velocidad (cm/s)
Celda superficial	1-2 m	SW (32%), NE (22%) y WSW (18%)	0-8 (23%), 8-16 (24%), 16-24 (20%), 24-32 (16%), 32-40 (10%), 40-48 (5%) y >48 (3%)
Celda intermedia	7-8 m	SW (34%), NE (21%) y WSW (16%)	0-8 (25%), 8-16 (25%), 16-24 (22%), 24-32 (14%), 32-40 (8%), 40-48 (4%) y >48 (2%)
Celda de fondo	13-14m	SW (36%), NE (16%) y ENE (15%)	0-8 (28%), 8-16 (31%), 16-24 (21%), 24-32 (11%), 32-40 (6%), 40-48 (2%) y >48 (0%)

Resumen

Se han obtenido series temporales de corrientes entre -1 m y -15 m mediante un perfilador *doppler* fondeados en dos periodos correlativos entre:

- Periodo 1 desde el 13/09/2017 hasta el 31/08/18. Número de perfiles = 6.691.
- Periodo 2 desde 31/08/18 hasta 02/08/18. Número de perfiles = 8.766.
- Número total de perfiles Se obtuvieron 15.457 perfiles por capa.
- En general, en toda la columna de agua (celdas muestreadas) se observan velocidades de corrientes ligeramente superiores para el primer periodo respecto al segundo. En todas las celdas el incremento es del orden de 2-3 cm/s. También se observaron estos incrementos en las velocidades máximas obtenidas. Incremento del orden de 10-17 cm/s en todas las celdas del fondeo 1 respecto al fondeo 2. Será necesario una serie temporal más grande para poder explicar estas diferencias.
- A pesar de lo descrito en puntos anteriores se puede concluir cierta homogeneidad en los dos periodos. Si realizamos el análisis en conjunto de toda la serie temporal obtenemos que las resultantes finales coinciden, **predominando las direcciones SW y WSW**. Si observamos las tablas 4, 5 y 6 situada en la parte superior vemos que en los tres casos las componentes de dirección predominantes son similares, por lo que debemos de tomar como referencia principal el caso con mayor tamaño muestral que corresponde con los datos de los dos fondeo unificados.
- En cuanto a los datos unificados, obtenemos que la **dirección predominante** en las 3 capas estudiadas es la **SW**, seguida de la dirección **NE**. Ambas direcciones en igual proporción en toda las capas. Datos a prever debido a las corrientes de marea predominantes (Asistencia técnica para la redacción de estudio de dinámica litoral para el diseño y proyecto de construcción del by-pass de arena N-S en el Puerto de Granadilla e informe OAG Inf_2017.2.Reposición del flujo de arena en Granadilla).
- Las **velocidades más frecuentes** en las tres capas continúan siendo las comprendidas entre **8-16 cm/s**, aunque en una proporción muy similar a las comprendidas entre 0-8 cm/s. Para la celda superficial (c13), el 67% de los casos están concentrados en las velocidades 0-24 cm/s, así mismo para la celda intermedia (c6) un 72 % estaría en este rango y para la celda profunda (c1) el 79%.
- Las velocidades máximas obtenidas en las distintas capas fueron: capa superficial (74,4 cm/s), capa intermedia (73,6 cm/s) y en capa profunda (66,8 cm/s).
- Las velocidades medias observadas en la estación varían entre 15,45 cm/s en el fondo y 19,12 cm/s en superficie.

Se continuará registrando la corriente en la zona y se seguirá aumentando la serie temporal. En el informe anual de 2018 se realizará comparativa con datos recogidos en este informe y los datos obtenidos por el correntímetro situado en la boya del OAG.

En Santa Cruz de Tenerife, a 20 de Diciembre de 2018



5.2 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 ↗

5.3 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
(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
(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.



5.4 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
TGr41	Estacado bocinegro	28° 2' 9,500" N	16° 32' 11,700" W	Estacado
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



5.5 Informe sobre la calidad del agua en el litoral frente al Polígono Industrial de Granadilla de Abona (Tenerife)

La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife solicita a la F.S.P. Observatorio Ambiental Granadilla (OAG) en julio de 2015 el que lleve a cabo el control del apartado “Control de la calidad de las aguas litorales” del Programa de vigilancia ambiental del *Proyecto básico de Urbanización del Sector SP1-01* ya que el lugar de seguimiento (tramo de costa donde desemboca el barranco de Las Monjas) es ya objeto de control ambiental por parte del OAG en el contexto del *Plan de vigilancia ambiental del puerto de Granadilla*.

Los parámetros de estudio requeridos son turbidez y clorofila. El OAG, ante el elevado precio de las analíticas de clorofila, planteó en su día llevar a cabo únicamente un muestreo de la zona con cámara desde un zepelín de helio una vez transcurrido el fenómeno tormentoso.

