OAG_PVA-Gr.2/2020

SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA

INFORME ANUAL 2019

© OAG
Santa Cruz de Tenerife, octubre 2020

OAG_PVA.Gr_2/2020

SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA

Informe anual 2019

Octubre 2020

SANTA CRUZ DE TENERIFE

Edificio Puerto–Ciudad, oficina 1B - 38001 Santa Cruz de Tenerife.
Teléfono 922 298 700· Fax: 922 298 704. www.oag-fundacion.org

OAG (2020). *Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa. Informe anual 2019.*- S/C de Tenerife: Observatorio Ambiental Granadilla, pp. 193 [no publicado].

© OAG – Octubre 2020

Informe OAG_PVA.Gr_2/2020

Santa Cruz de Tenerife, España.

TABLA DE CONTENIDO

INFORME ANUAL 2019 1

1 INTRODUCCIÓN 4

1.1 Antecedentes 4
1.2 Objeto y alcance del presente informe 5
1.3 Avances e informes previos 6

2 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS 7

2.1 Modificaciones y situación de las obras 7
2.2 Reposición de arenas en la dinámica litoral 9
2.3 Medidas compensatorias 11
2.3.1 A- Establecimiento de una fundación independiente y permanente. 11
2.3.2 B1 - Declaración de un LIC para la piña mar 12
2.3.3 B2 - Declaración de dos nuevos LIC para el hábitat 1110 12
2.3.4 B3 - Seguimiento de la tortuga boba 13
2.3.5 B4 - Restauración del LIC ES7020049 Montaña Roja 15
2.4 Trasplante de seba 15

3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL 16

3.1 Condiciones meteorológicas locales 16
3.2 Vigilancia de las obras 16
3.2.1 Materiales de acopio externos 17
3.2.2 Rellenos de las explanadas portuarias 17
3.2.3 Partículas en suspensión (polvo) 17
3.2.4 Niveles sonoros 18
3.2.5 Mitigación lumínica 21
3.2.6 Dragados 21
3.2.7 Derrame accidental de hidrocarburos 22
3.2.8 Residuos flotantes y basuras 22
3.2.9 Control de la prohibición de la pesca 24
3.2.10 Señales y balizas 24
3.3 Integración paisajística 24
3.3.1 Adecuación cromática 25
3.3.2 Uso de flora local 25
3.3.3 Uso de bolos y callaos 25
3.3.4 Restauración de la zona de obras 26
3.4 Geodinámica litoral 26
3.4.1 Tránsito de arenas por tierra 26
3.4.2 Episodios tormentosos 28
3.4.3 Nivel medio del mar y oleaje 28
3.4.4 Flujo de la corriente 28
3.4.5 Tasa de sedimentación 36
3.4.6 Balance sedimentario 38
3.4.7 Alteraciones batimétricas 45
3.4.8 Basculamiento de las playas 46

3.4.9 Batimetría y perfil de las playas 56
3.5 Calidad del medio marino 67
3.5.1 Parámetros oceanográficos 68
3.5.2 Calidad del agua 78
3.5.3 Contaminación microbiológica 87
3.5.4 Calidad de los sedimentos 88
3.5.5 Evaluación general del medio físico 108
3.6 Biodiversidad marina 110
3.6.1 Comunidades supramareales 112
3.6.2 Comunidades intermareales 115
3.6.3 Comunidades de peces litorales 120
3.6.4 Comunidades bentónicas 123
3.6.5 Infauna 125
3.6.6 Perfiles y cartografía bionómica 131
3.6.7 Mapa bionómico 146
3.6.8 Especies exóticas 156
3.6.9 Efecto arrecife artificial 160
3.6.10 Contaminación en organismos marinos 160
3.6.11 Desarrollo del *maërl* 170
3.6.12 Estado del sebadal 170
3.6.13 Evaluación general del sebadal 182
3.6.14 Evaluación general de la biodiversidad 183
3.6.15 Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116 184

4 RECOMENDACIONES 187

SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA

Informe anual 2019

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), para garantizar que el puerto de Granadilla se construya y gestione de manera respetuosa con el medio ambiente, 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 Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

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.

Desde la finalización de la obra de abrigo, queda perfilado el nuevo esquema de dinámica de las aguas en la costa, punto de inflexión para analizar y monitorizar los impactos asociados. Por todo ello, y a efectos ambientales, el OAG propuso fijar el día 1 de enero de 2017 como la fecha de inicio de la vigilancia ambiental en fase operativa. Los retrasos en las adjudicaciones y comienzo de las obras del muelle de ribera, viarios y rellenos de explanadas, así como la interpretación de la normativa, harán que este plan se prolongue más en el 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. 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 2019 pueden descargarse desde la página web del OAG.

Figura 1. Panorámica general del puerto industrial de Granadilla desde la obra de abrigo (Fuente: Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife)

De cara a la vigilancia ambiental en fase operativa (2017-2021), el OAG ha reformulado un nuevo PVA basado en el redactado por la Autoridad Portuaria en 2005, pero ajustado a los resultados de un análisis sistémico de todo el entorno ecológico de Granadilla (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 2019. 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 2019, de la que se ha venido dando oportuna cuenta mediante la web del OAG.

c) Proponer ajustes al plan de vigilancia en fase operativa en función de los resultados obtenidos durante 2019 y en aras a su mayor eficacia.

d) Proponer medidas adicionales para mitigar o corregir el impacto de las obras pendientes o del funcionamiento del puerto.

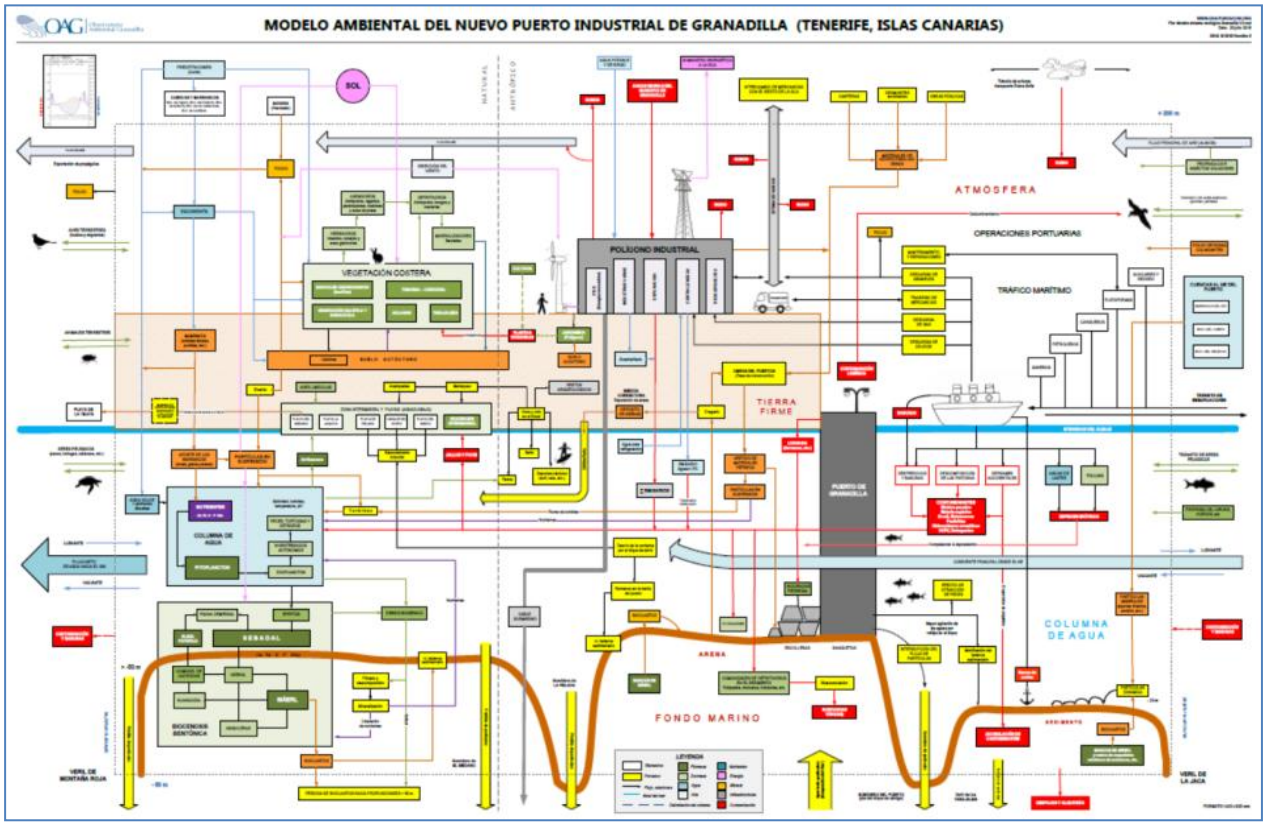


Figura 2. Modelo ambiental del puerto de Granadilla (ver Anexo I en formato A-3)

1.3 Avances e informes previos

Una parte de la información que ahora se expone ha sido presentada, además de en la web del OAG, en informes puntales 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:

Noviembre 2019	Informe sobre la inconveniencia de permitir que en el Puerto de Granadilla se proceda a la limpieza de cascos poblados por especies potencialmente invasoras.
Diciembre 2019	Informe sobre la prueba de arena en Punta Brava de la Cueva del Trigo.
Marzo 2020	Informe estado del sebadal *(Cymodocea nodosa)* en la campaña de invierno de 2019.
Mayo 2020	Informe estado del sebadal *(Cymodocea nodosa)* en la campaña de invierno de 2019.

Mayo 2020 El clima de Granadilla (actualización de informe climático a diciembre de 2019).

A lo largo del ejercicio no hubo que comunicar incidencias.

2 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS

2.1 Modificaciones y situación de las obras

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

Desde principios de año se lleva a cabo la ejecución de la obra "Canalización de pluviales", mediante la cual se desvía el cauce del barranco Tagoro por todo el perímetro norte del puerto, hasta desembocar en la base de la obra de abrigo (Figura 3 y Figura 4).

Figura 3. Parte de la canalización de pluviales perimetral (14 de junio de 2019)

Figura 4. Salida del desvío de pluviales en la base de la obra de abrigo (6 de junio de 2019)

Por su parte, el OAG toma fotos de las obras, como las mostradas en las dos figuras anteriores, exponiéndose algunas en la página web. En 2019 se han incorporado al banco de fotos 6.789 imágenes (tomadas en 236 días diferentes), con lo que el total disponible desde 2008 asciende a 34.844 instantáneas (incluidas también las fotos de la vigilancia y actividades conexas).

Figura 5. Porcentaje de obra realizada a final de año 2019

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.

La explanada del tramo II del muelle de ribera se termina en agosto de 2019. Durante 2020 se comenzarán los trabajos de los viarios básicos de Granadilla, estando también pendiente el

muelle de ribera en los tramos III y IV, a la par que los rellenos de las explanadas que éstos dejarán tras sí.

2.2 Reposición de arenas en la dinámica litoral

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

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

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

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

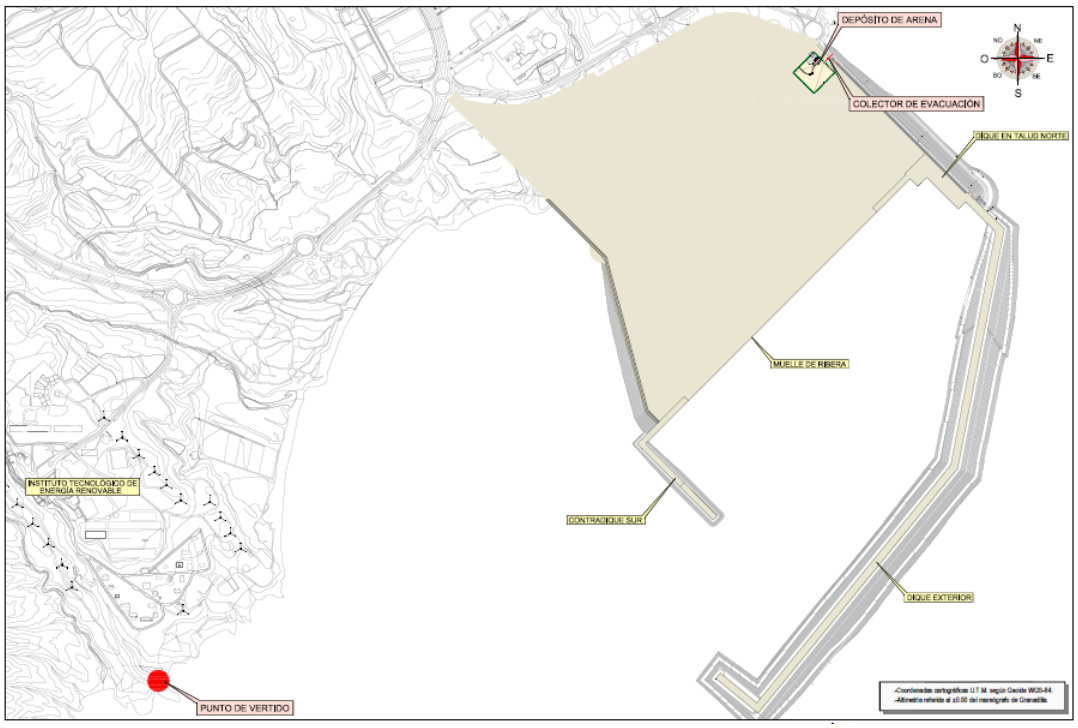


Figura 6. Ubicación del depósito de arena y punto de vertido de la alternativa adoptada

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

Desde mayo de 2016 se encuentra en su ubicación permanente el depósito de arena (6.000 m^3), suficiente para cubrir las necesidades operativas de tres años.

El punto final elegido es el denominado Punta Brava de la Cueva del Trigo, puesto que lo puntos estudiados con anterioridad, referenciados en el informe de 2018, no eran compatibles con las Normas de Conservación del Monumento Natural de Montaña Pelada (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 aun 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.

En noviembre de 2019 se lleva a cabo una prueba de vertido de 8 m^3 de arena, exponiéndose sus resultados en el Anexo I de este informe.

Figura 7. Punta Brava de la Cueva del Trigo

Se mantiene fondeado un perfilador de corriente en la estación La Jaquita (TGr18) para poder comparar con los valores de la estación Boya (TGr00), en la que hay instalado un correntímetro. Estos datos, juntos con las boyas de deriva, permitirán conocer, mejor aún, 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 los últimos informes. Al igual que con el resto del Plan de Vigilancia de Granadilla, la información actualizada sobre ellas puede obtenerse en la página web del OAG. Los códigos que preceden al epígrafe de cada medida corresponden a la numeración con la que aparecen en el dictamen de la Comisión. Las medidas A, B1 y B2 pueden considerarse resueltas, por lo que se incluye aquí una breve sinopsis.

2.3.1 A- Establecimiento de una fundación independiente y permanente.

Desde su creación en 2008, el OAG viene cumpliendo, en completa libertad y sin injerencias de terceras partes en el modo en que desarrolla sus actividades, con los fines para los que fue establecido. Después de doce años de vida, se puede considerar una institución consolidada, más ahora, en la que se han re acotado los fines fundacionales para adaptarlos a la voluntad del fundador. En el epígrafe “Fundación /Transparencia” de la página web del OAG se ha puesto a disposición público toda la información existente sobre el funcionamiento de la Fundación.

2.3.2 B1 - Declaración de un LIC para la piña mar

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

El LIC fue declarado en 2008 y confirmado como zona especial de conservación (ZEC) ES7020120 en diciembre de 2009. La medida fue evaluada por el OAG en 2010, y aunque el requisito se centra solo en la declaración del LIC con carácter previo al inicio de las obras del puerto de Granadilla, el OAG acometió un seguimiento del estado de la ZEC y, particularmente, de los ejemplares de piñamar (*Atractylis preauxiana)* contabilizados. Tras las repetidas incidencias observadas –presencia de basuras, vallas rotas, etc.– en 2012 se realizó una nueva evaluación (OAG_Inf_2012.3) y visto que las circunstancias no mejoraban, en 2013 se abordó un estudio general de la situación (OAG_Inf 2013.1), repetido en 2014 (OAG_Inf_2014.2), con un inventario de 43 plantas.

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

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

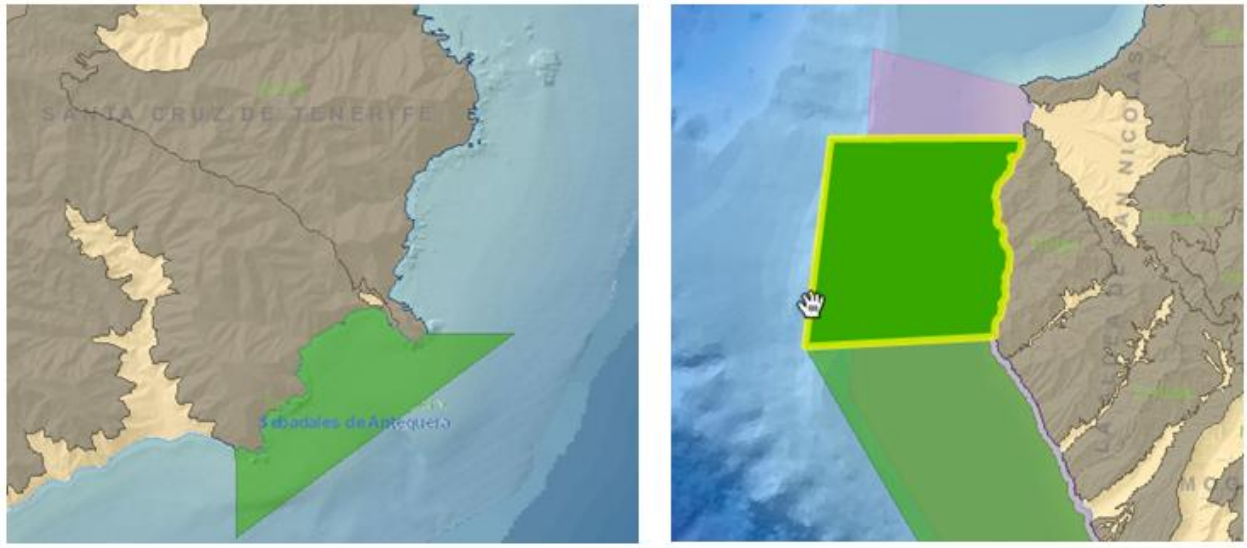


Figura 8. ES7020128 Sebadales de Antequera (izquierda) y ES7011005 Sebadales de Güí-Güí (derecha)

2.3.4 B3 - Seguimiento de la tortuga boba

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

El OAG preparó en 2008 un plan de seguimiento de la tortuga boba y lo ha venido desarrollando desde entonces. En 2013 concluyó la primera evaluación del estado de conservación de la especie en Canarias, correspondiente al periodo 2008-2012, con el resultado de "desfavorable-inadecuado" según los criterios vinculados a la Directiva Hábitats, y "preocupación menor", aplicando los criterios de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). También se descartó en esa misma evaluación que la construcción del nuevo puerto pudiera repercutir negativamente 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. 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. El último realizada corresponde al período 2013-2017[1] y se puede consultar en la web del OAG y sus resultados indican 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, como 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."

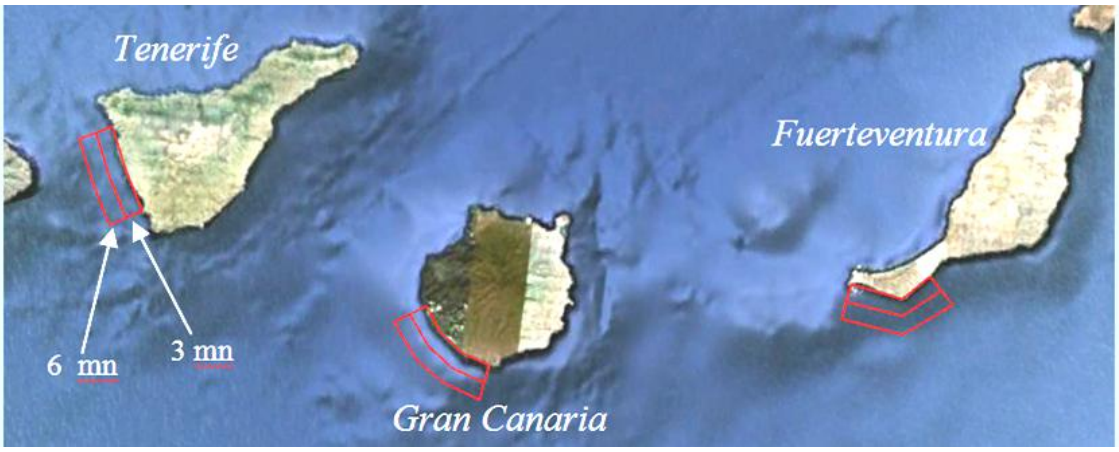


Figura 9. Mapa de las tres áreas de muestreo establecidas en el archipiélago. Se muestran los polígonos creados considerando una distancia desde tierra de 3mn (polígono menor) y 6mn (polígono mayor)

[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 2019 se realizaron en septiembre (Fuerteventura y Gran Canaria) y octubre y noviembre (Tenerife), con avistamientos de 14, 8 y 13 tortugas, respectivamente (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, datos en negrilla).

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

Especie	Campaña 2019					
	Grupos			Ejemplares		
	T	C	F	T	C	F
Balaenopteridae						1
Cachalote						
Calderón gris						
Calderón tropical	11			>5		
Charrán común						7
Delfín común						
Delfín de diente rugoso						
Delfín listado	1	1	1			
Delfín moteado	1	3	10			
Delfín mular	1	3				
Gaviota reidora						
Garceta común					1	
Petrel de Bulwer					1	
Pardela pinocheta	1	7				
Rorcual indeterminado						
Rorcual común						1
Tiburón indeterminado					1	
Tiburón martillo					1	1
Tortuga boba				**13**	**8**	**14**
Zifio de Blainville						
Zifio de Cuvier						1
Zifio indeterminado						

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 alerta 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.

2.3.5 B4 - Restauración del LIC ES7020049 Montaña Roja

Esta medida compensatoria fue verificada y evaluada –la parte ejecutada– por el OAG en 2009, ya que debía iniciarse antes del inicio de las obras. El estado de conservación era favorable y se estimó que la restauración de hábitat de "dunas costeras fijas con vegetación herbácea (código 2130)" fue parcialmente exitosa. En las últimas visitas realizadas (noviembre 2019) no se han apreciado acumulaciones de basura relevantes ni señales de vandalismo que preocupen, a pesar de que esta reserva es bastante popular y recibe muchas visitas a lo largo de todo el año.

La vegetación persiste, dependiendo su evolución (acumulación de fitomasa) fundamentalmente de la pluviometría, que en 2019 ha sido muy baja (4,28 l/m² de precipitación media y un acumulado anual de 51,3 l/m²), con lluvias muy dispersas, sin temporales fuertes, como sí hubo en febrero de 2018.

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. En 2019 continúan las reuniones para llegar a un consenso.

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.

2.4 Trasplante de seba

Una de las medidas compensatorias –aunque condicionada– 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 de que el LIC pueda verse afectada por la construcción del puerto y la posterior explotación del mismo*."

Se concretan dos zonas como alternativas iniciales de replantación: Teno-Rasca, en Tenerife, y la Costa de Sardina del Norte, en Gran Canaria.

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

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

Llegado el caso y de mantenerse la medida compensatoria pese a su dudosa viabilidad, sería preferible ensayar con las técnicas aplicadas en la bahía de Gando, en la isla de Gran Canaria, por el proyecto CYMOLAB (Proyecto piloto de recuperación y repoblación de los sebadales canarios). Los ensayos se realizaron junto a un sebadal existente. Las plántulas germinadas en laboratorio a partir de semilla, son protegidas al plantarlas con malla bien anclada, con rafia, y no se les incorpora fertilizante; así lograron prosperar e incluso algunas desarrollaron rizomas[2]. Nótese que se plantaron próximas a un sebadal existente; es decir, donde las condiciones ecológicas son presumiblemente adecuadas, por lo que se puede considerar más un caso de reforzamiento que de plantación *ex-novo*.

3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL

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

3.1 Condiciones meteorológicas locales

El OAG ha actualizado el informe de meteorología costera de Granadilla, por lo que este punto se desarrolla en el Anexo II de este informe.

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, los viarios y la explanada posterior, cuya vigilancia se mantendrán en los mismos términos que en la fase de obra.

[2] Tuya *et al.* (2017). *Artificial seagrass leaves: a 'shield' to increase the survivorship of seagrass seedlings transplants".* Publicado en Aquatic Botany 136: 31–34.

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 infra-estructuras 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, aunque podrían ser necesarios otros aportes externos, incluyendo material dragado de dentro del mismo puerto. El muelle de ribera y la explanada requieren todavía 4.500.000 m^3 por lo que el OAG seguirá con las mismas verificaciones que durante la fase de obra.

Durante el año 2019 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. Este cierre debe realizarse con material sin pumitas, puesto que puede producir acumulaciones importantes en superficie, al ser material pétreo flotante. Además:

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

En agosto de 2019 concluyeron los rellenos de la explanada del muelle de ribera en su tramo II.

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 2019, 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 de separación de áridos en su seno. Como ya se mencionó en el informe del año pasado, desde mayo de 2018 se decidió parar con las mediciones de polvo al no haber obras en el puerto. Tan pronto sean reanudadas, se pondrán otra vez en activo los captadores para su uso.

Para mitigar el nivel de polvo, las pistas siguen siendo regadas aunque, con el paso de los camiones durante estos años, se ha compactado el suelo y rara vez generan polvo.

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

Los parámetros a medir y los valores de referencia obtenidos del informe de la fase previa del programa de vigilancia ambiental (2007 y 2008) (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de referencia para el ruido. El OAG emplea un sonómetro Cesva SC160 (tipo2)

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

Figura 10. 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. Aunque está acabada gran parte de la obra, pueden haber grandes movimientos de áridos y maquinaria, por lo que se mantiene la periodicidad quincenal, siempre que sea posible. Las estaciones de muestreo se representan en la Figura 10.

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

- Será de 65 db en instalaciones industriales (línea roja horizontal en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**).
- 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 38,33% de las veces el nivel basal de 73,51 db medido en 2019. Los niveles diarios superan el 38,89% (ER1), el 87,04% (ER2) y el 38,89% (ER4) de las veces el límite establecido por la ordenanza municipal para instalaciones industriales en el medio urbano (promedio de 54,94%) (**¡Error! o se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 3. Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto /quincena) en 2018 y 2019

2018 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	66	16	24,24%	3	4,55%	3	4,55%
ER2 – Casetas	66	66	100%	66	100%	65	98,48%
ER4 - Polígono	66	66	100%	61	92,42%	3	4,55%
Promedio 1 min	66	49	74,75%	43,33	65,66%	23,66	35,86
2019 NS máx	**Total de medidas**	**Superan 65 db**	**Proporción**	**Superan 73,51 db**	**Proporción**	**Superan 80 db**	**Proporción**
ER1 – Rotonda	54	36	66,67%	24	44,44%	21	38,89%
ER2 – Casetas	54	49	90,74%	48	88,89%	47	87,04%
ER4 - Polígono	54	52	96,30%	43	79,63%	21	38,89%
Promedio 1 min	54	46	84,57%	38,33	70,99%	29,66	54,94%

Como cabía esperar, el ruido ha crecido en comparación con la situación previa a las obras (valores medios) en la estación ER1 - Rotonda, al haberse incrementado, sobre todo a comienzos de año, los movimientos de maquinaria en la zona.

Figura 11. Medición del ruido diario en 2019 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones ER

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.

3.2.5 Mitigación lumínica

Muchas aves marinas regresan a tierra durante la noche y pueden verse deslumbradas por las luces del recinto portuario. A tal fin, se informa al personal portuario el modo de proceder en caso de encontrar un ave deslumbrada (p.ej. pardela). Todas las luminarias instaladas debían cumplir los siguientes requisitos:

a) Deben estar construidas de modo que toda la luz emitida se proyecte por debajo del plano horizontal tangente al punto más bajo de luminaria.

b) Deben instalarse sin ninguna inclinación.

c) En el alumbrado del viario las únicas lámparas permitidas serán las de vapor de sodio a baja presión.

d) No deben utilizarse lámparas de vapor de mercurio, de vapor de color corregido ni de halogenuros metálicos.

e) Las instalaciones del alumbrado del vial dispondrán, bien de dispositivos para controlar el flujo luminoso o bien de doble lámpara por luminaria, que permitan reducir el flujo luminoso un tercio de lo normal a partir de las doce de la noche, sin detrimento de la uniformidad. Esta reducción no será aplicable cuando la iluminación normal sea inferior a los niveles establecidos para la seguridad vial.

Las lámparas instaladas, de tipo *Clearway* vidrio plano, 4000 K y potencias de 50, 70 y 90W, se integran en la plataforma *City Touch*, que permite su regulación lumínica punto a punto.

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

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. El dragado de los fondos ocupados por el contradique se inició en marzo de 2012 y se prolongó durante 2013. 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 concluyeron en 2017. 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 de 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 2018 no se han llevado a cabo dragados.

3.2.7 Derrame accidental de hidrocarburos

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

a) Comprobar los términos de dicho plan desde al inicio de la explotación del puerto, pudiendo aportar sugerencias.

b) Verificar cada trimestre el buen estado de los medios materiales asignados a estas emergencias: disponibilidad de agentes químicos, de productos absorbentes, de la barreras anticontaminantes en perfecto estado operativo (para el cierre de la bocana, por ejemplo) y el buen funcionamiento de las bombas de extracción.

c) Si los derrames salen de la dársena portuaria o se producen por accidente fuera de ella, el OAG hará un seguimiento de la evolución del derrame y una evaluación de sus consecuencias ecológicas, pudiendo aportar sugerencias para mitigar su impacto.

d) Verificar que los residuos eventualmente recogidos después de un derrame, son trasladados a la refinería de CEPSA de Santa Cruz de Tenerife, u otra empresa que esté autorizada para la recepción y tratamiento de este tipo de residuos.

El mencionado Plan Interior Marítimo fue redactado por la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife y remitido a la Capitanía Marítima provincial, que solicita algunas modificaciones, que a la fecha de redacción de este informe (octubre de 2020) están por concluir.

Actualmente no repostan buques en Granadilla.

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:

a) Comprobará semanalmente y de modo no regular, la eventual presencia de residuos flotantes y las labores de inspección y limpieza.

b) Verificará que los residuos sólidos son debidamente tratados por gestor autorizado.

c) Realizará un inventario trimestral de basuras en la colindante playa del Medio adaptando los protocolos OSPAR a las condiciones de la playa.

En 2019 no se dispone de la embarcación de limpieza necesaria. En 4 de las 52 semanas del año se observan distintos tipos de basuras flotando. Se informa a la Autoridad Portuaria y se da reporte en la web.

Por cuestiones de operatividad, los muestreos de basura en la playa colindante sólo se llevaron a cabo en el segundo cuatrimestre 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 4 recoge los resultados para este año 2019. Al ser una playa visitada por campistas y bañistas que no limpia el Ayuntamiento ni ningún otro organismo público, es normal encontrar más basura finalizada la época estival (Figura 12).

Tabla 4. Tipos de basuras recogidos en 2019

Tipo de basura	Total anual
1.- Plástico/poliestireno	7
2.- Goma	0
3.- Ropa-textil	2
4.- Papel/cartón	4
5.- Madera	1
6.- Metal	0
7.- Vidrio	0
8.- Cerámica	0
9.- Residuos higiénico-sanitarios	1
10.- Residuos médicos	0
11.- Heces	0
12.- Piezas de parafina	0

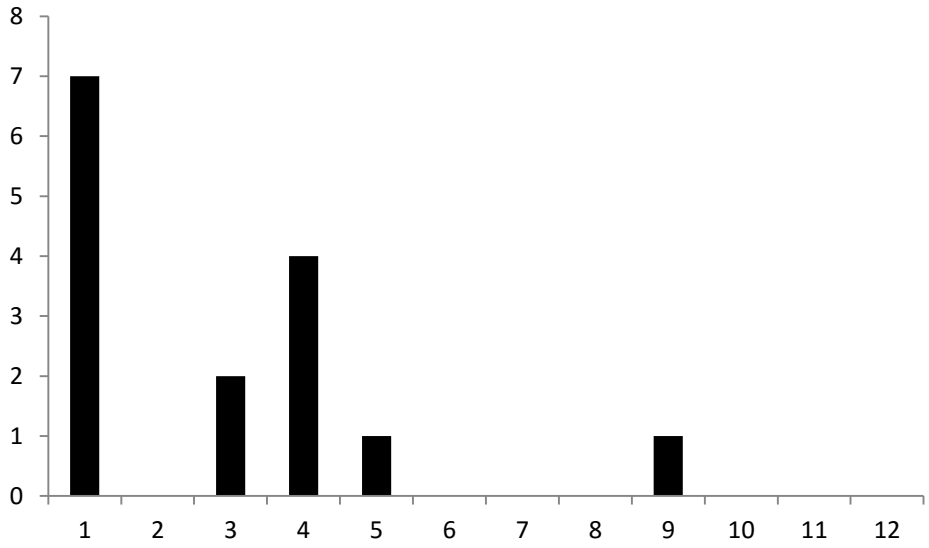


Figura 12. Gráfico de cantidad (número de unidades) de basuras recogidas en la playa de El Medio en 2019. Tipos de basuras: plástico/poliestireno (1), goma (2), ropa-textil (3), papel/cartón (4), madera (5), metal (6), vidrio (7), cerámica (8), residuos higiénico-sanitarios (9), residuos médicos (10), heces (11) y piezas de parafina o cera (12)

3.2.9 Control de la prohibición de la pesca

La DIA ha valorado como impacto ambiental positivo del puerto el llamado "efecto arrecife artificial", que refleja el desarrollo de nuevas biocenosis sobre el sustrato rígido que suponen las escolleras y muros del puerto. Estas biocenosis pueden verse alteradas por la proliferación de erizos, con riesgo de desarrollarse como un blanquizal, por lo que se ha determinado la prohibición de pesca para evitar la captura de especies depredadoras de erizos. También es conocido el incremento de especies pelágicas que se produce alrededor de las infraestructuras portuarias. El OAG verifica semanalmente la presencia eventual de pescadores dentro de las instalaciones portuarias. Durante todo el 2019 no se observó ningún pescador deportivo dentro de las instalaciones.

3.2.10 Señales y balizas

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

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, ocres, 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 2019 no se ha construido ninguna nave ni edificio. De manera provisional, se han dispuesto unas oficinas móviles en la base de la obra de abrigo para las dependencias de la policía portuaria.

3.3.2 Uso de flora local

Las especies de flora nativa que se recogieron al comienzo de los trabajos de desbroce de la zona portuaria, fueron llevadas al vivero del Cabildo Insular de Tenerife, ubicado en el Municipio de Fasnia. Luego, las plantas que sobrevivieron al trasplante (aprox. la mitad) han sido empleadas en jardinería en diversos puntos de la isla hasta agotarse. Ello no obsta para que se procure emplear flora autóctona en las zonas verdes y los viarios del puerto, que podría proceder, por ejemplo, de los desmontes del vecino polígono industrial. En 2019 aún no están ejecutados viarios ni 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 uso se verificará cuando se empiecen a construir rotondas o terraplenes donde puedan ser reutilizados. El sobrante de bolos y callaos deberá servir para poner en valor el recurso estético y geológico, bien empleándolo en restauración o mejora de playas homólogas, o en integración paisajística costera, evitando en todo caso su enterramiento o machaqueo. Se comprobará quincenalmente su ubicación (Figura 13) y volumen, y se verificará finalmente su destino y uso.

Figura 13. Acopio de callaos en su ubicación actual

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.). Concluido el dique exterior, es cuando se conformó el nuevo esquema de la dinámica litoral. La modificación de la dinámica litoral es la consecuencia más importante del nuevo puerto, al margen de que su relevancia sea mayor o menor según la capacidad de resiliencia del sistema ecológico costero, y de los intereses de la sociedad.

3.4.1 Tránsito de arenas por tierra

El Plan de Vigilancia Ambiental del puerto de Granadilla original (PVA, 2007) contempló la posibilidad de que la playa de La Tejita y el campo de dunas de la zona se vieran mermados por una disminución del flujo de arenas procedentes por vía eólica desde la playa del Médano, como consecuencia de las obras del nuevo puerto. Las campañas de seguimiento del campo de dunas realizadas en fase previa (2005-2008) concluyeron que dicho campo está detenido debido a la vegetación y obstáculos existentes así como al efecto pantalla de las edificaciones de El Médano, considerando exigua la cantidad de arena transportable. El transporte real estimado rondaba entre 1.250 y 4.000 m³ anuales, muy inferior al transporte potencial calculado (4.000 - 21.500 m³ año). Ver Figura 14.

Figura 14. Franja de transporte eólico de arenas desde la bahía de

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 el dique de abrigo del puerto, momento a partir del cual podría producirse cambios en dinámica litoral de la arena. Los resultados obtenidos (el estudio completo se puede consultar en el Anexo correspondiente del informe anual de 2017. OAG_OVA.Gr_9/2018) muestran un flujo heterogéneo a lo largo de la franja de transporte, atribuido a los accidentes que existen en la fuente de arena. Las coladas de lava piroclástica que alcanzan la playa de Leocadio Machado encauzan la arena por las dos o tres barranqueras que lo interrumpen. Así se explica que en algunos tramos del Llano de Rojas el transporte es prácticamente nulo y no porque falte capacidad potencial de transporte.

Para 2019, se calcula tanto el flujo por separado del año 2019, como el acumulado de los años 2017, 2018 y el propio 2019. La Tabla 5 resume los datos obtenidos en los tres años.

Tabla 5. Datos obtenidos con cálculos para los años 2017, 2018 y 2019 y el acumulado

Año	Flujo anual en toda la franja (Tm/m^3)	Flujo anual que se dirige a Tejita (82,4%)(Tm/m^3)	Tasa por hora (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
2019	10.536 / 7.348	8.871 / 6.186	1.85	
Acumulado (2017 + 2018)	*3.716 / 2.592*	*3.129 / 2.182*	*489*	*0,1*
Acumulado (2017+2018+2019)	*3.985 / 2.779*	*3.355 / 2.340*	*524*	

El flujo anual en 2019 de arena en toda la franja se ha estimado en 10.536 Tm o 7.348 m³, de los cuales, el 84,2%, es decir, 8.871,2 Tm o 6.186 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 1.385 gr/m/h. Para estos cálculos se ha usado una densidad de arena de 1,43 g/cm^3 (media de cinco muestras tomadas en la zona). Si comparamos los datos del 2019 con 2017 y 2018 se observan datos fluctuantes por lo que es necesario la toma de más medidas para poder conseguir estabilidad muestral. Se seguirán tomando pesadas de arenas de las trampas para poder obtener datos con mayor fiabilidad.

3.4.2 Episodios tormentosos

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

Durante 2019 ha habido muy pocas precipitaciones, no existiendo ningún episodio tormentoso de consideración. El año ha sido bastante seco, aunque problemas con el pluviómetro propio no han permitido obtener un dato fiable para este año. En el informe de clima anexo pueden consultarse los datos más próximos.

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 boya 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 aún no ha sido instalado, y no vemos motivo para que se demore más la instalación.

En la actualidad, Puertos del Estado suministra en su página web (www.puertos.es) información relativa a la estación "mareógrafo de Granadilla". El mareógrafo que había en Granadilla no se ha reparado o sustituido y se extrapolan los datos del mareógrafo de Los Cristianos. Dicha información está disponible desde el año 2013 hasta la actualidad. En el anexo sobre el clima de Granadilla se desarrolla este punto con más profundidad.

3.4.4 Flujo de la corriente

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

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

En la página web del OAG se muestran los datos de la corriente obtenidos en la boya oceanográfica-meteorológica instalada frente a Montaña Pelada y próxima al límite norte de la ZEC Sebadales del Sur de Tenerife A partir de finales de febrero de 2018 el OAG ha adoptado un sistema de envío de datos de la boya a tiempo real por lo que se han minimizado los posibles errores de comunicación.

Por otra parte, 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 (Anexo III).

En enero de 2017 se encargó al I. H. de Cantabria un nuevo modelado histórico de la corriente en las nueve estaciones de muestreo de seba a fin de correlacionar intensidad y dirección en cada estación con parámetros fisiológicos y de desarrollo de la planta (Apartado 3.6.12). Esta investigación se desarrolla como tesis doctoral en el seno del OAG desde el curso 2016/2017.

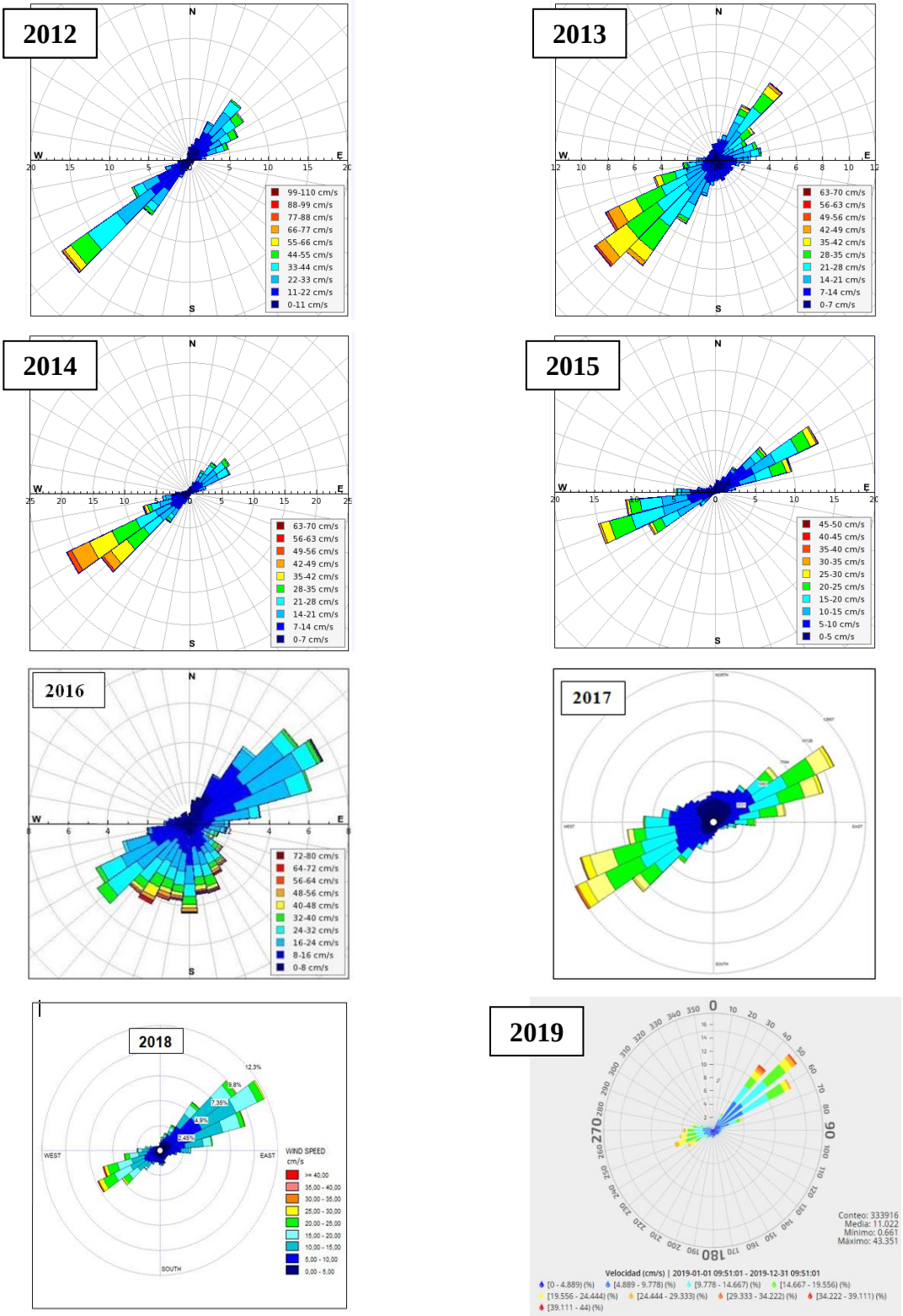


Figura 15. Rosa anual de corrientes en la boya de Granadilla. La rosa de corrientes de 2019 se presenta en otro formato por adaptación del software de salida del gráfico en tiempo real.

La rosa de corrientes anual de 2014 (que reflejamos en la Figura 15) 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 el conjunto de datos no es tan amplio debido a la falta de registros durante seis meses del 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 15).

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 6).

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 6). 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 registrados.

En 2019 se continúa la tendencia del 2018 de predominio de la dirección NE. Debido a que los datos los obtenemos a tiempo real y la emisión de la rosa de corriente es generada de forma automática por *redmic* (https://redmic.es/viewer/real-time) se observa un formato distinto en la rosa. En 2019 hubieron tres periodos de tiempo que no se pudieron recoger datos, dichos periodos son del 01/01/19 al 01/02/19 (31 días), del 13/07/19 al 12/11/19 (122 días) y del 26/11/19 al 02/12/19 (6 días). Un total de 159 días perdidos (44 de los datos del año). Así mismo, se debe tener en cuenta la pérdida de datos del periodo de verano que es cuando los alisios predominantes (NE) soplan con mayor intensidad. Lo anteriormente comentado debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los datos reflejados en la Tabla 6.

Tabla 6. Media de la velocidad de la corriente según cuadrante y la residual ponderada, medida en la boya de Granadilla en el periodo 2016 – 2019.