Episodios tormentosos

Los temporales de agua son escasos en la vertiente sur de la isla, pero cuando ocurren suelen ser lluvias muy fuertes de carácter torrencial. El OAG registra los fenómenos tormentosos, ya que son cruciales para la ecología litoral. El 25 de febrero de 2018 hubo una tormenta de sur con fuertes vientos y lluvias con 55 litros/m² en el aeropuerto del Sur Reina Sofía, y 46 litros/m² en la estación del OAG dentro de la zona portuaria, lo que justifica realizar un muestreo de control de las aguas litorales del Polígono (figura 1).



Figura 1: aspecto del temporal del día 25/02/2018 en El Cabezo y La Jaquita

Muestreo

El temporal de sur, aunque ya sin lluvias, duró varios días, por lo que no fue viable salir con la embarcación del OAG, el Avatar. Los barrancos corrieron solo el día 25 de febrero, pero el fuerte oleaje persistió hasta el 3 de marzo. El día 6 se consiguió salir con el Avatar pero no se obtuvo permiso de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea para poder volar el zepelín, por lo que se procedió a un muestreo de la turbidez del agua a un metro de profundidad mediante sonda Hydrolab HL4 con precisión $\pm 0,1$ NTU.

Los 21 puntos de la malla de muestreo (Figura 2) se recogen en la tabla 1.

Tabla 1: coordenadas geográficas y profundidades de los puntos de muestreo

Puntos	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Turbidez (NTU)
AP1	28° 4'9.10"N	16°29'41.97"O	23	0
AP2	28° 4'14.83"N	16°29'50.40"O	18	0
AP3	28° 4'23.91"N	16°30'1.84"O	9	0
AP4	28° 4'30.33"N	16°29'56.57"O	4	0
AP5	28° 4'29.70"N	16°30'10.60"O	3	0
AP6	28° 4'25.97"N	16°30'14.38"O	4	0
AP7	28° 4'18.69"N	16°30'4.51"O	9	0
AP8	28° 4'11.74"N	16°29'55.64"O	19	0
AP9	28° 4'4.44"N	16°29'46.84"O	24	0
AP10	28° 3'59.97"N	16°29'51.16"O	25	0
AP11	28° 4'5.84"N	16°29'59.84"O	20	0
AP12	28° 4'12.43"N	16°30'8.15"O	11	0
AP13	28° 4'20.63"N	16°30'16.99"O	5	0
AP14	28° 4'13.85"N	16°30'21.31"O	6	0
AP15	28° 4'7.56"N	16°30'13.58"O	9	0
AP16	28° 4'1.61"N	16°30'4.39"O	18	0
AP17	28° 3'55.76"N	16°29'56.20"O	23	0
AP18	28° 3'50.95"N	16°30'2.21"O	22	0
AP19	28° 3'56.40"N	16°30'10.10"O	18	0
AP20	28° 4'0.70"N	16°30'16.78"O	10	0
AP21	28° 4'3.93"N	16°30'22.19"O	6	0

Resultados

Todas las mediciones obtenidas dieron un valor de turbidez de inferior a cero ($\pm 0,1$ NTU) a un metro de profundidad, lo que corresponde a aguas limpias y transparentes. Este hecho se debe probablemente a que la eventual turbidez generada por la escorrentía de los barrancos ya fue arrastrada mar adentro durante los varios días que mediaron entre el episodio lluvioso y el día en que se pudo muestrear.