Dirección		Cuadrante	Frecuencia	Velocidad media	Media 2019
Llenante	N	337,5º a 22,5º	5,28 %	3,77 cm/s	9,47 59,6%
	NE	22,5º a 67,5º	44,46 %	10,67 cm/s	
	E	67,5º a 112,5º	8,10 %	7,76 cm/s	
	SE	112,5º a 157,5º	1,71 %	3,74 cm/s	
Vaciante	S	157,5º a 202,5º	2,67%	4,50 cm/s	11,39 40,4%
	SW	202,5º a 247,5º	13,36%	13,47 cm/s	
	W	247,5º a 292,5º	19,42 %	12,49 cm/s	
	NW	292,5º a 337,5º	5,02 %	5,24 cm/s	
Dirección		Cuadrante	Frecuencia	Velocidad media	Media 2018
Llenante	N	337,5º a 22,5º	4,4%	6,60 cm/s	9,82 cm/s 60,3%
	NE	22,5º a 67,5º	33,93%	11,09 cm/s	
	E	67,5º a 112,5º	17,45%	9,47 cm/s	
	SE	112,5º a 157,5º	4,57%	4,75 cm/s	
Vaciante	S	157,5º a 202,5º	5,99%	6,01 cm/s	11,18 cm/s 39,7%
	SW	202,5º a 247,5º	18,31%	13,32 cm/s	
	W	247,5º a 292,5º	12,59%	11,97 cm/s	
	NW	292,5º a 337,5º	2,80%	4,67 cm/s	
Dirección		**Cuadrante**	**Frecuencia**	**Velocidad media**	**Media 2017**
Llenante	N	337,5º a 22,5º	0,1%	4,24 cm/s	10,14 cm/s 53,4%
	NE	22,5º a 67,5º	24,24%	12,17 cm/s	
	E	67,5º a 112,5º	20,82%	10,15 cm/s	
	SE	112,5º a 157,5º	8,23%	4,16 cm/s	
Vaciante	S	157,5º a 202,5º	8,27%	3,88 cm/s	8,96 cm/s 46,6%
	SW	202,5º a 247,5º	21,22%	9,95 cm/s	
	W	247,5º a 292,5º	14,23%	11,25 cm/s	
	NW	292,5º a 337,5º	2,90%	5,01 cm/s	
Dirección		**Cuadrante**	**Frecuencia**	**Velocidad media**	**Media 2016**
Llenante	N	337,5º a 22,5º	3,40%	5,79 cm/s	16,38 cm/s 49,7%
	NE	22,5º a 67,5º	21,67%	14,90 cm/s	
	E	67,5º a 112,5º	12,87%	16,85 cm/s	
	SE	112,5º a 157,5º	11,71%	21,69 cm/s	
[illegible]	S	157,5º a 202,5º	19,45%	22,71 cm/s	20,31 cm/s

	SW	202,5º a 247,5º	21,97%	22,78 cm/s	50,3%
	W	247,5º a 292,5º	6,74%	10,15 cm/s	
	NW	292,5º a 337,5º	2,19%	5,44 cm/s	

Tabla 7. Evolución de la corriente residual en la boya de Granadilla

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Velocidad de la corriente en cm/s	3,37	2,08	5,72	11,03	1,89	7,81	1,29	0,92	1,94
Rumbo de la corriente	328,1	233,93	225	240,94	286,56	196,05	280,20	287,04	350,82
Velocidad cm/s con rumbo 270º	2,52	2,05	5,72	10,60	0,90	6,84	0,74	0,35	-1,13
Desplazamiento diario hacia SW (m)	2.169	1.771	4.942	9.530	778	5.909	639,36	305,66	978,78
Días muestreados del año*	232	270	201	240	364	139	120	315	162

En el informe anual del 2018, se arrastró un error en el dato de velocidad de corriente residual, así como en el desplazamiento diario hacia el SW. La Tabla 7 muestra los datos ya corregidos. La evolución anual en 2018 (último año del que hay datos) 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.

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. Aparte de las sueltas realizadas en el primer semestre de 2017 comentadas en el informe anual de ese año (pág. 47), 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 dicho estudio falta realizar otra suelta con marea llenante, que no ha podido realizarse hasta la fecha.

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 16. Aspecto de la boya de deriva

Perfiladores de corriente

Para obtener series temporales de corrientes a varias profundidades, el OAG ha instalado dos perfiladores acústicos tipo *doppler*, modelo ADP 500 KHz de la casa *SonTek*, capaces de medir parámetros de la corriente en toda la columna de agua y de forma simultánea (Figura 17. Perfilador SonTex ADP 500 Khz fondeado).

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

Figura 17. 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 31 de diciembre de 2019 se ha virado el perfilador 4 veces: 31/01/18, 02/08/18, 11/01/19 y 05/09/19. El resumen de los datos correspondientes a estos periodos se recoge en el Anexo III.

Resumen del anexo III

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 31/01/18. Número de perfiles = 6.691.
Periodo 2 desde el 31/01/18 hasta el 02/08/18. Número de perfiles = 8.766.
Periodo 3 desde el 02/08/18 hasta el 11/01/19. Número de perfiles = 7.729
Periodo 4 desde el 11/01/19 hasta el 05/09/19. Número de perfiles = 11.364.
Número total de perfiles Se obtuvieron 34.550 perfiles por capa.

A partir de agosto de 2018, coincidiendo con el virado del tercer periodo se observa una ligera variación constante en todas las componentes obtenidas en dirección S, es decir, respecto a los meses anteriores (virado 1 y 2), se observa un decremento de aproximadamente 30º en todas las componentes. Actualmente, tras virar el ADP (virado 5) y cambiarlo por otro de iguales características se está en proceso del análisis de dicha variación. El análisis de los datos del virado 5 junto con los datos del virado 6 dará una respuesta a dicha variación. En los posteriores informes de actualización de los datos de corrientes se expondrán los motivos y en el caso de ser necesarias se realizarán correcciones.

Si se observan las tablas 6 a 10, siguiendo el criterio comentado en el punto anterior, se pueden dividir los datos en dos grupos, los de los periodos 1 y 2 y el resto. En el primer grupo predominan las direcciones SW-WSW, mientras que en el segundo se observa el ligero giro antes comentado hacia el sur, mostrando componentes predominantes de S-SSW. El análisis de toda la serie temporal arroja un predominio de direcciones S y SSW, que podría deberse al número de días de muestreo: 399 días en los periodos 3 y 4, y 323 días en el 1 y el 2.

En cuanto a los datos unificados, se obtiene que la dirección predominante en la capa superficial es la SSW (18%) y WSW (17%), en la capa intermedia es la dirección S (18%) y N (17%) y en la capa profunda S (20%) y SW (18%); 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 80% de los casos están concentrados en las velocidades 0-24 cm/s, así mismo para la celda intermedia (c6) un 74 % estaría en este rango, mismo porcentaje que para la celda profunda (c1), un 74%.

Las velocidades máximas obtenidas en las distintas capas fueron: capa superficial (69,0 cm/s), capa intermedia (78,9 cm/s) y en capa profunda (80,8 cm/s). Las velocidades medias observadas en la estación varían entre 14.99 cm/s en el fondo y 18,51 cm/s en superficie.

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 18. Evolución temporal de la tasa de sedimentación mineral en la costa de Granadilla (2011-2019)). 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/m^2/día, aunque su variación es amplia (17,9 – 178,2 gr/m^2/día).

- En general, la tasa de sedimentación en 2019 ha disminuido respecto a no sólo el año 2018 que supuso un aumento respecto a la tendencia de años anteriores, si no al resto de años desde el 2013 que se vienen realizando mediciones.
- La tasa de sedimentación media en el primer trimestre es 14,8 gr/m^2/día, en el segundo 17,4 gr/m^2/día y en el tercero 34,1 gr/m^2/día.
- El año 2015 continúa siendo el año con los mayores registros. Desde entonces, los valores anuales han ido descendiendo, hasta el 2018, donde vuelven a incrementarse. En 2019 vuelve a registrarse un descenso.
- La tasa promedio anual de sedimentación de todas las estaciones en 2019 es de 22,1 gr/m^2/día, aproximadamente la tercera parte del valor obtenido para 2018 (65,1 gr/m^2/día).
- El valor máximo del año se registró en la estación TGr05 Tarajales (41 gr/m^2/día) y el menor en la TGr14 Charcón (13 gr/m^2/día).

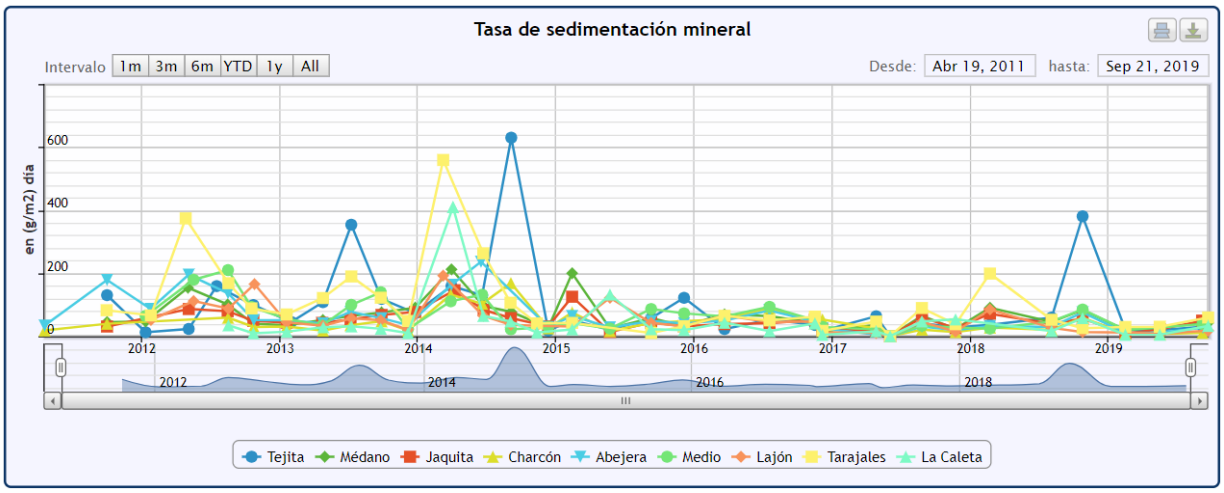


Figura 18. Evolución temporal de la tasa de sedimentación mineral en la costa de Granadilla (2011-2019)

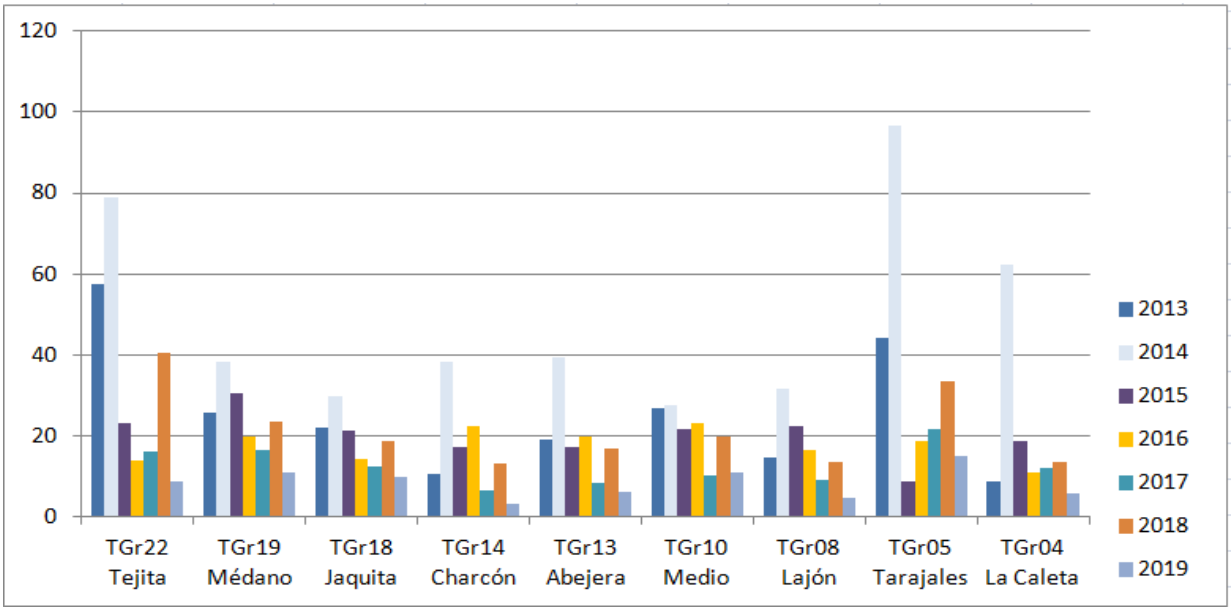


Figura 19. Variación espacial de la sedimentación anual (kg/m²) de material mineral en la costa de Granadilla a lo largo del periodo de 2013 a 2019

El promedio de la proporción de materiales volátiles de todas las estaciones muestreadas suele ser bastante constante y fluctúa entre 3 y 6%. En 2019 los promedios de dos de los tres cuatrimestres se encuentran de ese rango. En el primer cuatrimestre se registró una media de un 8% de materia volátil. Únicamente cabe destacar los promedios obtenidos superiores a 10% en la estación TGr04-primer cuatrimestre (11,8%), TGr19-primer cuatrimestre (14,6%) y TGr04-segundo cuatrimestre (10,9%).

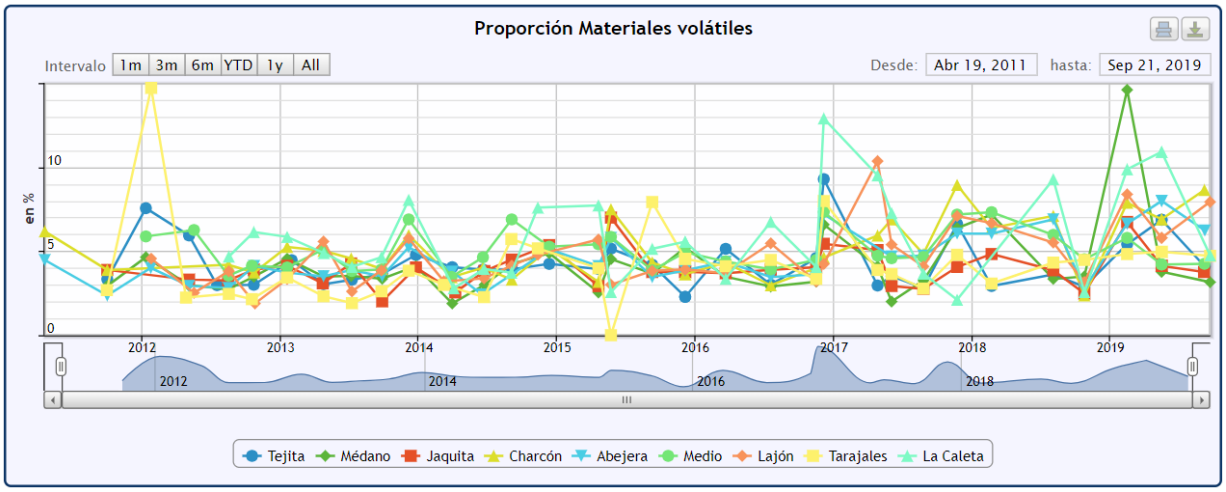


Figura 20. Evolución del contenido en materiales volátiles en el sedimento capturado (2013-2019)

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. El modelo inicial de estaca hecho con hierro y marcas cada 10 cm duraba poco en el mar, así que se sustituyeron las estacas por un modelo de acero inoxidable y con marcas cada 5 cm (Figura 21. Estaca pentametrada y pizarra indicadora del número de estaca para la toma de foto).

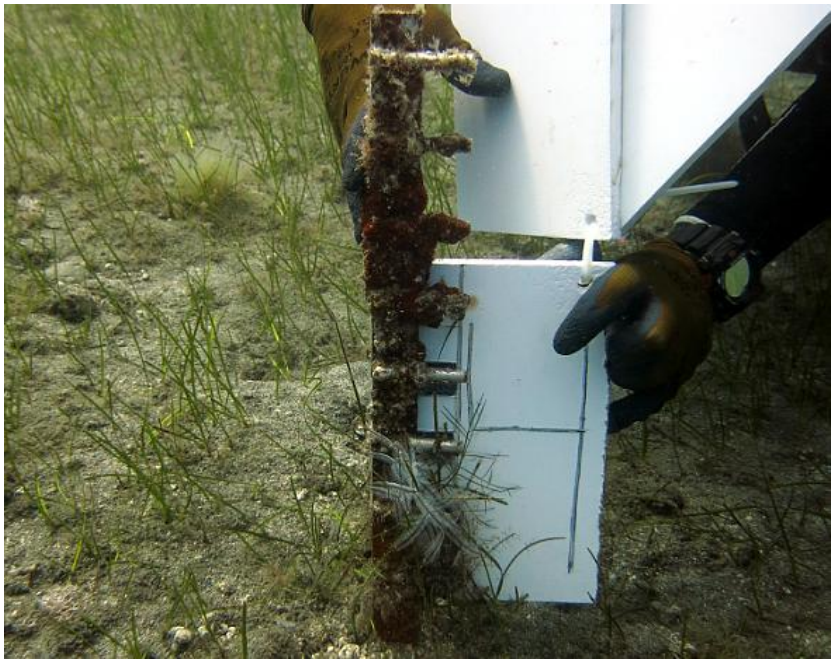


Figura 21. Estaca pentametrada y pizarra indicadora del número de estaca para la toma de foto

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 8 se muestran las estaciones y las 5 estacas de las que se compone cada una, con indicación de si existen sedimentación, erosión o si permanece estable. En él, puede apreciarse el comportamiento irregular comentado. Hasta 2019, parece haber una ligera tendencia 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 8. Estacas de 0 a 4 en cada una de las estaciones de control.
Verde = ganancia, rosa = pérdida, amarillo = cambio no significativo

Año 2018	0	1	2	3	4
TGr32					
TGr05					
TGr08					
TGr33					
TGr34					
TGr13					
TGr37					
TGr38					
TGr20					
TGr22					
Año 2019	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
TGr32					
TGr05					
TGr08					
TGr33					
TGr34					
TGr13					
TGr37					
TGr38					
TGr20					
TGr22					

En la Figura 22. Estaciones con estacas graduadas para el seguimiento de variaciones del fondo.
Acumulaciones (azul) y pérdidas de sedimento (rojo) previstas según la diferencia media anual de la tasa de transporte ($m^3/s/m$) (IH Cantabria, 2011) se muestra su ubicación 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.

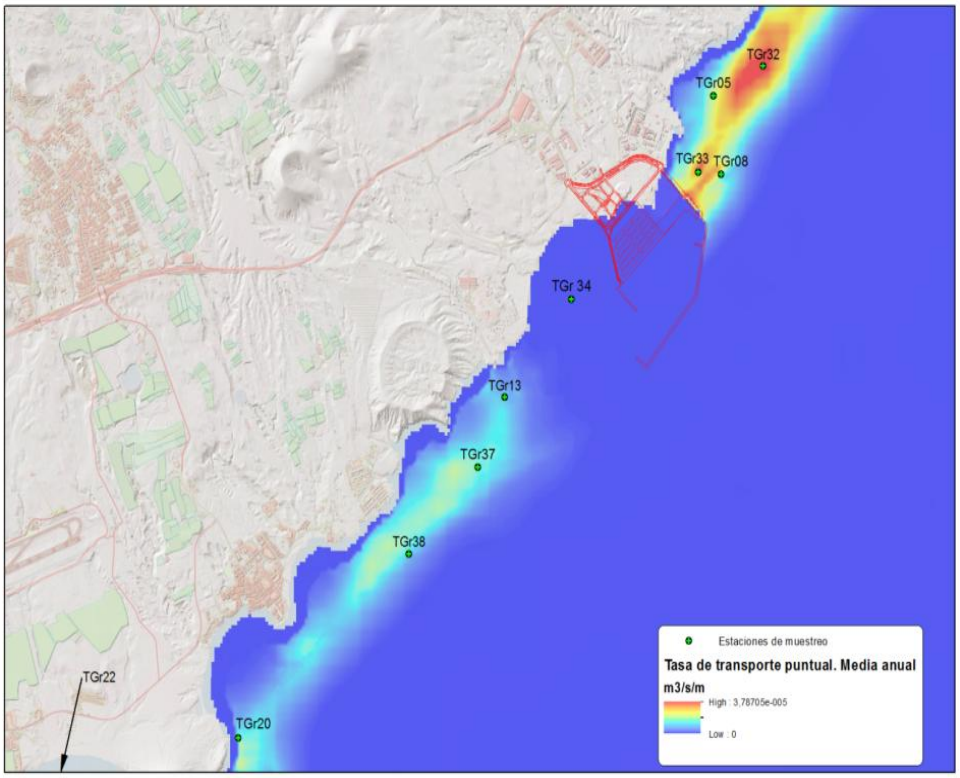
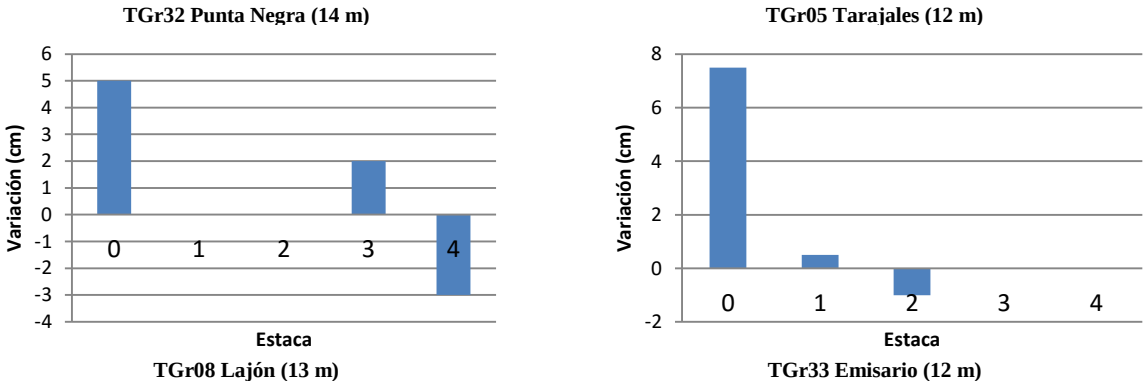


Figura 22. Estaciones con estacas graduadas para el seguimiento de variaciones del fondo. Acumulaciones (azul) y pérdidas de sedimento (rojo) previstas según la diferencia media anual de la tasa de transporte ($m^3/s/m$) (IH Cantabria, 2011)



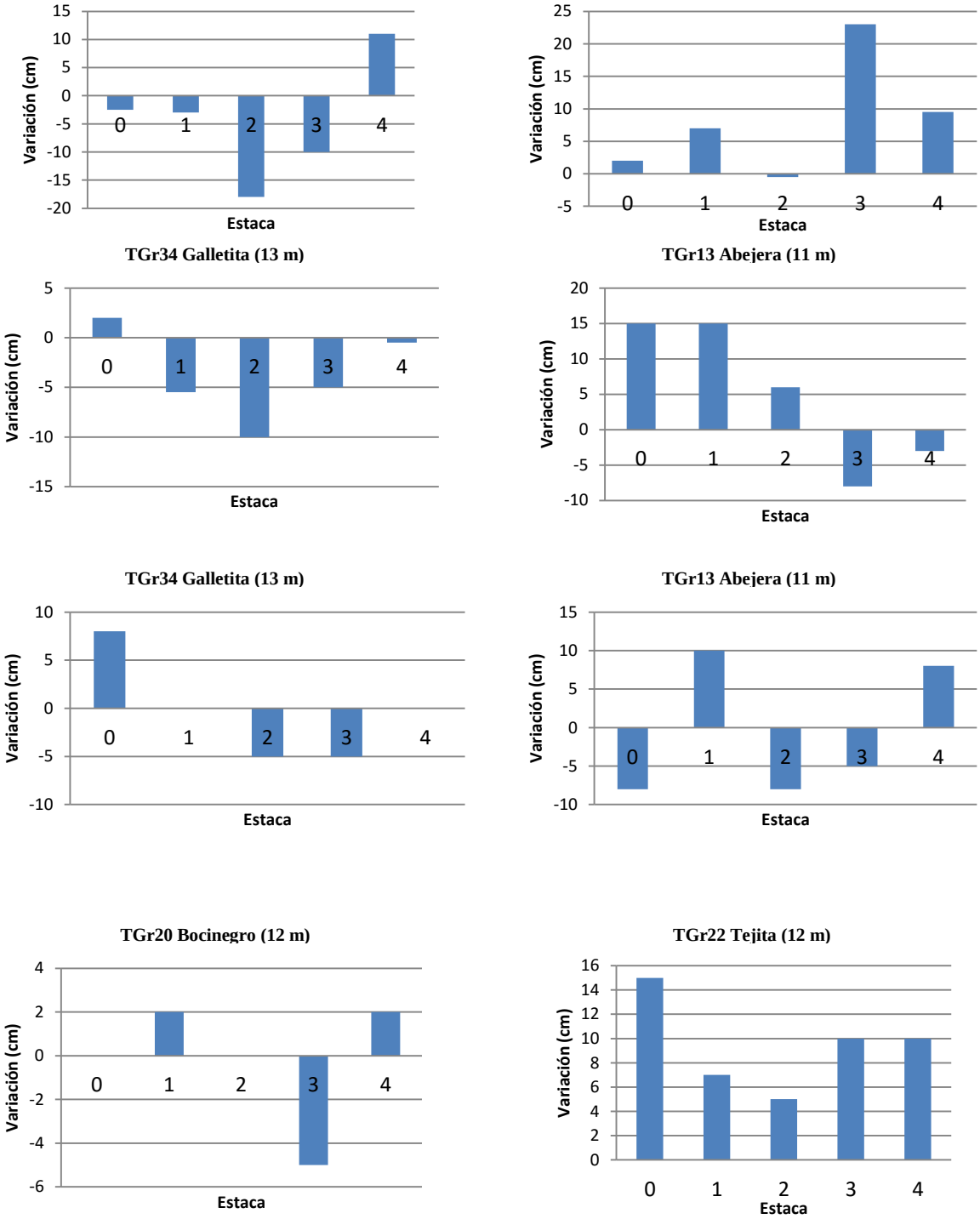
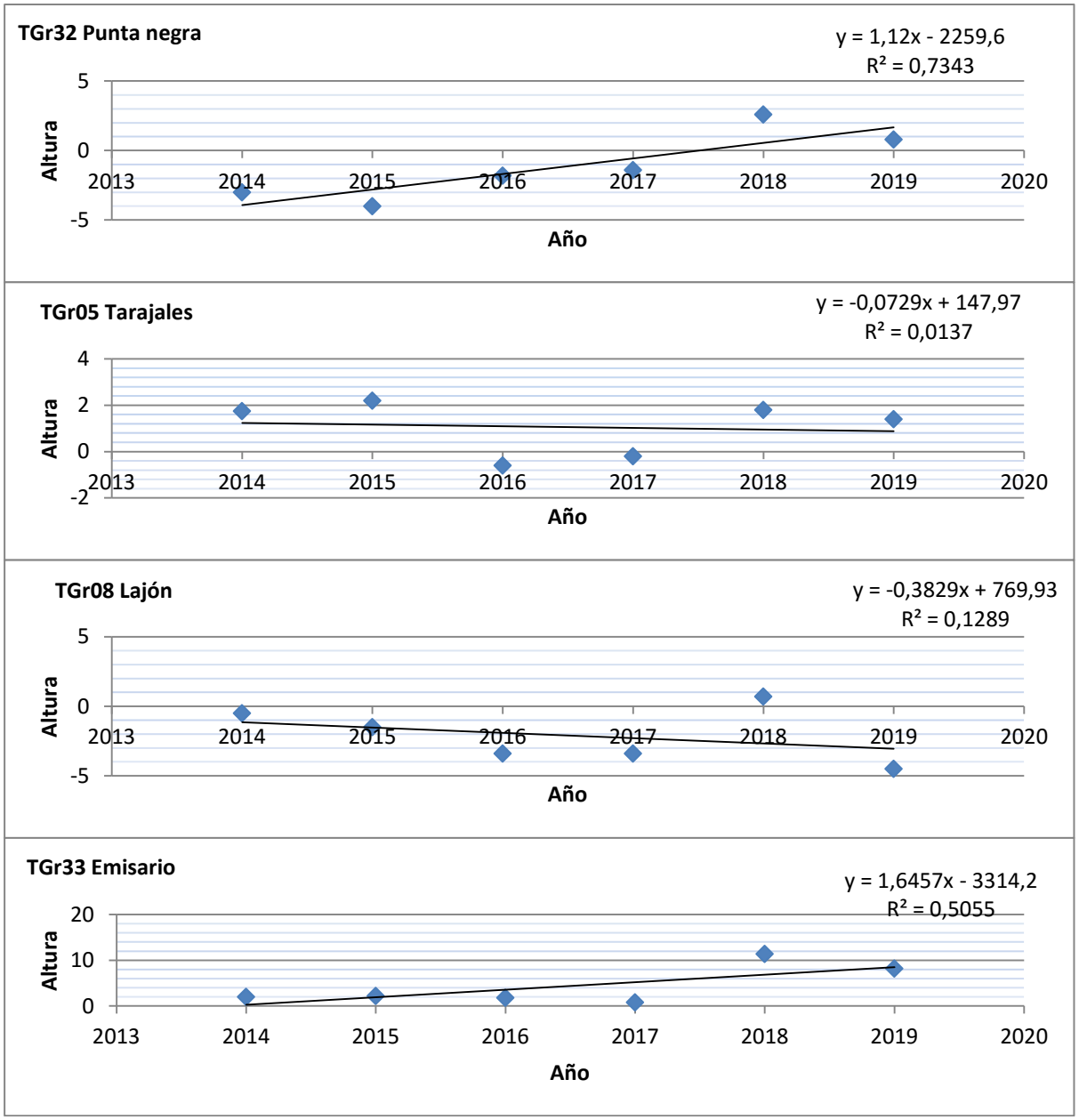
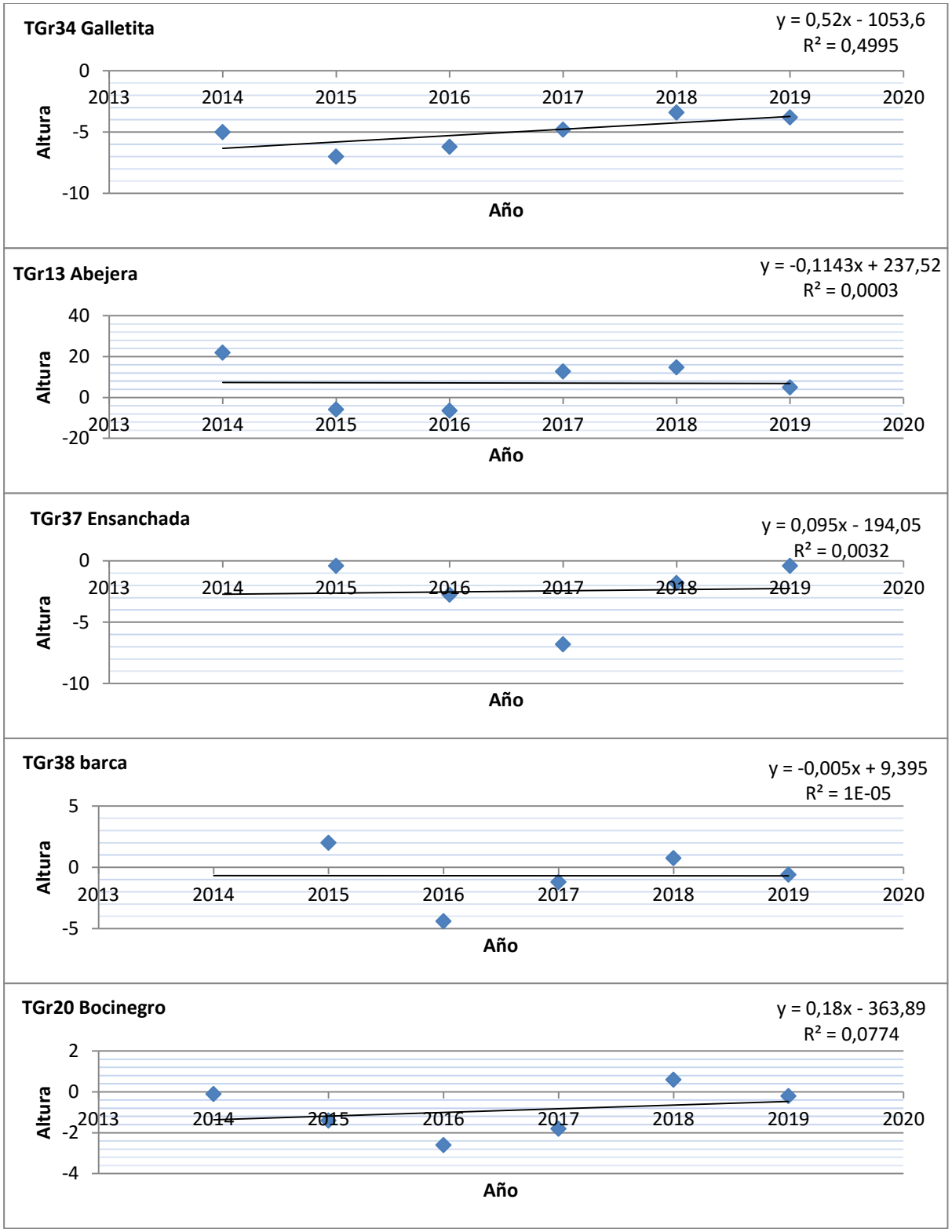


Figura 23. Variación media total por estacas (cm).
Cinco estacas por estación (eje horizontal)

Para representar de forma más clara lo que ocurre en la zona, se muestra la tendencia que sigue cada una de las estaciones), teniendo en cuenta que se dispone de datos desde 2012 (en el mejor

de los casos), con un total de 7 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 24)




TGr34 Galletita
y = 0,52x - 1053,6
R² = 0,4995
Altura
Año
TGr13 Abejera
y = -0,1143x + 237,52
R² = 0,0003
Altura
Año
TGr37 Ensanchada
y = 0,095x - 194,05
R² = 0,0032
Altura
Año
TGr38 barca
y = -0,005x + 9,395
R² = 1E-05
Altura
Año
TGr20 Bocinegro
y = 0,18x - 363,89
R² = 0,0774
Altura
Año

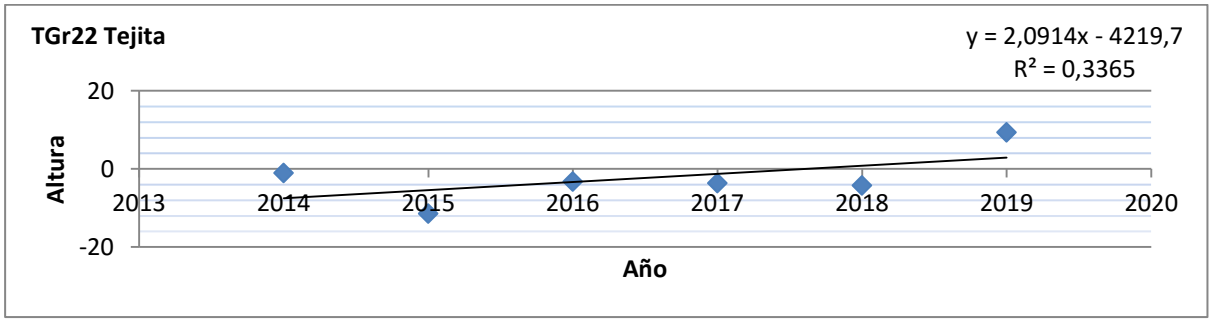


Figura 24. Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación

Los índices de regresión no son representativos para muchas de las estaciones, pero aun así queda reflejada la tendencia general de cada estación. Las variaciones siguen siendo de escasa cuantía (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.

La Figura 25 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. En el año 2018 la TGr33 es la estación con mayor sedimentación (11 cm) y la TGr22 presentaba la mayor erosión (-4 cm). Para este año 2019 parece que el patrón en la TGr22 de erosión se ha modificado a sedimentación, siendo la estación que mayor incremento ha tenido (9 cm), seguida con 8 cm por la TGr33, que si sigue misma tendencia. Durante los años anteriores, el patrón anual era siempre muy parecido al patrón general, en el año 2018 se observó una ganancia de arena en todas las estaciones, haciendo que la pérdida que estaban experimentando algunas, se vea ralentizada e incluso compensada. En cambio en 2019, no se observa un patrón tan claro, existen algunas estaciones con acumulación y otras con pérdidas.

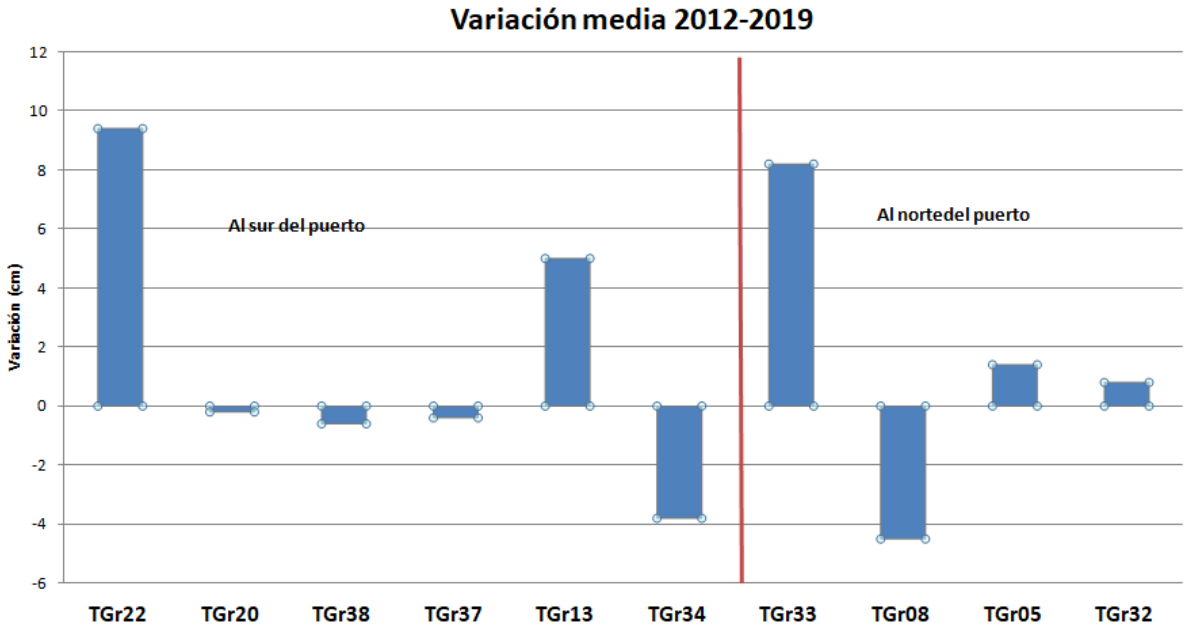


Figura 25. Variación media de las estacas en cada estación desde que fueron instaladas en 2012 hasta la actualidad. La flecha roja representa la posición del puerto con respecto a las estaciones

3.4.7 Alteraciones batimétricas

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

El GPIT preparó un algoritmo específico para interpretar la batimetría a partir de imágenes del satélite WorldView2. La precisión que ofrece este método es limitada (aprox. >2 m) y no abarca más allá de los 20-25 m de profundidad. Su empleo requiere que las imágenes sean tomadas en condiciones óptimas, sin nubosidad ni demasiada reverberación. A pesar de su escala gruesa y limitada, la telemetría permite analizar la situación a lo largo de toda la costa, contando con medidas *in situ* para calibrar y extrapolar la información a toda el área de estudio (Figura 26).

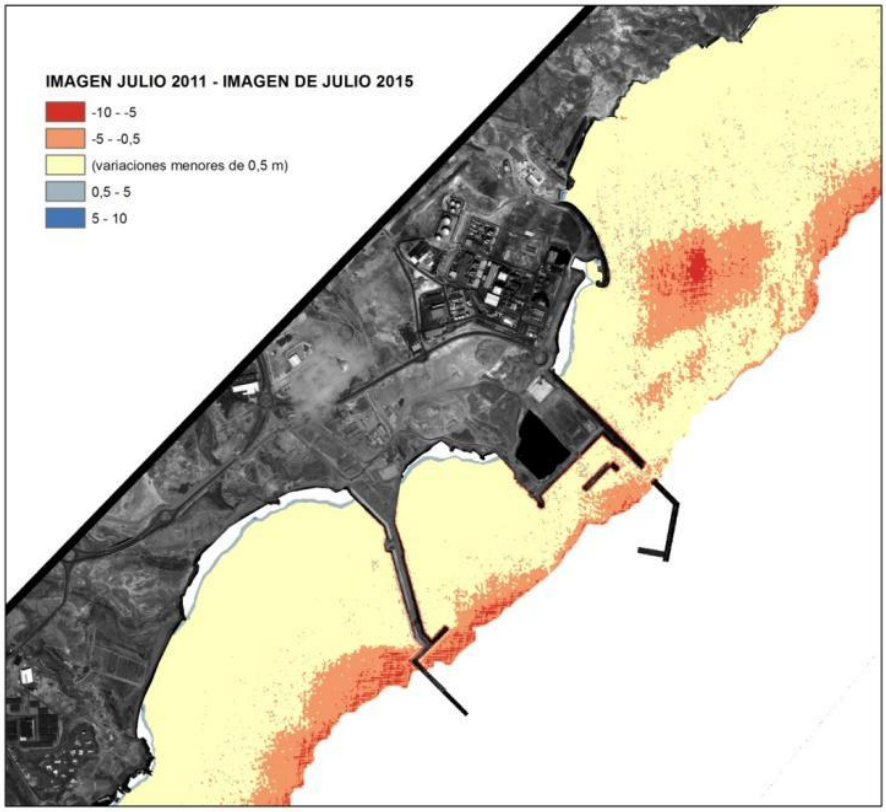


Figura 26. Diferencias batimétricas (> -2 m) entre 2011 y 2015

El análisis comparado entre los fondos de 2011 y 2015 refleja pérdidas en el sector previo al puerto, tal como predecían los modelos (mayor agitación del oleaje), pero no se aprecian acumulaciones importantes al sur, frente a montaña Pelada (dique de abrigo entonces a medio construir). Las otras pérdidas detectadas corresponden al talud, donde la dinámica es más viva que en las zonas aplaceradas. Se da la circunstancia de que el algoritmo de análisis de la imagen se ha desarrollado para los productos de la plataforma WorlView2 y no encajan bien con las tomas de la más reciente WorldView3, que es la que se adquiera actualmente tras la licitación del servicio, a pesar de que esas escenas sean de mayor calidad. El programa desarrollado se basa en unas correcciones radiométricas que parten de características intrínsecas de los sensores, y han resultado no ser suficientemente parecidas en una plataforma y otra. De forma urgente el Patronato ha aprobado la aportación necesaria para el desarrollo de un nuevo algoritmo. El OAG considera que llevar a cabo este análisis con el algoritmo inicial no presenta la calidad y certeza suficiente para que pueda quedar reflejado en este informe. Sin embargo, una vez que se cuente con la nueva herramienta, merecerá la pena confeccionar un documento específico estudiando esta dimensión del efecto del nuevo puerto.

3.4.8 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) georreferenciadas.

Para conseguir georreferenciar una imagen hay que conocer la ubicación geográfica de algunos puntos relevantes de la geografía del lugar que esa foto abarca (puntos de referencia), y cuando se proporcionan estas localizaciones con sus coordenadas a un programa, éste es capaz de producir las distorsiones necesarias para que todos los puntos de la imagen reflejen su ubicación geográfica tras el proceso. La eficacia de este tratamiento depende mucho de cómo se distribuyan en la imagen los puntos de referencia, siendo más alta cuanto más representadas estén las zonas del "mapa de bits" y peor cuanto menos lo estén. Igualmente es importante el número de puntos que se identifiquen, de modo que más puntos producen mejores resultados.

La geometría del área, muy estrecha y con una alineación recta muy marcada, no es óptima para conseguir una buena distribución, pues, aunque la imagen se guarde como una matriz de X filas por Y columnas de píxeles, solo en una banda diagonal de la misma existe representación del territorio. Así, no se pueden escoger puntos de control bien distribuidos para un buen ajuste, ni siquiera aumentando el número de ellos, lo que impide mayor exactitud de referenciación.

El estudio adopta un modelo de playa consistente en la línea de rompiente de olas, asumiendo que donde rompe la ola es un punto que depende del perfil del suelo de la playa y que, en caso de variación batimétrica, tendrá más o menos avance respecto a la fecha de referencia.

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 expuesto 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 el Anexo IV se incluyen los datos que corresponden al momento en que fueron tomadas las imágenes por el satélite. Al comparar, por ejemplo, imágenes de la playa de Los Tarajales tomadas con un desnivel de 0,9 m a marea baja (8-3-2014) y marea alta (15-3-2014) se aprecia un retroceso de las aguas en la playa de 17 m perpendiculares a su eje en la zona media (Figura 27 y Figura 28).

Figura 27

Figura 28

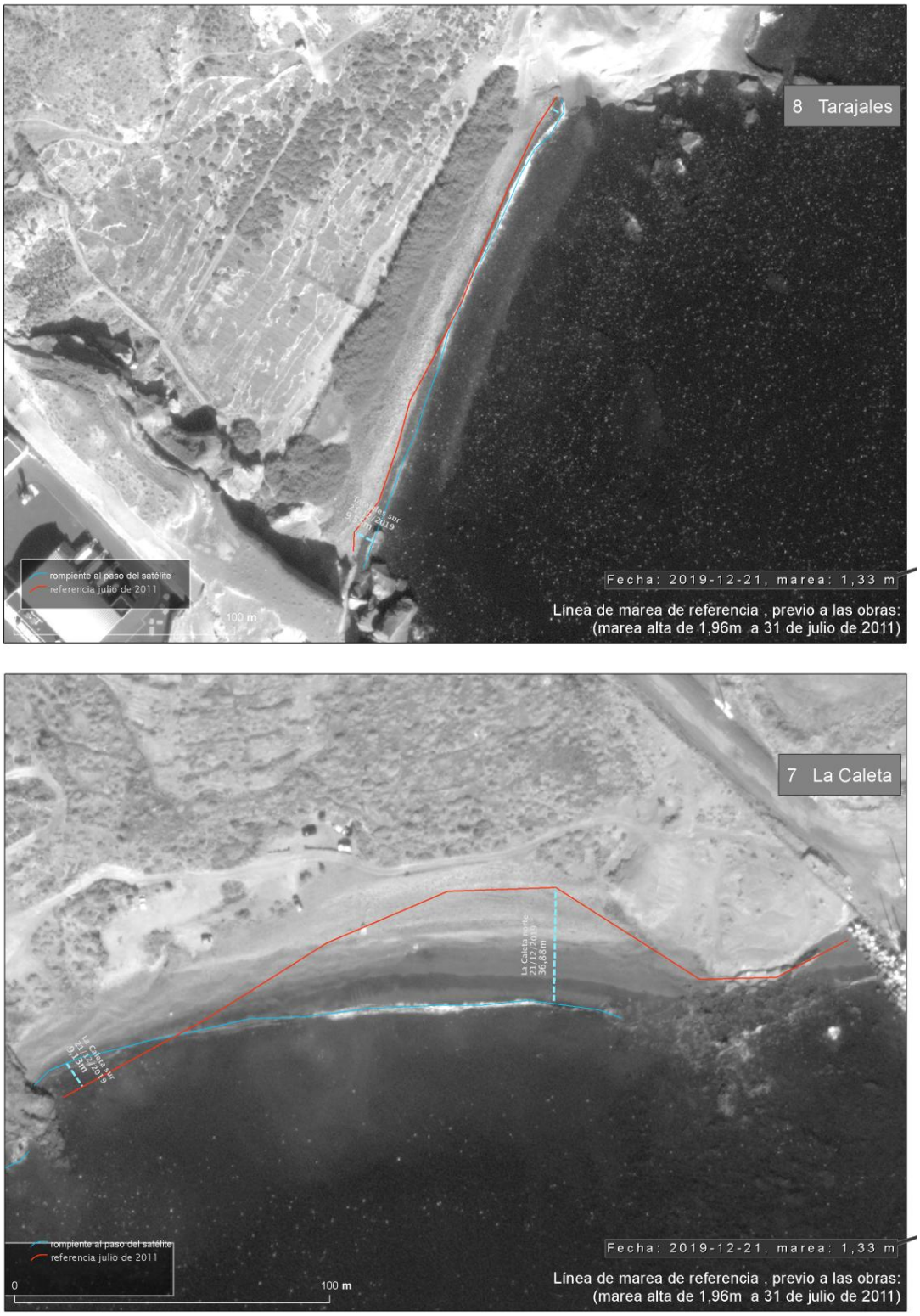
Para hacer cualquier medición comparada es necesario que la marea sea igual o próxima a 1’96 m, que es la de la imagen de referencia (31 de julio 2011). Para el presente informe se escogieron las imágenes del 22 de diciembre de 2019, con una marea de +1 m (). La línea de playa de la imagen de referencia se representa sobre las fotos en color rojo, y corresponde a una marea de +1’96 m, como ya se mencionó.