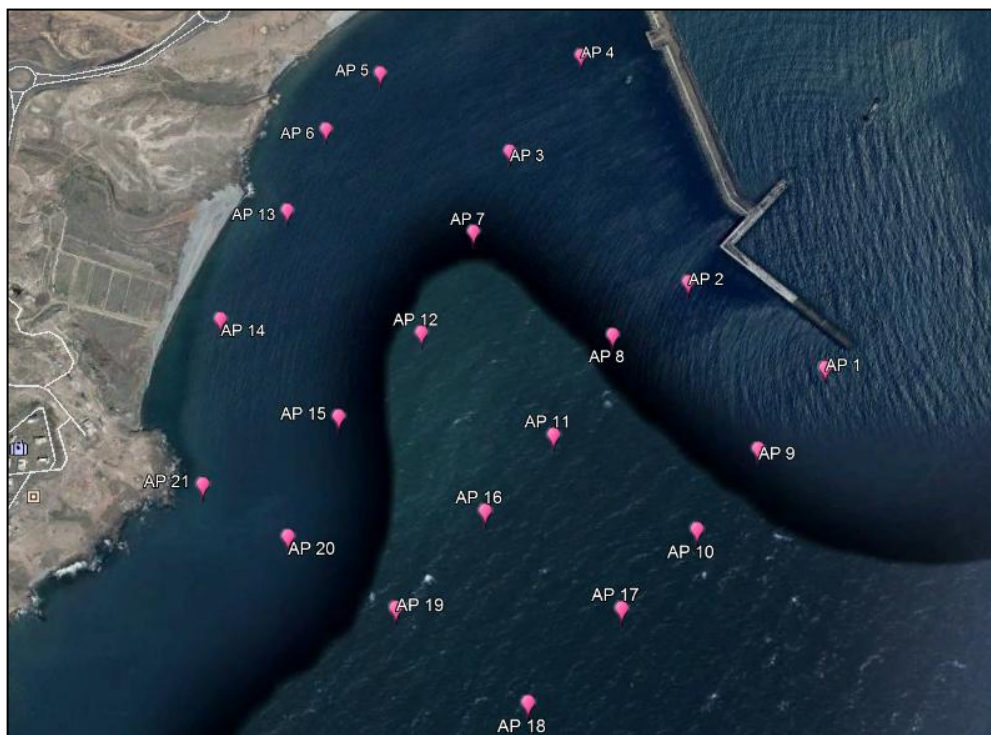
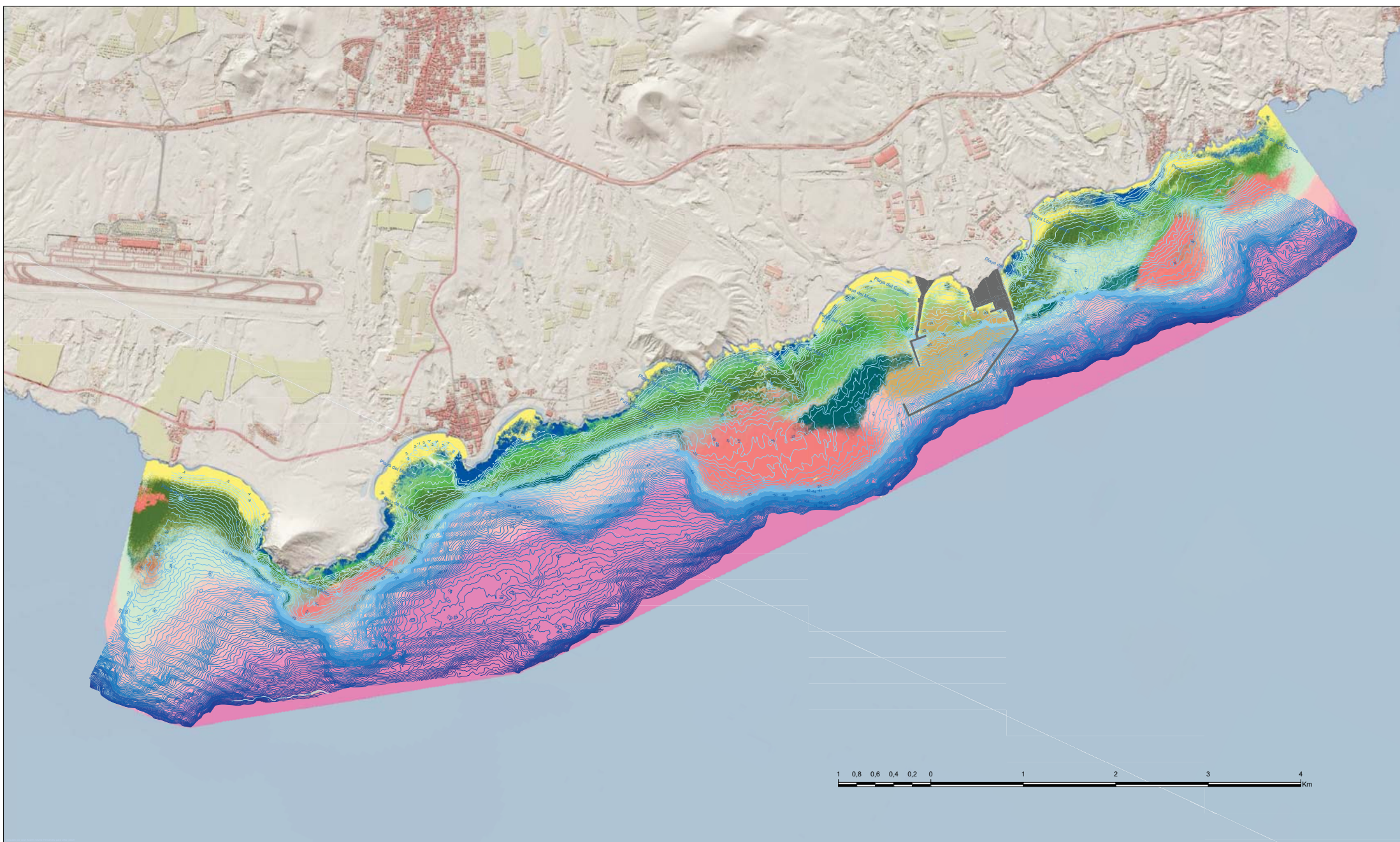