Tabla 9. Retranqueo de la línea de playa por metro de desnivel de marea y evolución de su desplazamiento neto en los extremos sur y norte registrados el 2 de febrero 2013, el 22 de septiembre 2014, el 1 de julio 2015, el 1 de agosto 2016 y el 22 de diciembre de 2019

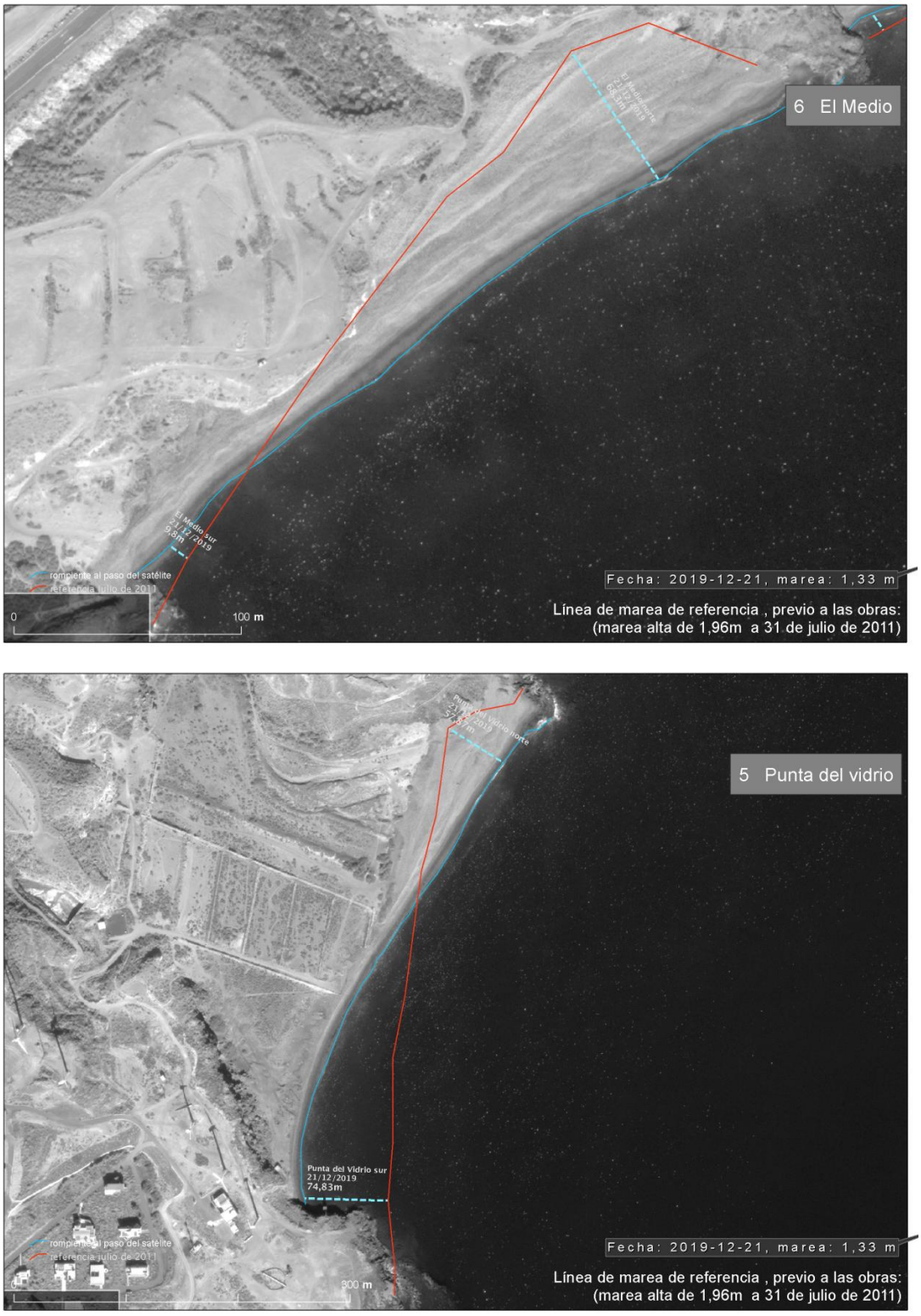
Nombre de la playa	Variación por metro de marea	Extremo Sur (metros)							Extremo Norte (metros)						
		2013	2014	2015	2016	2017*	2018*	2019	2013	2014	2015	2016	2017*	2018*	2019
marea							0,77	1,33						0,77	1,33
Los Tarajales	18,9 m	5	3	11	-4,56	7,29	14	9,55	1	0	8	-4,56	7,89	14,22	6,71
La Caleta	7,9 m	-20	-13	-16	-18,73	-19,79	-3,53	-9,13	11	17	20	17,7	23,09	26,6	36,88
El Medio	7,3 m	-11	-17	-21	-14	-9,6	-6,96	-9,8	23	44	52	49,53	62,25	67,7	68,3
Punta del Vidrio	7,3 m	-15	-36	-54	-63,42	-69,11	-69,11	-74,83	20	51	57	53,72	58,58	66,65	57,87
La Pelada	29,3 m	9	13	24	15,1	22,95	32,68	25,02	9	13	24	6,5	30,17	38,84	26,29
La Jaquita	87,7 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	±	±	±	±
						(*)marea 1m							(*)marea 1m		

Se produce basculamiento cuando los desplazamientos en los extremos de las playas son de signo contrario; es decir, un retranqueo en un extremo y un avance en otro. El fenómeno 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. 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.

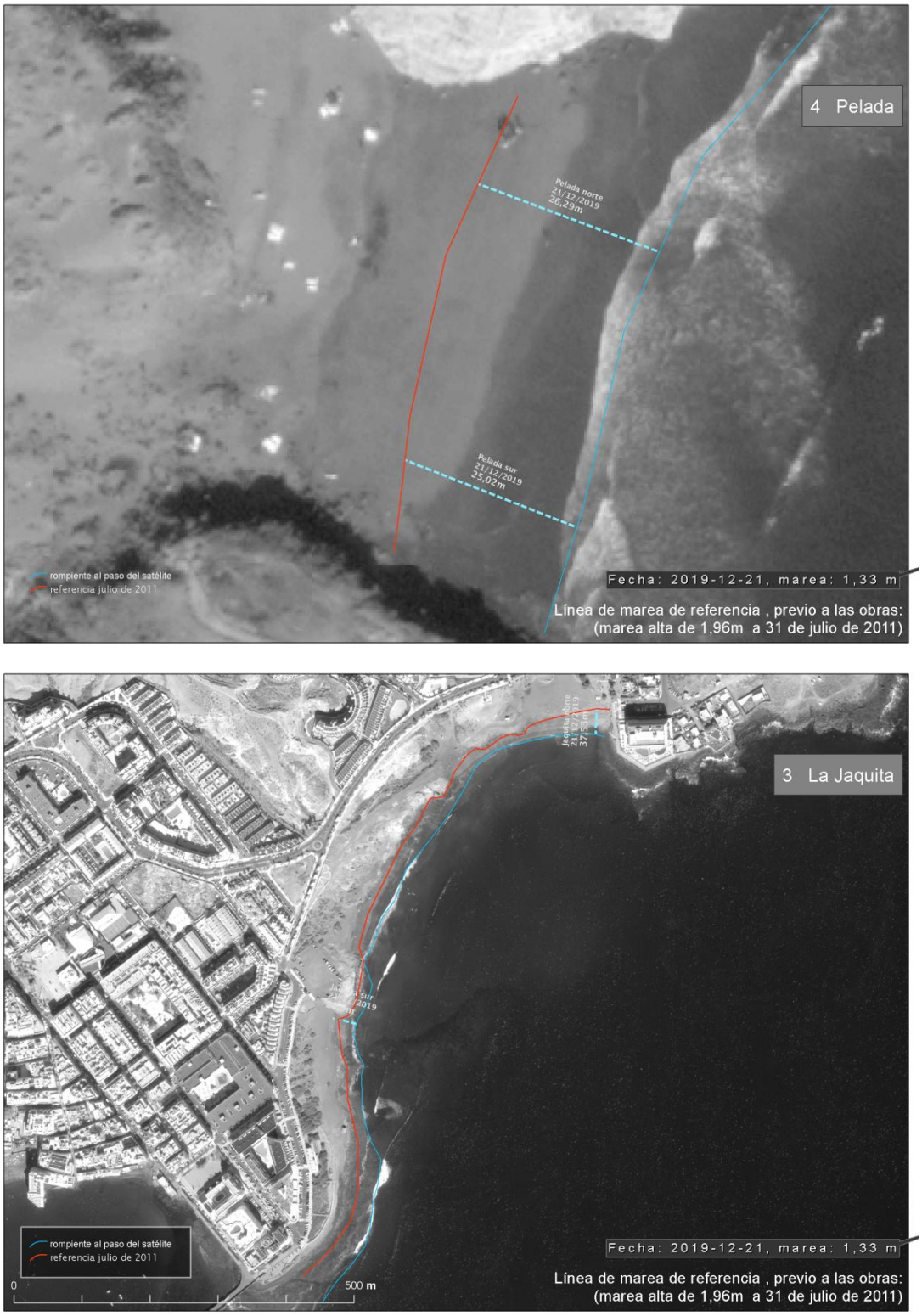
En las Figuras 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36 puede verse la medición realizada a partir de la imagen de 21 de diciembre de 2019, la única que pudo obtenerse en el año con garantías y aprovechamiento suficientes.



Figuras 29 y 30. Playas de los Tarajales (arriba) y La Caleta (abajo) a 21 de diciembre de 2019



Figuras 31 y 32. Playas del Medio (arriba) y Tanque del Vidrio (abajo) a 21 de diciembre de 2019



Figuras 33 y 34. Playas de La Pelada (arriba) y la Jaquita (abajo) a 21 de diciembre de 2019

Figuras 35 y 36. Playas de El Médano (arriba) y Tejita (abajo) a 21 de diciembre de 2019

Las tres playas que han basculado con intensidad, se encuentran al suroeste y a continuación de las obras de abrigo, y son las que estaban previstas: La Caleta (Figuras 29), El Medio y Punta del Vidrio (Figuras 31). La línea roja en las fotografías representa la línea de playa original, antes del comienzo de las obras del puerto, extraída de la imagen del 31 de julio de 2011. La línea azul sigue la línea de playa del momento de la imagen satelital del 21 de diciembre de 2019.

El método expuesto, que sirve para determinar el basculamiento, arroja ciertas incertidumbres debidas a los factores "oleaje" y "estado de la mar" y al modelado del fenómeno, que supone representativa la línea de rompiente. 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 ya se comentaron más arriba. Por esa razón se ha buscado otro tipo de representación del perfil de la playa que pueda evitar estos sesgos, y hemos ensayado la modelización de manera que se mida el ángulo del frente de playa en dos alineaciones:

- del punto de inflexión al extremo sur y
- del punto de inflexión al extremo norte.

Puede verse el esquema en la Figura 37, y en la Figura 38, un ejemplo.

Figura 37. Nuevo modelo de playa con articulación para medir basculamiento. Playa de Punta del Vidrio, 2011 (rojo) y 2019 (norte amarillo y sur púrpura). Ángulo a medir se ha marcado con un arco rojo

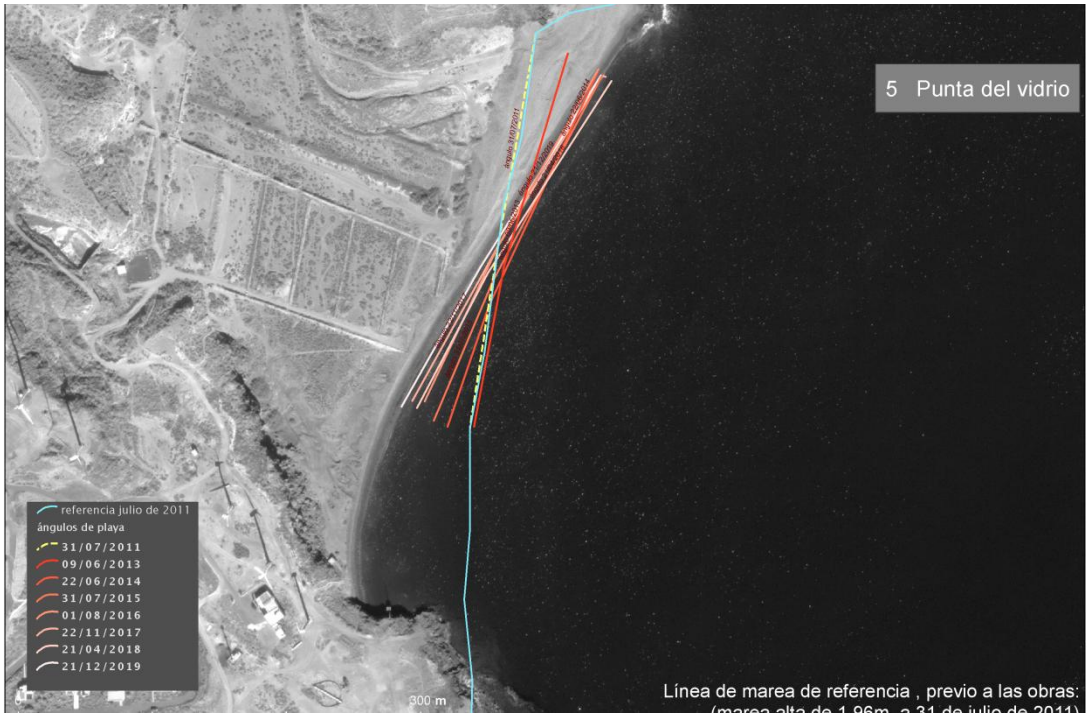


Figura 38. Playa de Punta del Vidrio, 2011 (amarillo discontinuo) y 2019. La rompiente de 2011 está marcada en azul claro y las sucesivas mediciones en tonos del rojo al malva

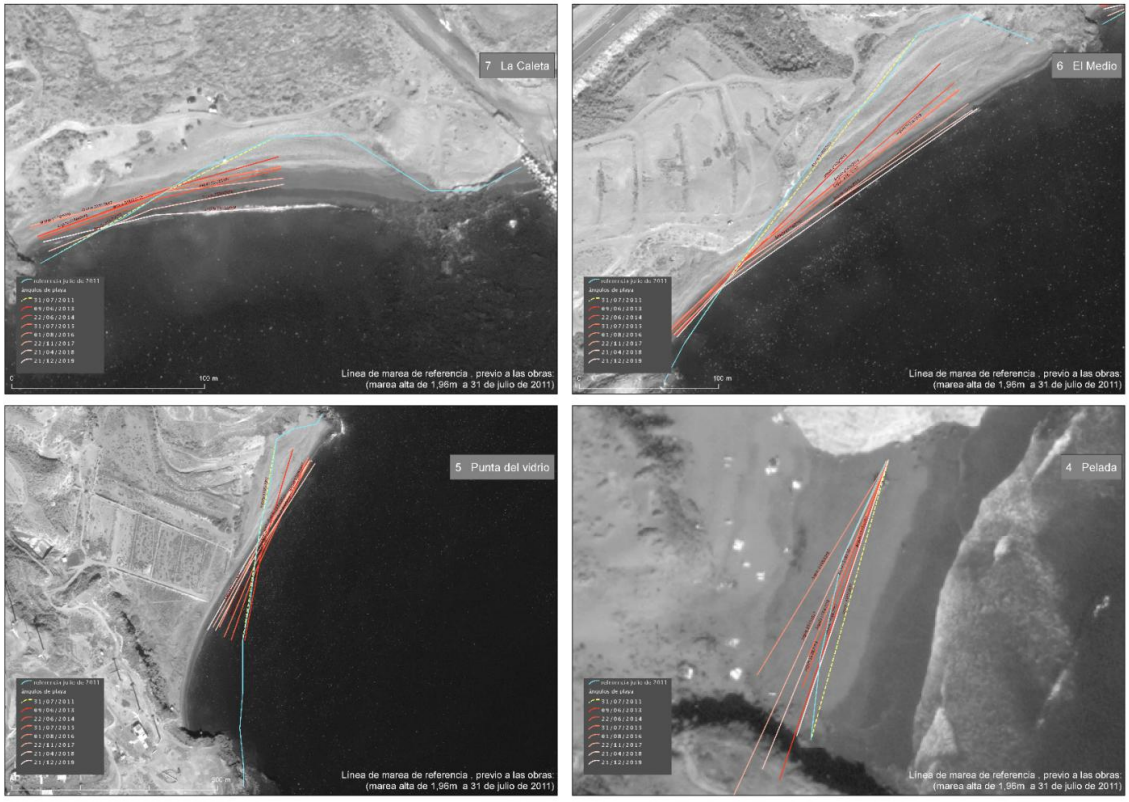


Figura 39. Cambios de orientación en el eje de las playas

En la Figura 39 puede distinguirse el cambio en esta orientación para las cuatro playas que han presentado modificaciones relevantes y un patrón en las mismas.

El resultado de esta forma de medir el basculamiento se recoge en la Tabla 10. Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas de reloj. En Pelada se considera solo una alineación (extremo Sur).

Tabla 10. Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas de reloj. En Pelada se considera solo una alineación (extremo Sur)

Playa	Tramo	09/06/2013	22/06/2014	31/07/2015	01/08/2016	22/11/2017	21/04/2018	21/12/2019
La Caleta	N	10,46	12,46	14,34	16,14	19,72	16,1	26,05
	S	9,98	10,58	10,06	12,75	15,76	7,64	16,27
El Medio	N	7,06	12,38	13,56	14,48	16,04	18,67	17,30
	S	6,55	6,58	13,15	10,55	10,12	7,7	8,76
Punta del Vidrio	N	6,75	15,02	18,14	19,49	22,39	22,76	21,83
	S	1,63	10,08	14,04	16,54	20,16	18,81	20,99
Pelada	S	n/a	5,36	6,54	19,49	8,87	6,75	2,89

Los basculamientos en este caso son más evidentes, observándose una deriva más acusada en los años de mayor crecimiento de la obra y menor según se iba completando la infraestructura. En el tramo de la fase operativa se ha detenido el proceso, al menos en los extremos norte de las playas. Se observa en la siguiente gráfica este comportamiento, si bien cabe destacar que el comportamiento de La Caleta tiene resultados extraños para este último año. Esto puede deberse al momento de ruptura de la ola, que parece suceder más lejos de la orilla. En todo caso, la serie de esta playa aconseja atención especial por si refleja una tendencia real.

3.4.9 Batimetría y perfil de las playas

Uno de los posibles impactos monitorizados por el Observatorio es el 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 40), Se adjudicó finalmente a la empresa PROMAR2007 INVESTIGACIONES MARINAS S.L.

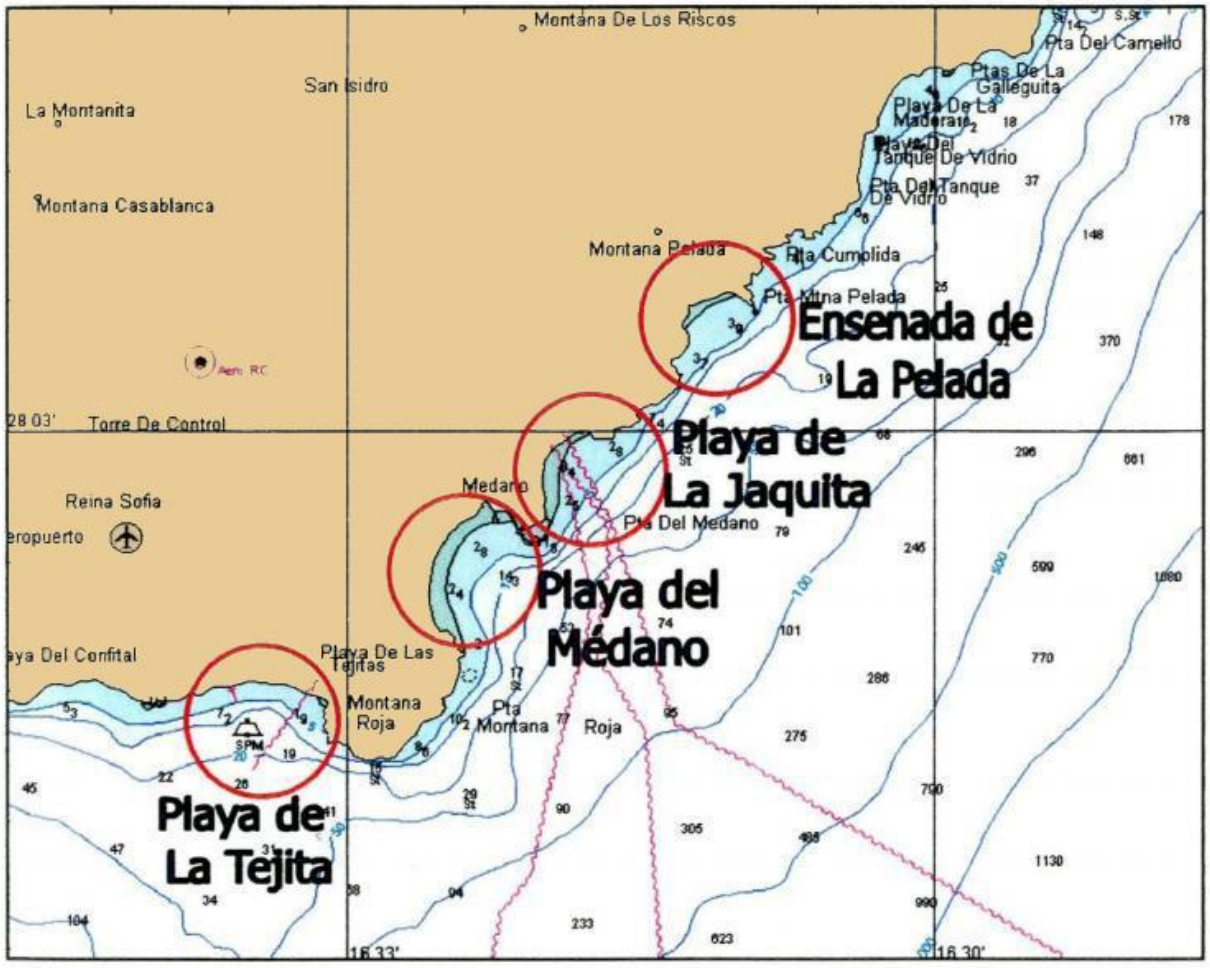


Figura 40. Playas objeto del levantamiento batimétrico.

Con técnicas actualizadas, basadas en geoposicionamiento diferencial GPS y GNSS, así como en el empleo de estaciones totales, ecosondas multi haz y tratamiento de nubes de puntos, se acomete el estudio con dos enfoques: batimetría del fondo y perfil de playa:

3.4.9.1 *Batimetría*

En este primer caso las tecnologías protagonistas son Geoposicionamiento y Barrido con ecosonda multi haz, software de navegación (que asegura la correcta trayectoria de la embarcación desde la que se trabaja) y de tratamiento de la nube de puntos proporcionados por la sonda. Se genera, casi en tiempo real, el modelo 3D del fondo marino muestreado.

Las referencias para el posicionamiento consistieron en una red de estaciones operadas por la empresa pública GRAFCAN accesibles 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 de posición de la estación de referencia[3] se aplican a las mediciones obtenidas por el rover, corrigiéndolas (Figura 41 y Figura 42). Los datos de marea se corrigen con el proceso RTK Tide, que estima la altura respecto a la estación fija y la coteja con datos de un mareógrafo perfectamente georreferenciado, logrando precisiones centimétricas.

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

Figura 41. Buque oceanográfico "CALIMA" e instalación de equipos de navegación

[3] Los sistemas GPS introducen variaciones de ubicación, algunas deliberadas (uso militar) y otras debidas al continuo recálculo de la posición con los satélites, en constante movimiento. Ver https://es.wikipedia.org/wiki/GPS

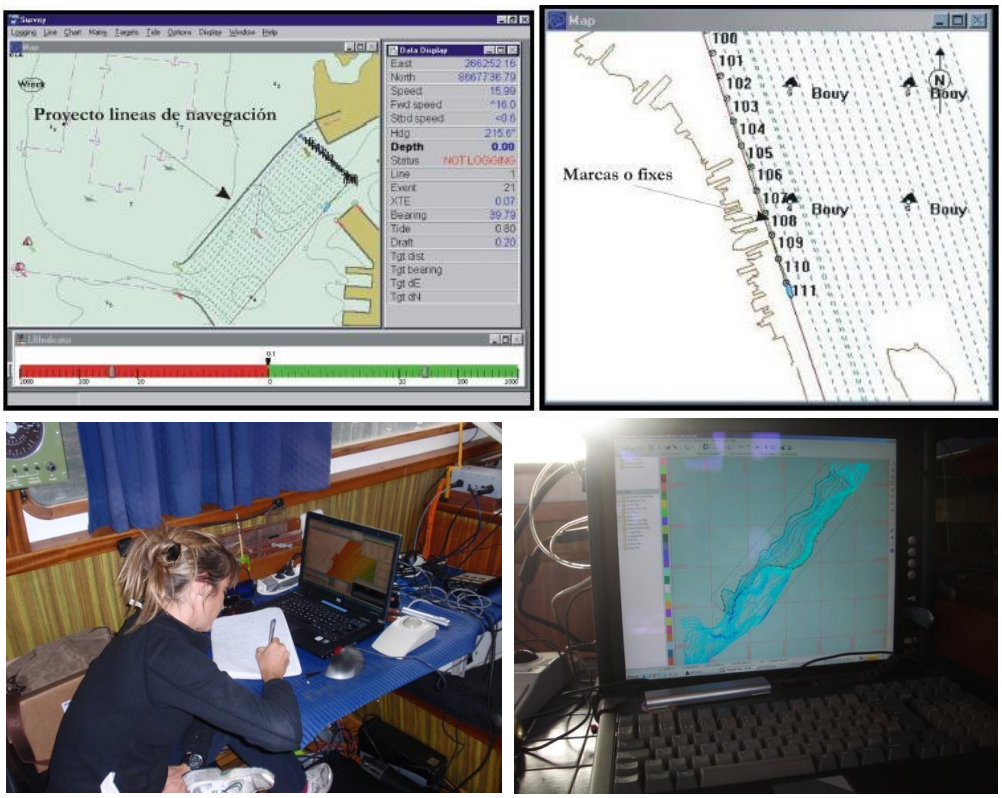


Figura 42. Ejemplos de la pantalla del sistema de navegación Hypack Max, en los que se puede observar tanto proyecto de líneas como las marcas o fixes que genera.

Metodología de la Ecosonda Multi haz 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 un levantamiento topográfico, con precisión comparable. El sistema de control, registro y procesado está complementado con medios auxiliares de grabación digital, para tener una copia de seguridad tanto de datos brutos como finales. Los planos definitivos se obtienen en gabinete tras procesar y filtrar los datos obtenidos.

Plan de campaña.

Se planificaron dos campañas batimétricas (obtención de los registros batimétricos) en el año. La primera en los días 4, 5, 6, 7 y 8 de abril, y la segunda los días 19, 20,21 y 22 de noviembre de 2019. 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. En los días siguientes se realizó el levantamiento batimétrico. En ambas campañas se realizó el trabajo con una climatología moderada, viento flojo del NE y mar en calma.

Durante el levantamiento, la posición del área del piso marino barrida por cada haz emitido se corrigió con la información del sensor de movimiento que mide los ángulos del buque

(cabeceo, balanceo, guiñada y altura sobre o bajo el nivel medio del mar). Las señales acústicas se corrigieron constantemente por las variaciones de la velocidad del sonido superficial, realizando un total de 128 y 115 líneas paralelas a costa respectivamente para cada campaña.

Los datos obtenidos se tratan luego por el software de procesado 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 paso se eliminan los datos erróneos debidos a los movimientos del barco, los errores al posicionamiento, así como a una mala reflectividad.

Se elaboró, en ambas expediciones, un modelo final de elevación digital de 1x1 m de resolución con los datos batimétricos post procesados. Los datos del modo *side scan sonar* se usaron como apoyo a la interpretación. Se creó un mosaico de los sonogramas crudos. Los datos son guardados en formato XYZ, como nube de puntos (Figura 43).

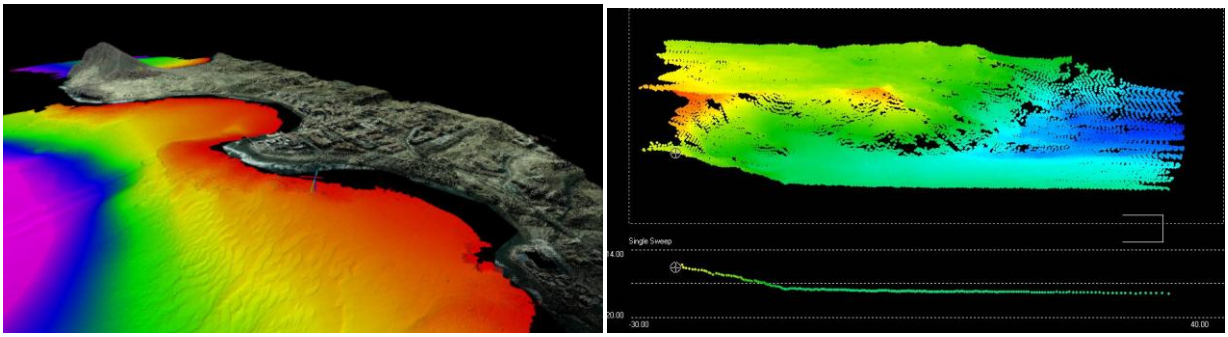


Figura 43. Ejemplos de levantamiento en tiempo real y de nube de puntos (MBMAX, de Hypack)

Una vez obtenidos los resultados del trabajo de campo y su posterior proceso de gabinete, en el Observatorio se analizaron las diferencias entre cada par de ficheros (campaña de 2018 y campaña de 2019) por playa, para lo que se compararon directamente las nubes de puntos con el software de código abierto "Cloud Compare" especializado en el tratamiento de nubes de puntos (véase https://www.soluciontopografia.com/tratamiento-de-datos-masivos-3d-con-software-libre, por ejemplo),, y que, entre otras cosas, permite calcular la distancia en cada eje X, Y y Z entre cada punto de un fichero y el más cercano del otro fichero. Se analizan solo las distancias en el eje Z para evitar vectores no verticales y que nos llevarían a error.

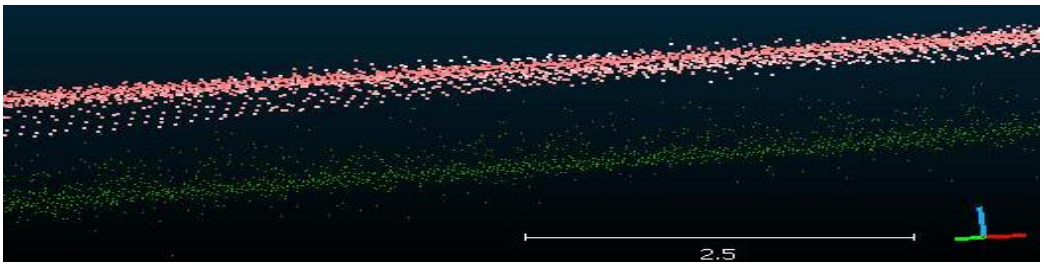


Figura 44. La Tejita (detalle). En rosa/rojo, muestreo de 2018, y en verde el de 2017. El crecimiento es de alrededor de 2 m. En el período 2018-2019 las diferencias han sido de poco más de 1 m como máximo.

Los resultados no reflejan cambios significativos entre las dos fechas para ninguna de las playas, tal como se ve en el conjunto de histogramas (Figura 45 y Figura 46), según los cuales,

la mayoría de las distancias (un 99%) es menor de 0,6 m de variación y un 90% está dentro de los 30 cm. Los tonos azules indican pérdida y los tonos rojos, ganancia. La intensidad es proporcional al valor del cambio. La media de las distancias es de alrededor de 3 cm.

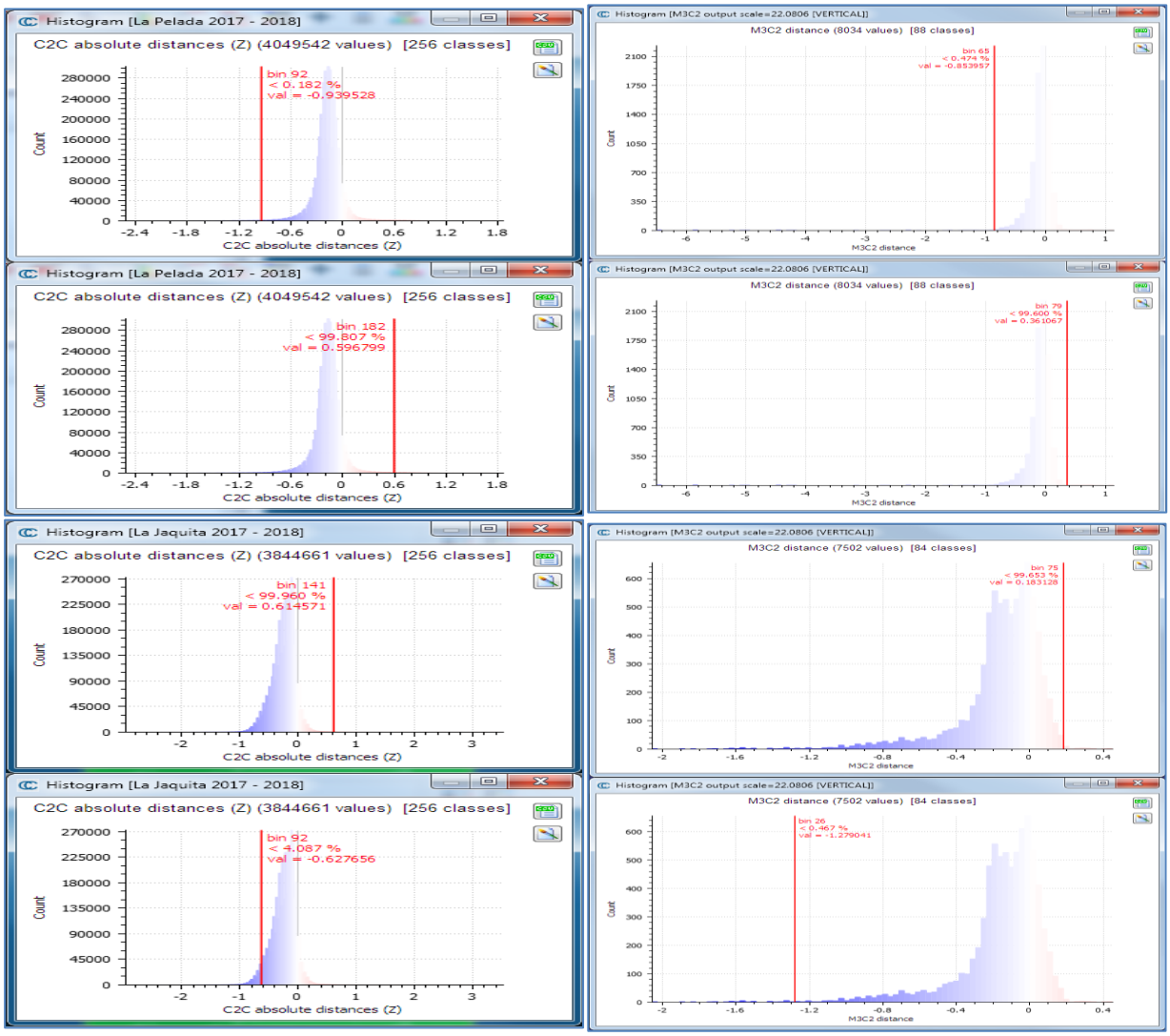


Figura 45. Histogramas de distancias en el eje Z. Pelada, y La Jaquita.

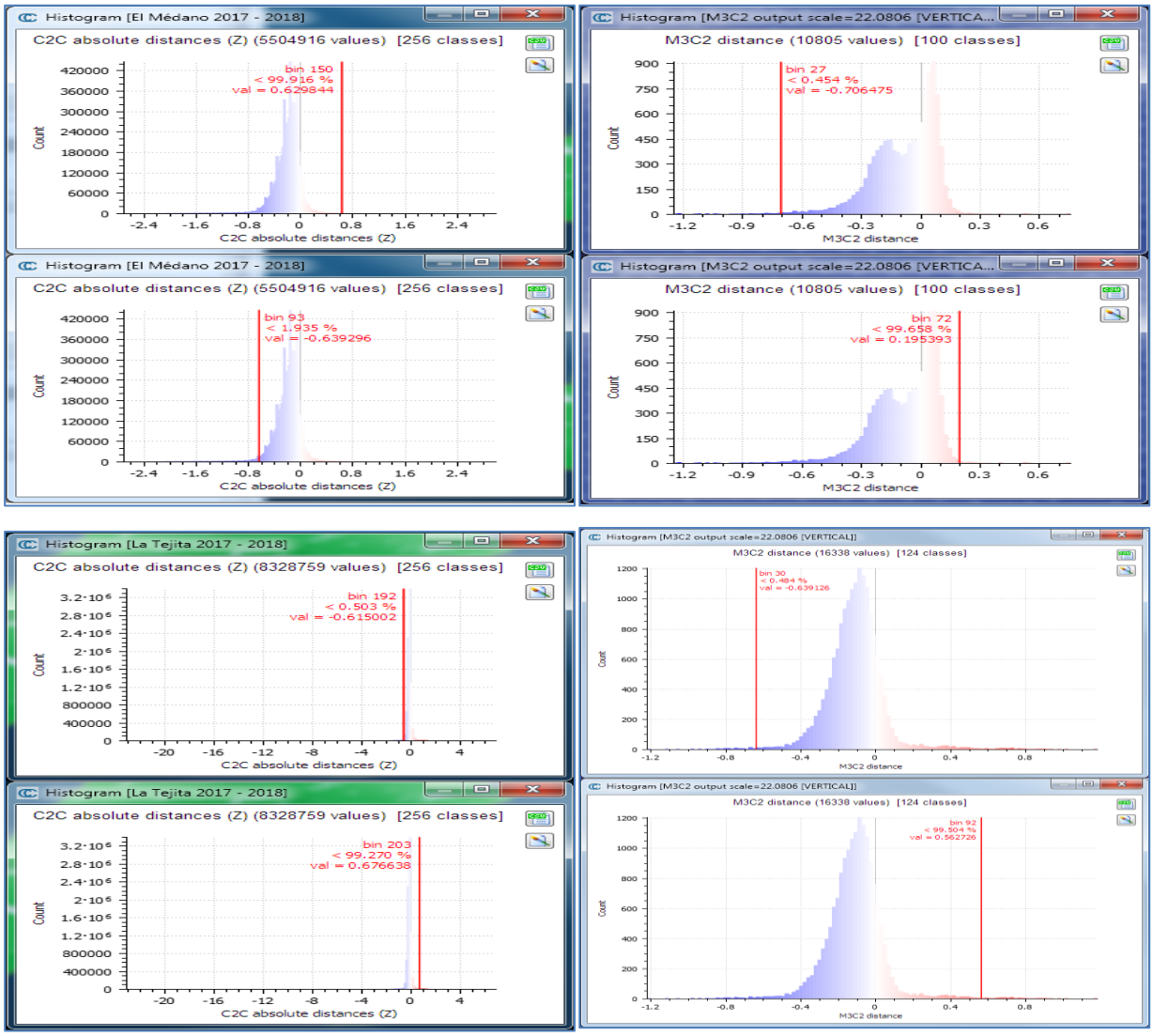


Figura 46. Histogramas de distancias en el eje Z. El Médano y La Tejita.

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 46). A la vista del plano de cada una de las áreas, se nota en tonos rojos una ganancia en altura, o pérdida de profundidad (el fondo está más cerca de la superficie), y en las azules el efecto contrario. El color gris o blanco indica áreas con diferencias cercanas a cero. En general, cerca de la orilla existe una cierta pérdida de en torno a los 60cm, al menos en las tres playas mayores. En una franja de unos 30m.

A continuación, en una franja de varios cientos de metros se produce una ganancia de altura del fondo, es decir, se acerca más a la superficie. En La Tejita este fenómeno es ligeramente diferente, pues inmediatamente después de la primera banda de socavamiento cerca de la rompiente se observa una acumulación más potente de la arena que varía entre 0,5 y 1 m, en una franja tan estrecha como la más costera.

En La Jaquita y El Médano, como se dijo, durante unos centenares de metros se produce "crecimiento" del fondo, aunque de escasa entidad (una media de 5 cm), para continuar con una región en la que se hace más profundo el terreno, con valores de similar magnitud que la anterior. También parece que en las zonas de playa en las que las olas rompen en o cerca de formaciones rocosas, hay acumulación de arena, rompiendo con el esquema general de esa primera banda de rompiente. Este último hecho parece también darse en La Tejita.

Donde prácticamente no ha habido cambios es en la playa de Pelada. Allí, el efecto que atribuimos al oleaje es muy leve en comparación con las otras playas.

Toda esta serie de observaciones pueden comprobarse en la Figura 47

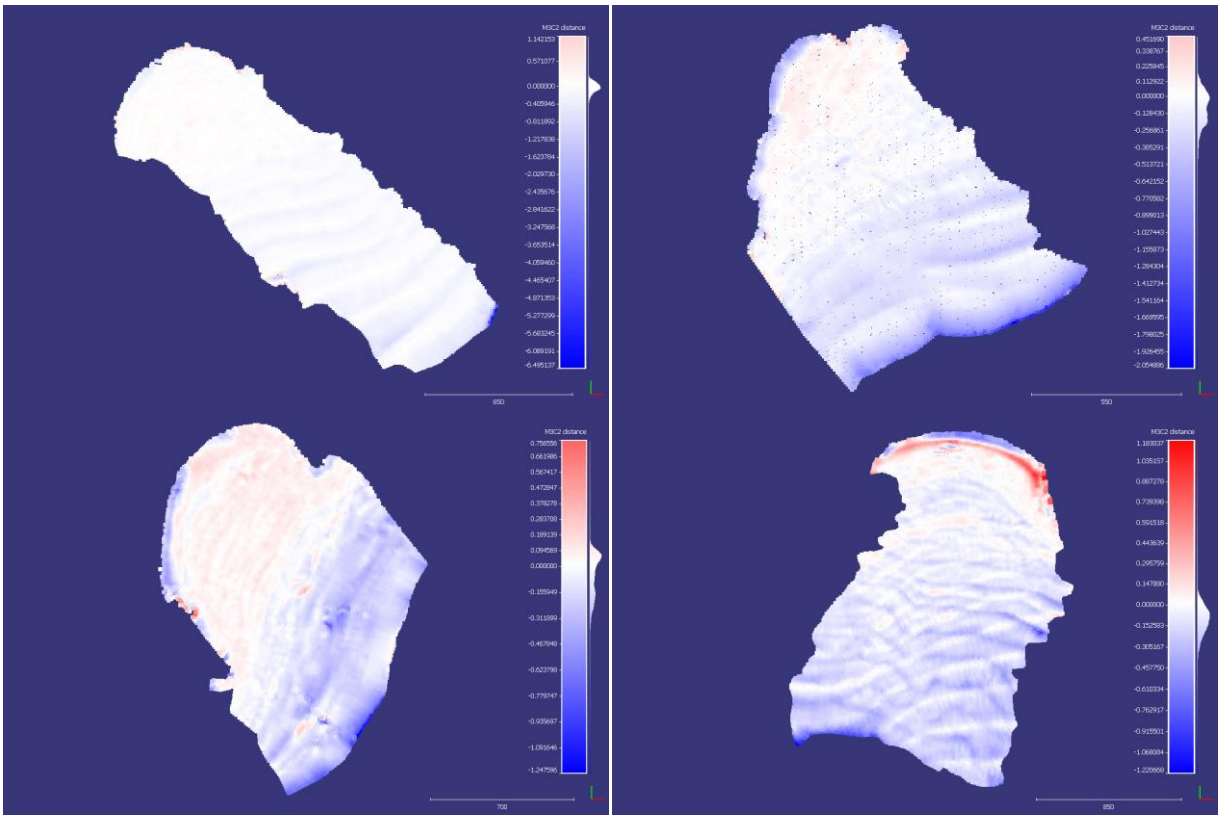


Figura 47. Planos de las diferencias entre los barridos de 2018 y 2019. Rojo, pérdida de profundidad. Azul, ganancia. De arriba abajo e izquierda derecha, La Pelada, La Jaquita, El Médano, La Tejita

3.4.9.2 *Perfiles de playa*

Para conocer la forma tridimensional de la superficie de las playas en la franja más costera puede recurrirse a un muestreo de cota en puntos a lo largo y ancho de la misma. Con el objetivo de reducir el esfuerzo se calcula un número de puntos mínimo que sea representativo. Por simpleza y mejor organización del trabajo de campo, suelen alinearse esos puntos en rectas, llamadas "perfiles" que se espacian por la superficie. En el caso de las playas, que son entidades alargadas, los perfiles suelen disponerse transversalmente de modo que se generan

muchos perfiles pero más cortos. El trabajo en nuestro caso consiste en medir las cotas a lo largo de los perfiles por métodos de geoposicionamiento por satélite (GPS y 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.

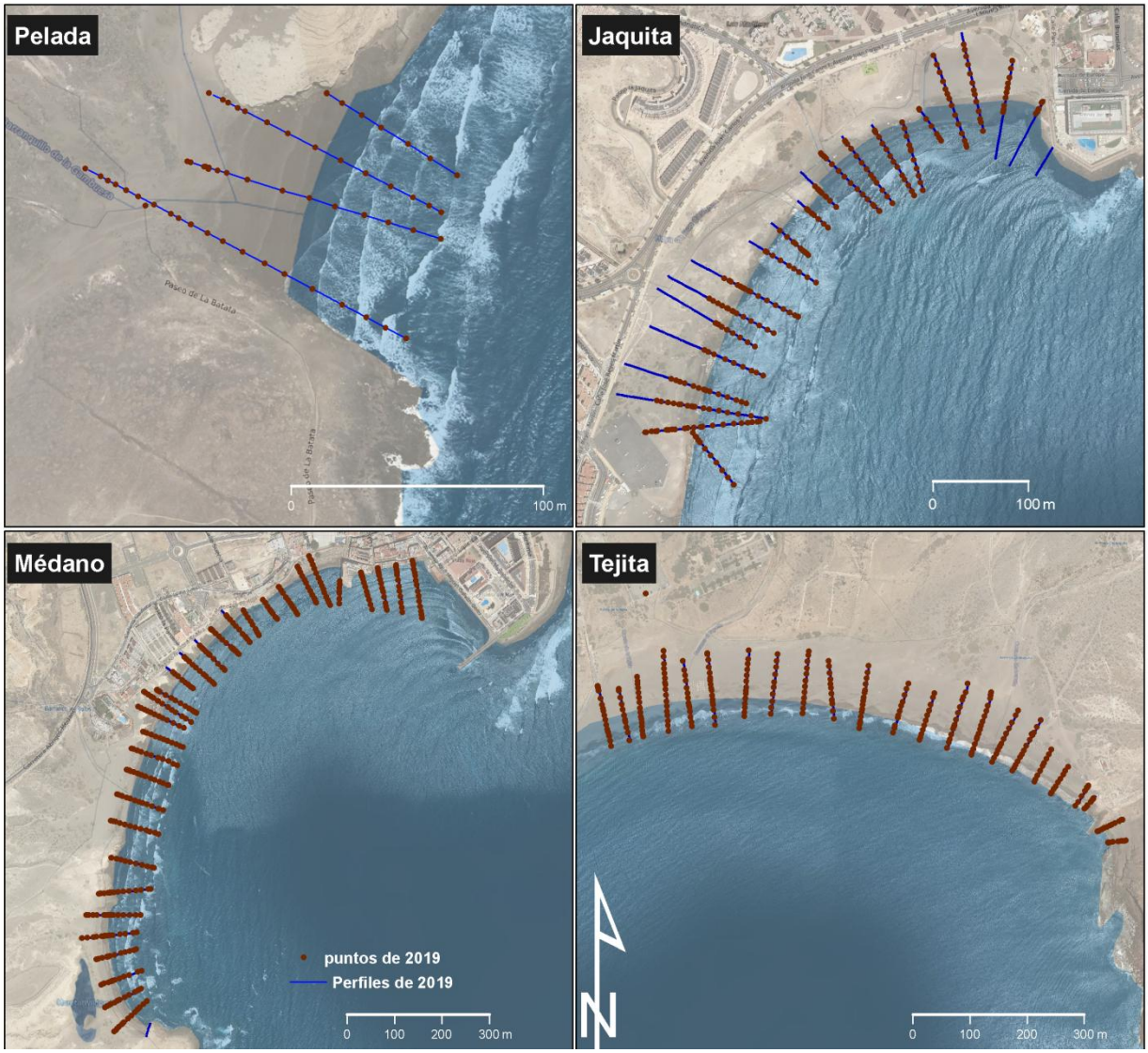


Figura 48. Perfiles en los que se ha medido la cota respecto al cero establecido en el trabajo.