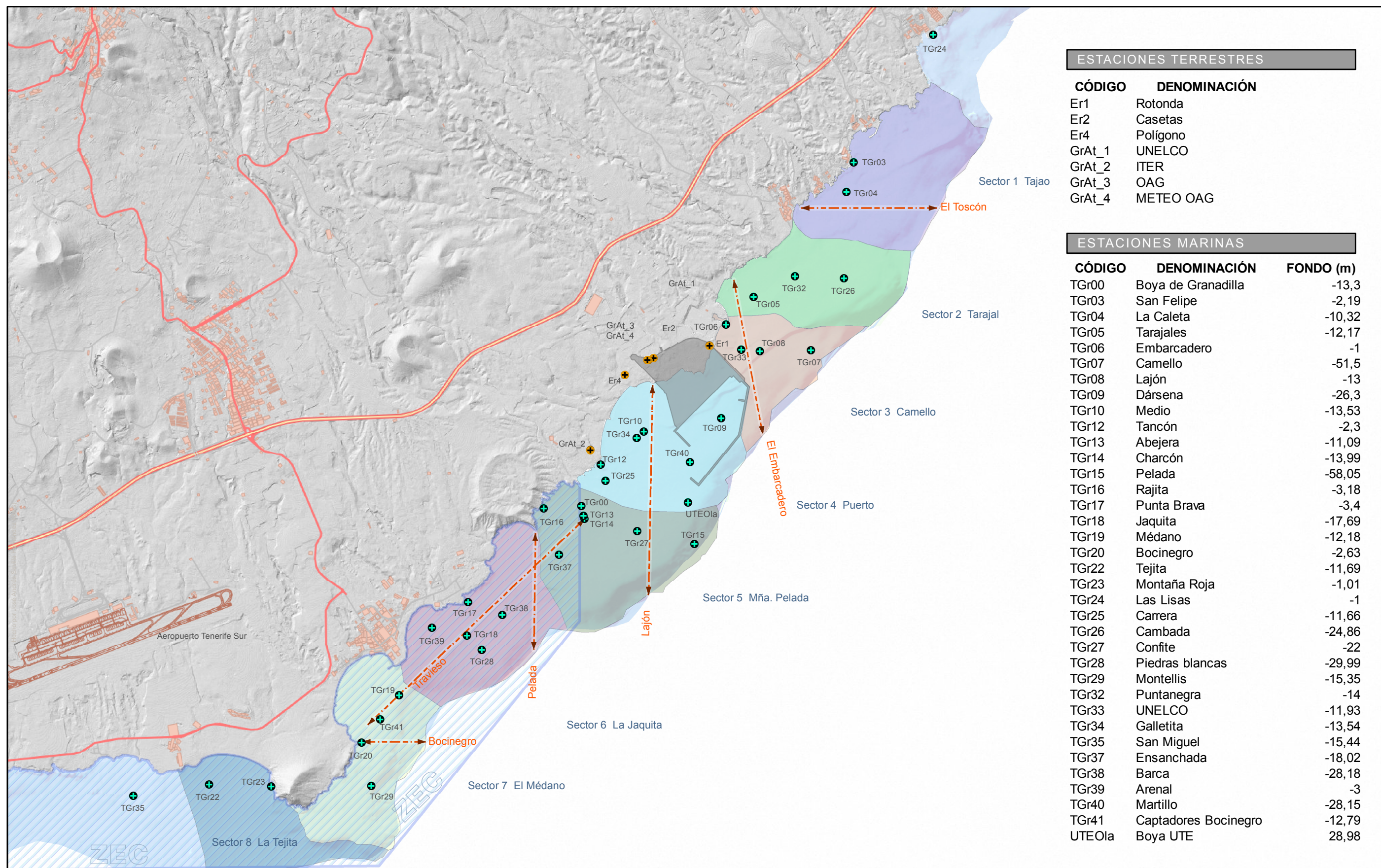
Figura 2: estaciones de muestreo al sur El Cabezo y La Jaquita

Recomendación del OAG

El OAG considera que la operatividad del Avatar se verá incrementada cuando disponga de un punto de atraque dentro del puerto de Granadilla – que es inminente– con lo que mejorarán los tiempos de respuesta ante futuros fenómenos tormentosos, pudiéndose aplicar el mismo método de medición de la turbidez de modo rápido y sin perjuicio de que, calmadas las condiciones atmosféricas– pueda recurrirse al zepelín para estudiar la dispersión de la pluma de turbidez, en caso de mantenerse.

En Santa Cruz de Tenerife, a 15 de marzo de 2018





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