Los perfiles cubren desde la bajamar más escorada hasta la marea más alta, lo que puede hacerse aprovechando las mareas vivas para poder adentrarse en las zonas más profundas firmemente apoyados en el fondo arenoso (Figura 48).

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. En la Figura 49 vemos un ejemplo de perfil con las tres campañas realizadas hasta el momento. Se ha coloreado de color ocre el área limitado por la medición de 2019. 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

Como puede observarse, la medición de 2018 se aleja bastante de las otras dos, que no muestran gran diferencia entre ellas. Habrá que estudiar si alguna circunstancia ajena a dinámicas marinas explica este hecho, pero lo cierto es que en estos dos años transcurridos las tasas netas de pérdida de ganancia no son muy altas, de 16 cm en el punto máximo, a unos 80 m del inicio del perfil (descartando los datos de 2018, por ahora).

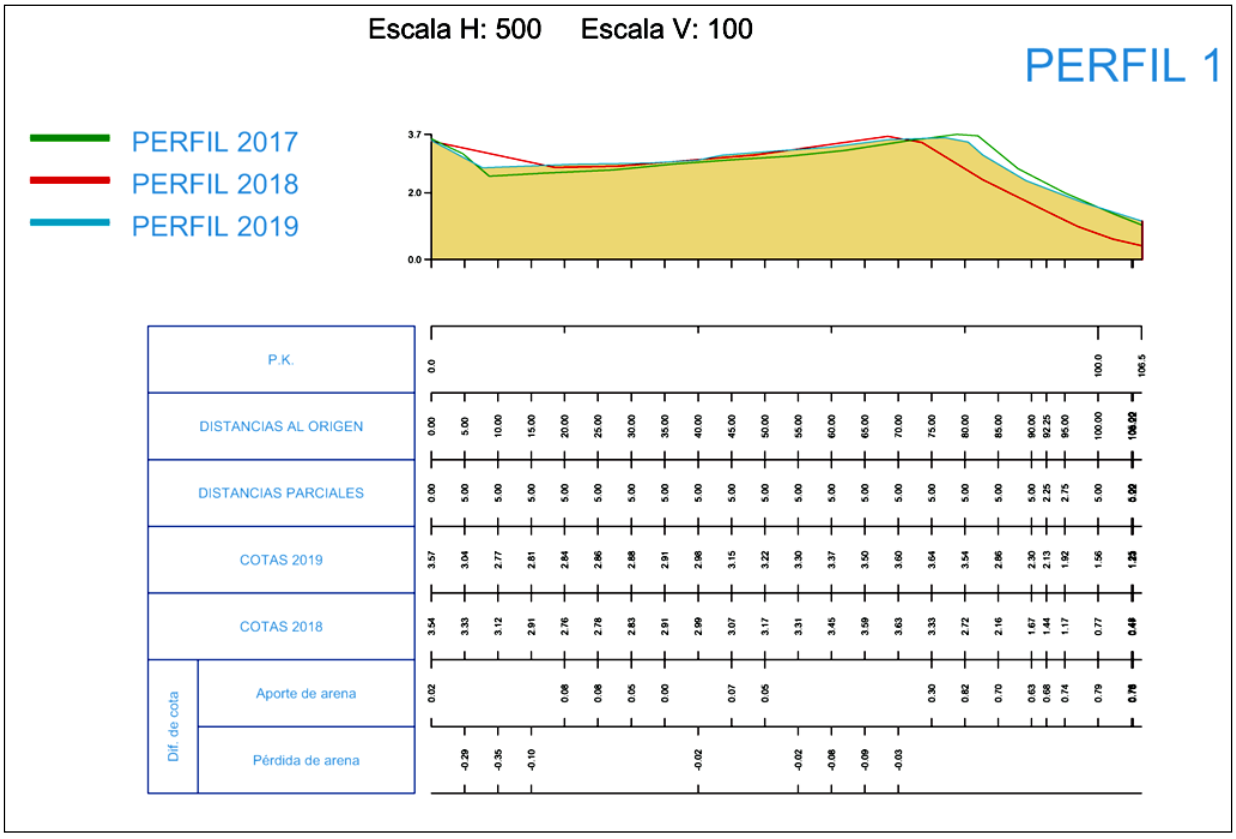


Figura 49. Pérdidas y ganancias entre 2017 y 2019 en el perfil 1 de La Tejita.

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

Se consigue una superficie a partir de valores de un parámetro medido en puntos repartidos en un área, partiendo de asumir que, alrededor de un punto, es más probable que los puntos cercanos tengan valores similares, aunque con un crecimiento de la diferencia particular para cada fenómeno estudiado. La hipótesis supone que la variación espacial del parámetro puede

ser explicada al menos parcialmente mediante funciones de correlación espacial: la variación espacial de la altura en un punto cualquiera puede deducirse de los valores circundantes de acuerdo con unas funciones homogéneas en toda el área. Es una técnica popular en el modelado del terreno al producir resultados con más detalle. En el Observatorio se han generado sendos modelos digitales de las zonas de muestreo y, tras una sencilla operación geoespacial de diferencia entre superficies, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 50.

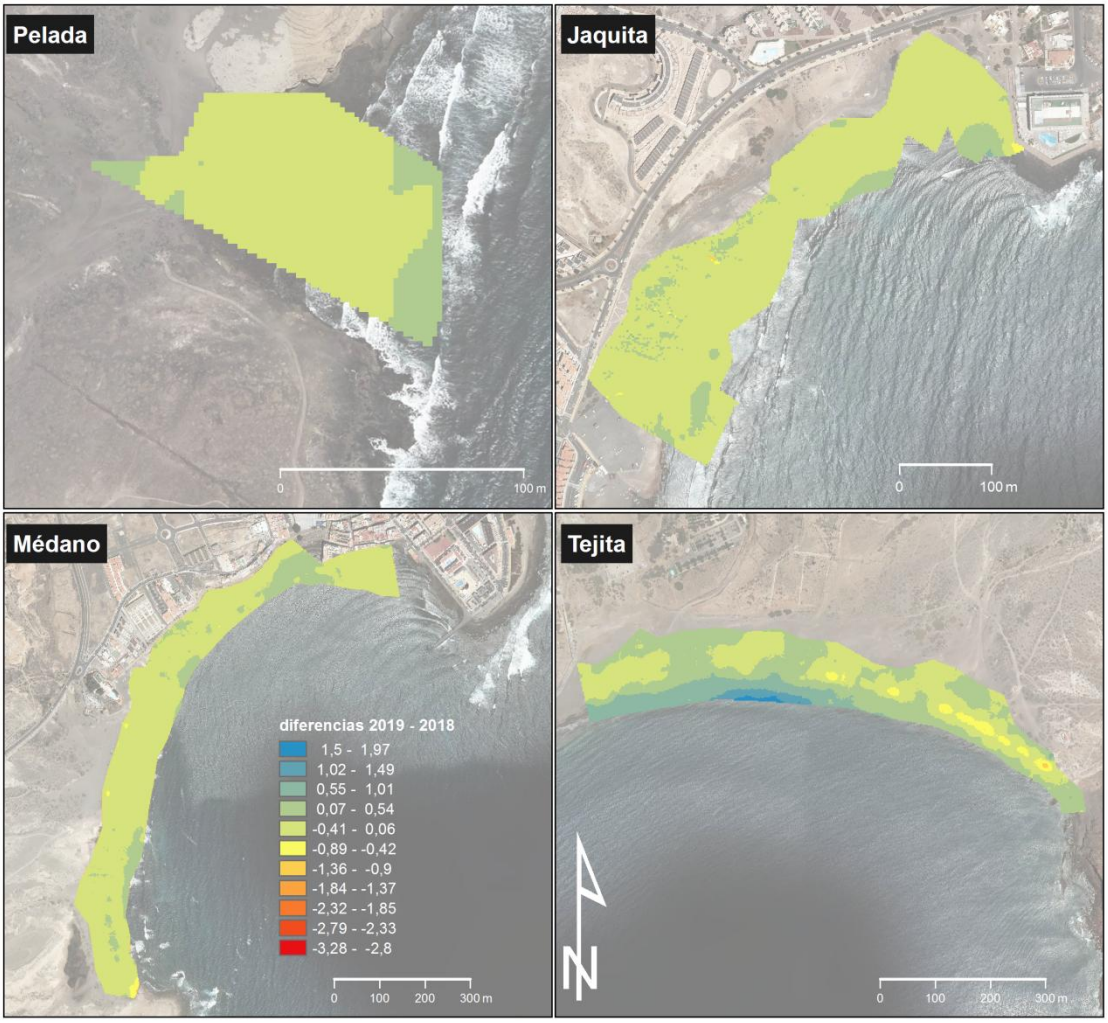


Figura 50. Resultados del análisis de superficies provenientes de la interpolación kriging

Para confeccionar la ilustración hemos asignado una gama de colores que cubre del extremo de máxima pérdida (2019 < 2018), con valores más negativos y tonalidad roja, al extremo donde hubo más aporte o crecimiento en altura (2019 > 2018), con los valores más altos y tonalidad azul. La gama de colores reserva el color amarillo verdoso para crecimientos cero.

A la vista de estos resultados, cabe decir que en general las variaciones no parecen importantes y están en el intervalo de **[-0'5 m, 0'5 m]** en la componente Z. Existe una zona en el extremo occidental de la playa de La Tejita donde el gráfico refleja una pérdida más relevante. Sin embargo, se trata de la zona más entrada en el agua. Según explica el contratista, las

condiciones del mar en el día de bajamar escorada en mareas vivas, que es cuando ha de tomarse la muestra, eran incompatibles con el trabajo. Hubo dificultades que pudieron ser salvadas en las demás playas, pero en ésta no. En general la conclusión es de una ligera acumulación de material antes que de una tendencia a la pérdida, idea que se refleja en la coloración de las imágenes. Los rangos del amarillo al verde claro, en los mapas, predominan sobre el resto de la gama.

El gráfico de la Figura 51corrobora esta impresión. Se puede constatar que más del **85%** de las celdillas de 2 x 2 m que componen la superficie de la pertenecen al intervalo **[-0'42, +0'06]** y más del **14%** en el intervalo **[0'06, 0'54]**. En total los dos rangos se reparten un **99,38%** del total del área medida (las cifras se dan en metros).

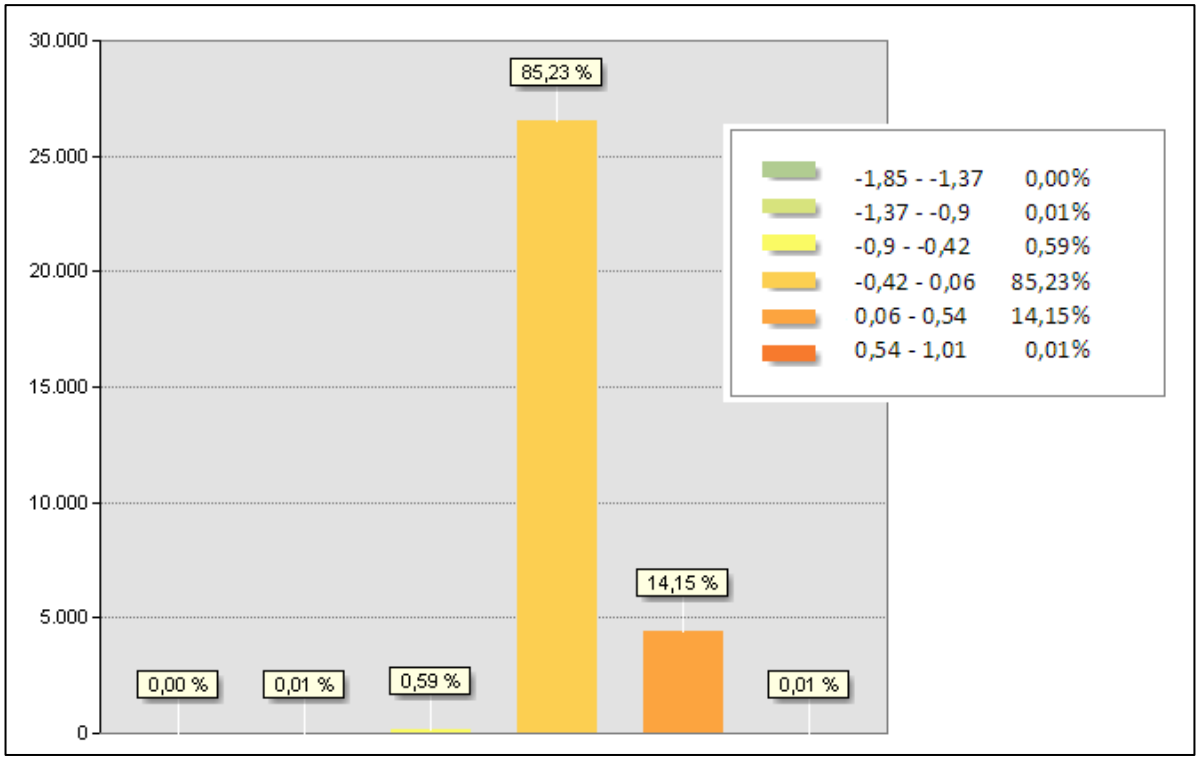


Figura 51. Histograma de frecuencias de pérdidas y ganancias en la medición de los perfiles (2019-2018). Número de celdas de 2x2 m (eje vertical) y porcentajes de cada intervalo de variación

3.5 Calidad del medio marino

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

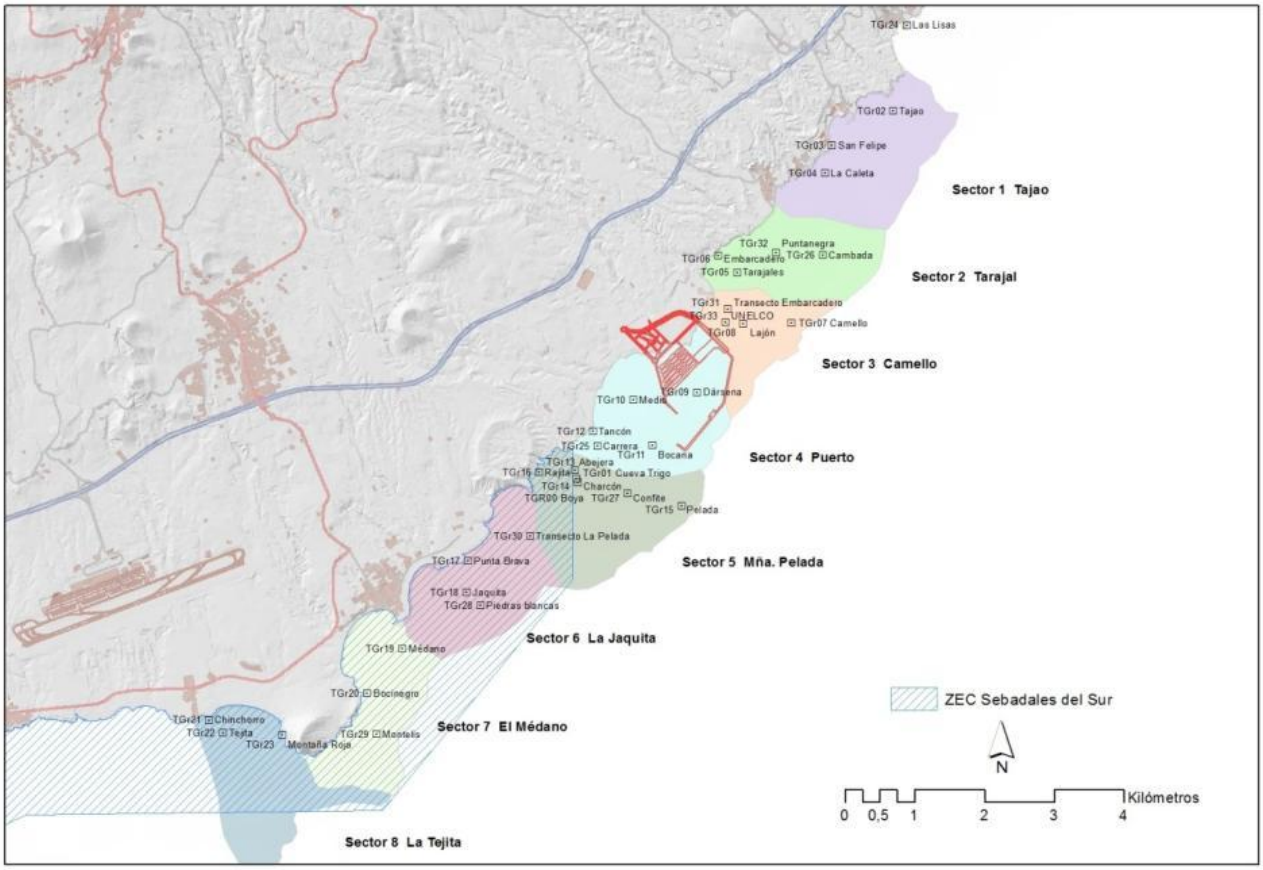


Figura 52. Sectores y estaciones de muestreo de aguas y boya oceanográfica del OAG

El OAG ha sectorizado la costa de Granadilla en una extensión de 13 km, estableciendo estaciones de muestreo en cada sector ambiental (Figura 52). Los datos oceanográficos se miden cada mes con sonda multiparamétrica; la analítica química se realiza con carácter trimestral, y la de contaminación microbiológica que se venía haciendo anualmente en toda la costa se ha modificado con el nuevo plan de vigilancia en fase operativa a periodicidad mensual en las dos estaciones más próximas al puerto (TGr09 y TGr10). A partir de enero de 2017, 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.

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 2019, así como copia de las analíticas recibidas de los laboratorios. Se comenta aquí lo más destacado.

Las Tabla 11 y Tabla 12 resumen los trabajos de las campañas realizadas en 2017, 2018 y 2019 y los valores oceanográficos medidos (máxima, mínima y media) comparados con los de la situación previa a las obras.

Tabla 11. Campañas de muestreo

Campañas 2017	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	4	10	240	17	4.080
Muestreo de sedimentos	3	10	30	18	540
Sonda multiparamétrica	8	10x <5 prof.	550	10	5.500
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	1.184
Muestreo de sedimentos	2	10	20	24	480
Sonda multiparamétrica	8	10x <5 prof.	321	10	3.210
Captadores de sedimentos	3	9	48	3	144
Campañas 2019	**Número campañas**	**Número estaciones**	**Número muestras**	**Número Parámetros**	**Datos aprox.**
Muestreo de aguas	3	10	60	21	856
Muestreo de sedimentos	2	10	20	25	500
Sonda multiparamétrica	9	10x <5 prof.	373	10	3.730
Captadores de sedimentos	3	9	49	3	147

Tabla 12. Valores oceanográficos

Año 2017	Instrumento	Unidade	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	^{0}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**	**Unidade**	**Mínimo**	**Máximo**	**Media**	**Previo obra**
Temperatura	Sonda	^{0}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

Año 2019	Instrumento	Unidade	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	^{0}C	18,94	23.52	20.82	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	37,01	38,16	37,46	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,93	8,37	8,14	8,09 - 8,34
Saturación O_2	Sonda	%	97,8	113,60	101,88	-
Turbidez	Laboratorio	NTU	0	1,58	0,47	0 - 16,50
Turbidez	Sonda	NTU	0	2,10	0,14	0 - 16,50

= Valores sin datos de los meses más cálidos (septiembre y octubre) en los que no se pudo muestrear por razones técnicas.

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.

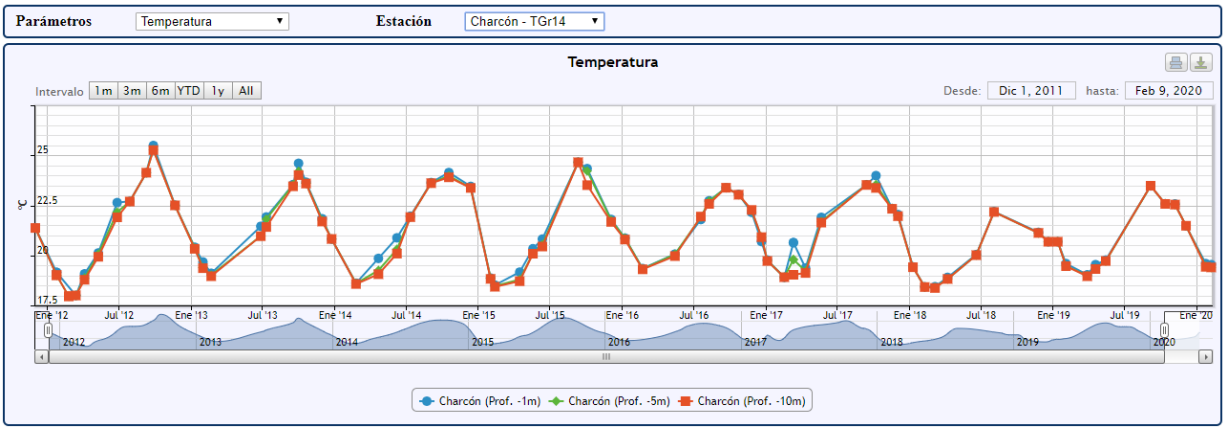


Figura 53. Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (Charcón) (medición con sonda) 2011-2019

La temperatura media, máxima y mínima obtenida por las sonda multiparamétrica en el periodo 2013-2019 se muestra en la Tabla 13

Tabla 13. Valores de Temperaturas medias, máximas y mínimos obtenidos en las distintas anualidades

AÑO	Tª Media	Tª Máx. (mes)	Tª Mín. (mes)	Periodo no muestreado
2019	20,82	23,52 ºC (09)	18,94 ºC (03)	Meses 06,07,08 no muestreados
2018	19,92	22,64 ºC (08)	18,20 ºC (02,03)	Meses 05,07,09 no muestreados
2017	21,27	24,31 ºC (09,10)	18,83 ºC (02)	Meses 06,07,08,12 no muestreados
2016	21,37	23,50 ºC (09)	19,17 ºC (03)	Meses 04,06 no muestreados
2015	20,90	25,13 ºC (09)	18,36 ºC (02)	Meses 03,07,08,11 no muestreados
2014	21,55	24,23 ºC (10)	18,52 ºC (02)	Meses 01,03,05,08 no muestreados
2013	21,50	24,66 ºC (09)	18,86 (02)	Meses 03,04,05,08 no muestreados

Es necesario tener en cuenta que hay algunos años en los que no se ha podido muestrear en los meses más cálidos o más fríos, por lo que hay que tener precaución a la hora de valorar los datos medios de la tabla. Por ejemplo para el año 2018, los meses de Septiembre y Octubre, que son los meses con el agua más cálida, no se pudieron realizar mediciones con la sonda por razones técnicas. Por ello el valor promedio de 2018 no sirve de referencia para comparar con el resto de anualidades.

Saturación de oxígeno: Los niveles de saturación de oxígeno fluctúan estacionalmente 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 54).

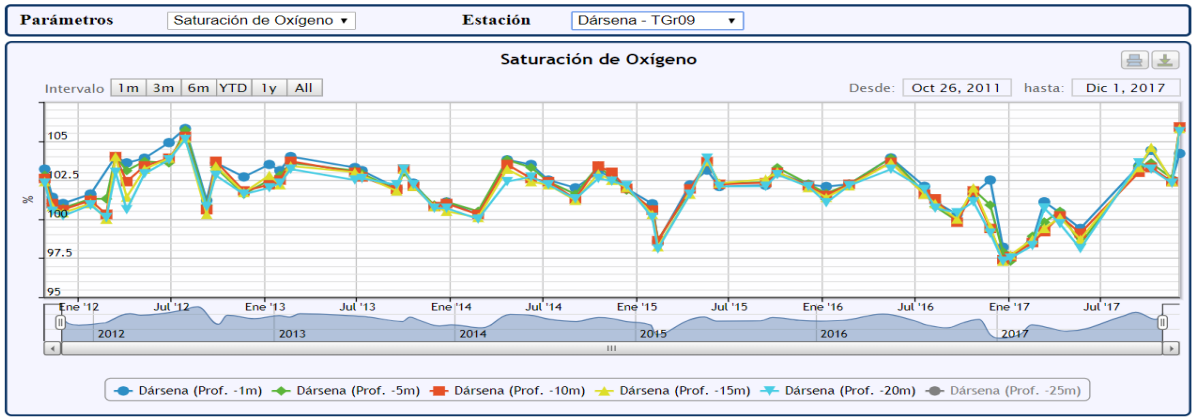


Figura 54. Saturación de oxígeno (%) en la estación Charcón (TGr14) a 3 profundidades, (2012-2019)

Estos intervalos corresponden a aguas bien oxigenadas, con concentraciones en el rango de 4-7 ppm. 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.

Tabla 14. Valores de pH medios, máximos y mínimos obtenidos en las distintas anualidades

AÑO	Valor Ph promedio	Valor Ph máximo	Valor Ph mínimo	Periodo no muestreado
2019	8,14	8,37	7,93	Meses 06,07,08 no muestreados
2018	8,11	8,25	7,64	Meses 05,07,09 no muestreados
2017	8,08	8,29	7,31	Meses 06,07,08,12 no muestreados
2016	8,17	8,47	7,95	Meses 04,06 no muestreados
2015	8,20	8,40	8,12	Meses 03,07,08,11 no muestreados
2014	8,21	8,30	8,08	Meses 01,02,03,05,08 no muestreados
2013	8,01	8,10	7,91	Meses 03,04,05,08 no muestreados

Cabe destacar en la gráfica algunos datos anómalos en algunas de las campañas de muestreo realizadas, seguramente debido a una desestabilización del sensor (Figura 55).

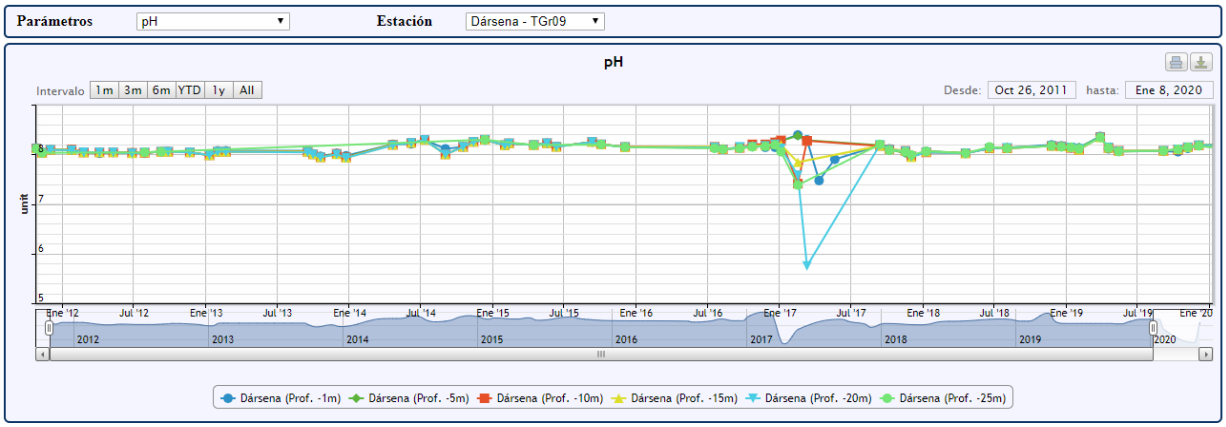


Figura 55. Registro del pH en La Dársena (TGr09) a seis profundidades (2012-2019).

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 20ºC. Hasta mayo de 2014 midiéndose medía 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 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 y que en los septiembre y octubre de 2018 no se dispone 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 desciende en verano porque es la época en la que los vientos alisios son más constantes, generan afloramiento de aguas frías menos salinas y se produce un gradiente de temperatura y salinidad este-oeste (Figura 56).

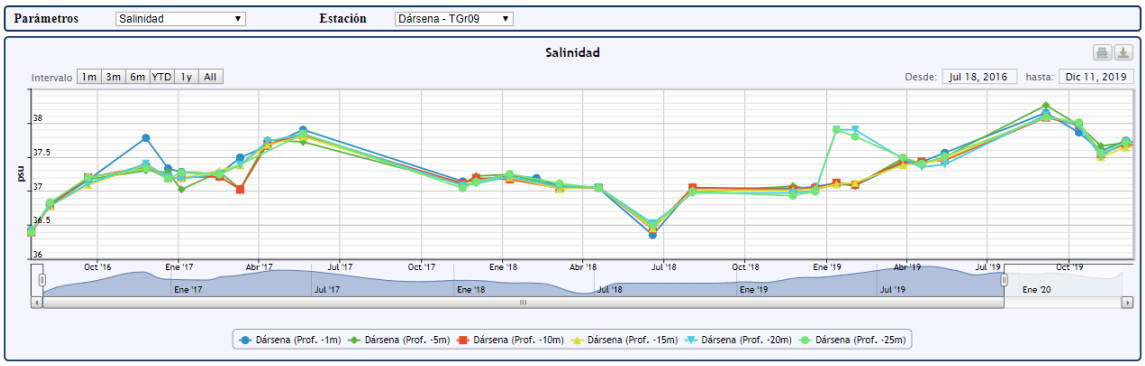


Figura 56. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a diciembre de 2019

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 57).

Figura 57. Turbidez (NTU) registrada en 2019 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 0,14 NTU, con máximos de 2,10 NTU. La turbidez medida en el laboratorio a partir de muestras de aguas son: mínima de 0 NTU, máximo de 1,58 NTU (en fondo en TGr40-Martillo) y media de 0,47 NTU. En general, las aguas son claras.

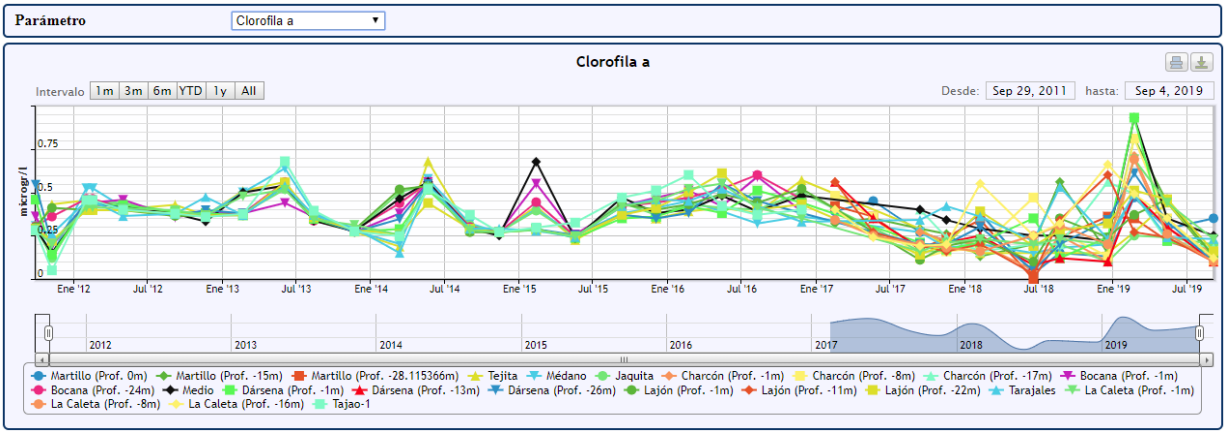
Concentración de clorofila: la concentración de clorofila en las aguas es un indicador de la producción biológica de las algas, bacterias y otros organismos fotosintéticos, de la que, en definitiva, depende toda la vida marina. En Canarias, la concentración de clorofila en aguas abiertas es baja, del orden de 0,1-0,2 mg/m^3, 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 15).

Tabla 15. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla

Clorofila A µg/l	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Valor máximo	0,54	0,54	0,68	0,68	0,68	0,62	0,56	0,66	0,93
Valor mínimo	0,06	0,05	0,26	0,15	0,22	0,32	0,11	0	0,10
Media	0,28	0,35	0,40	0,37	0,37	0,46	0,30	0,24	0,35

El valor medio de clorofila alcanzado en el ejercicio 2016 no se ha llegado a alcanzar en 2019, lo que puede reflejar 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).



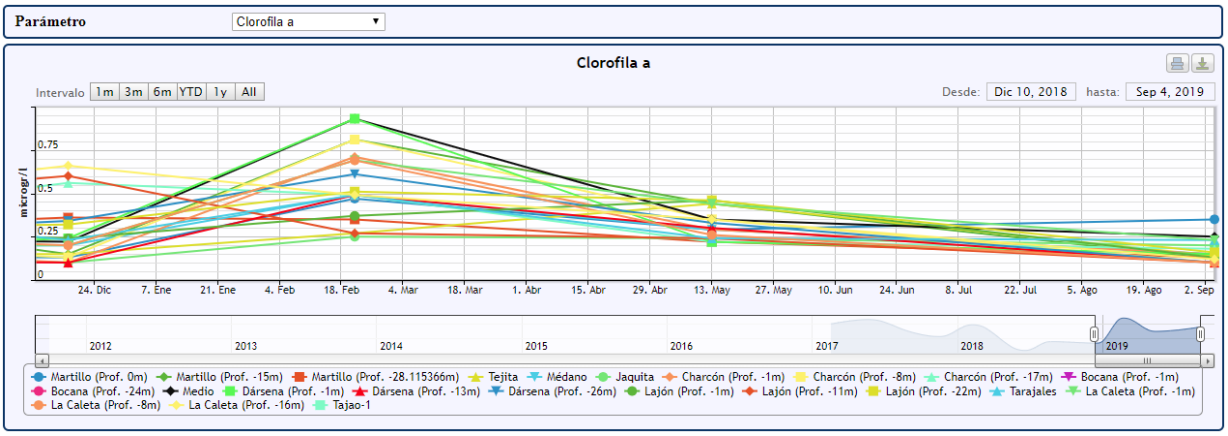


Figura 58. Arriba: evolución de la concentración de clorofila medida con sonda multiparamétrica entre 2011 y 2019 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2019

El vertido de materiales al mar con ocasión de las obras del puerto puede conllevar un aumento de los nutrientes que propicia una proliferación de fitoplancton y el consiguiente incremento de la concentración de clorofila. En este año 2019 no ha habido vertidos así que no se han detectado picos atribuibles a este fenómeno (Figura 58. Arriba: evolución de la concentración de clorofila medida con sonda multiparamétrica entre 2011 y 2019 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2019).

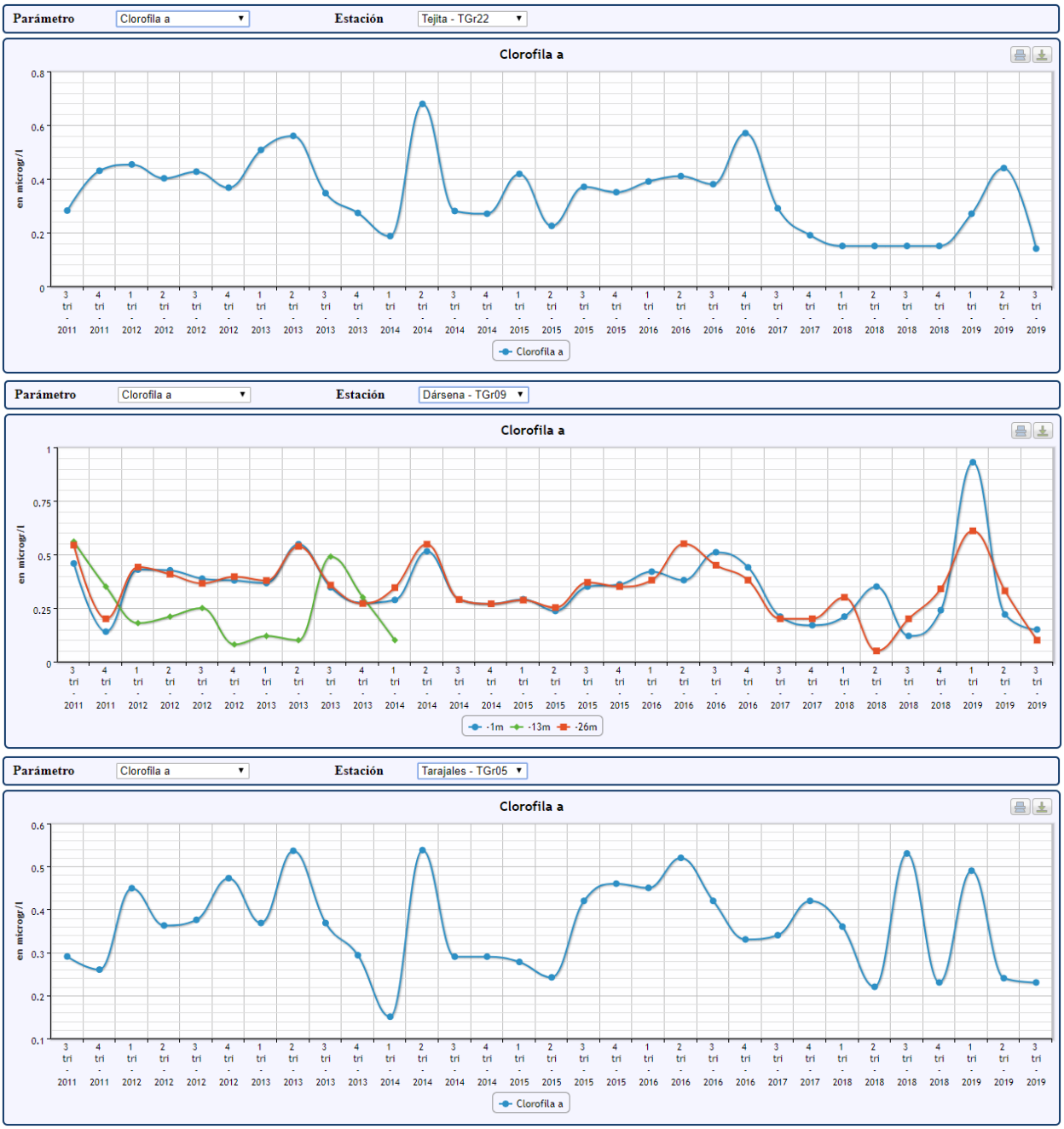


Figura 59. Evolución 2011-2019 de la clorofila a en la estación Tejita (arriba), Dársena (medio) y Tarajales. Equivalencia 1 µg/l = 1 mg/m³ de clorofila A

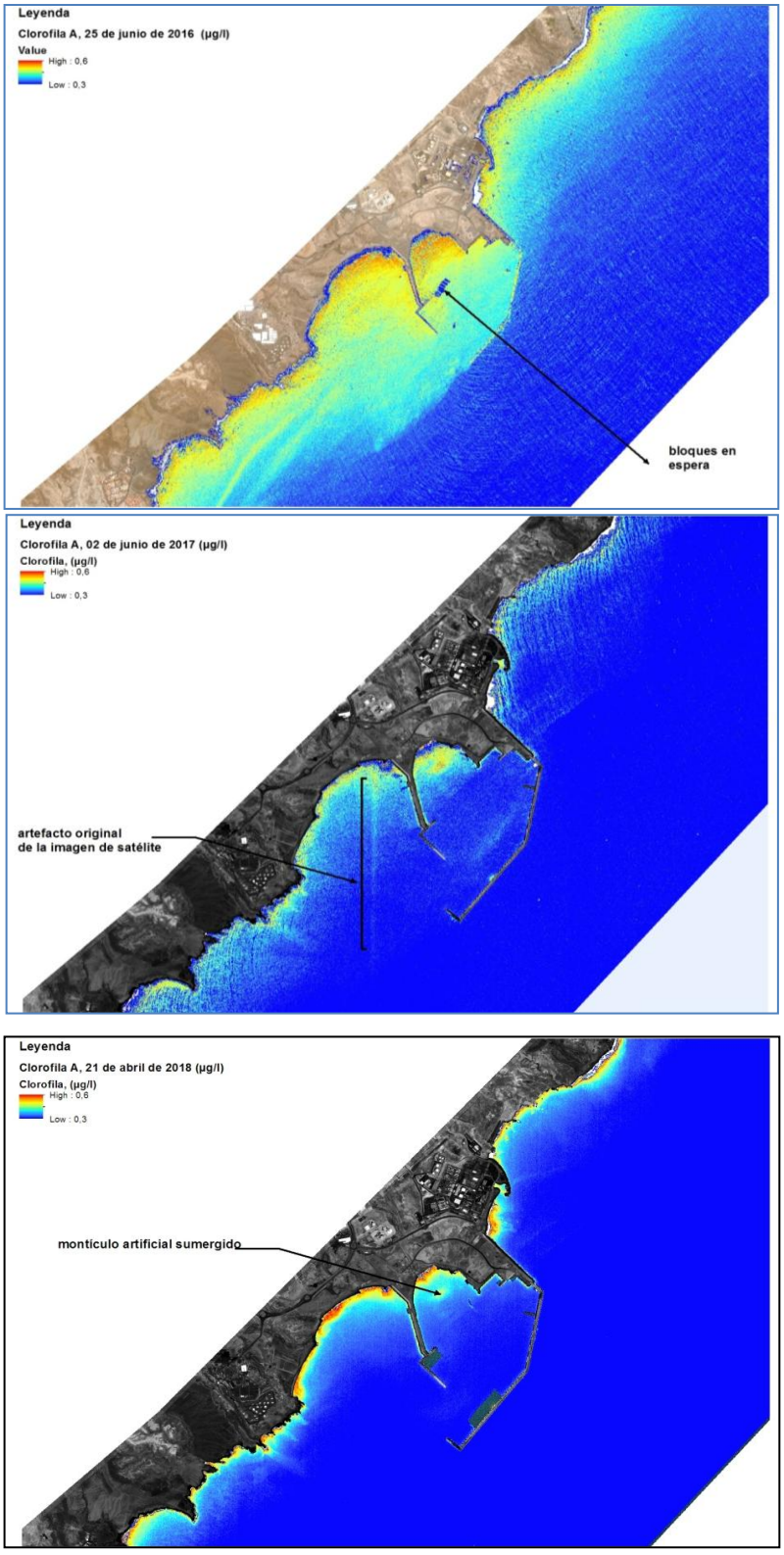


Figura 60. Distribución de la concentración de clorofila 2016, 2017 y 2018.

La concentración de clorofila se sigue también por telemetría, junto con la de la CDOM (*Colored Disolved 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.

La única imagen que ha sido posible tomar en 2019 es de la plataforma WorldView3, para la que no se ajustan los algoritmos de corrección atmosférica desarrollados para el OAG y el WorldView2, para cuya actualización se tramitará la oportuna licitación de un servicio externo.

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. Desde diciembre de 2018 se adjudicó dichos servicios de análisis de aguas en el ámbito de la vigilancia ambiental del puerto a la empresa Indrops Laboratorios de Análisis y calidad medioambiental SL. En dicho concurso la empresa adjudicataria propuso como mejora el aporte de los siguientes parámetros de nueva incorporación a los ya existentes y que servirán para mejorar el control de las calidades de las aguas (Tabla 16):

Tabla 16. Hidrocarburos aromáticos policíclicos, herbicidas, plaguicidas y otras sustancias de nueva determinación en aguas.

Antraceno	µg/l	**PCB52**	mg/l
Benzo-a-antraceno	µg/l	**PCB101**	µg/l
Benzo-g,h,i-perileno	µg/l	**PCB118**	µg/l
Dibenzo-a,h-antraceno	µg/l	**PCB138**	µg/l
Indeno-1,2,3,c,d-pireno	mg/l	**PCB153**	µg/l
Pireno	µg/l	**PCB180**	µg/l
Acenaftileno	µg/l	**suma 7PCBs**	µg/l
Benzo-b-fluoranteno	µg/l	**Aldrin**	µg/l
Benzo-a-pireno	µg/l	**Dieldrin**	µg/l
Fluoranteno	µg/l	**Endrin**	µg/l
Naftaleno	µg/l	**Isodrin**	µg/l
Antraceno	mg/l	**DDT total**	mg/l
Benzo-k-fluoranteno	µg/l	**4,4'-DDT**	µg/l
Criseno	µg/l	**Hexacloro ciclohexano**	µg/l
Fluoreno	mg/l	**Hexacloro benceno**	µg/l
Fenantreno	µg/l	**Atrazina**	µg/l
Antraceno	µg/l	**Clorofenvinfos**	µg/l
Benzo-a-antraceno	µg/l	**Cloropirifos**	µg/l
Benzo-g,h,i-perileno	µg/l	**Isoprotuon**	mg/l
PCB28	µg/l	**Simazina**	µg/l

También 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, reflejando una composición normal en aguas en estado de conservación favorable.

Varios parámetros indicativos de contaminación de nueva determinación (plaguicidas, herbicidas, hidrocarburos aromáticos):

Todos los valores expuestos en la Tabla 16 se encuentran por debajo del límite de detección de 0,01 µg/l, por lo que no se ha detectado ningún tipo de contaminación por estas sustancias.

Nitritos, nitratos y fosfatos: Las concentraciones de estas sales quedan por debajo del nivel de detección (0,1 mg/l para nitritos y fosfatos y 0,2 para nitratos) en todas las estaciones y para todos los cuatrimestres. La persistente ausencia de fosfato en las analíticas podría explicarse por la rápida asimilación por parte del fitoplancton. Esta circunstancia también se produjo durante la fase de obras, cuando había aportes terrígenos, y lejos de suponer una contaminación, actúan como fertilizantes (Figura 61).

Figura 61. Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla y desde 2011 hasta 2019, inclusive

La materia en suspensión en 2019 presenta valores que van desde 0 mg/l a picos de 16,60 mg/l. Se continúa con tendencia observada en 2018.

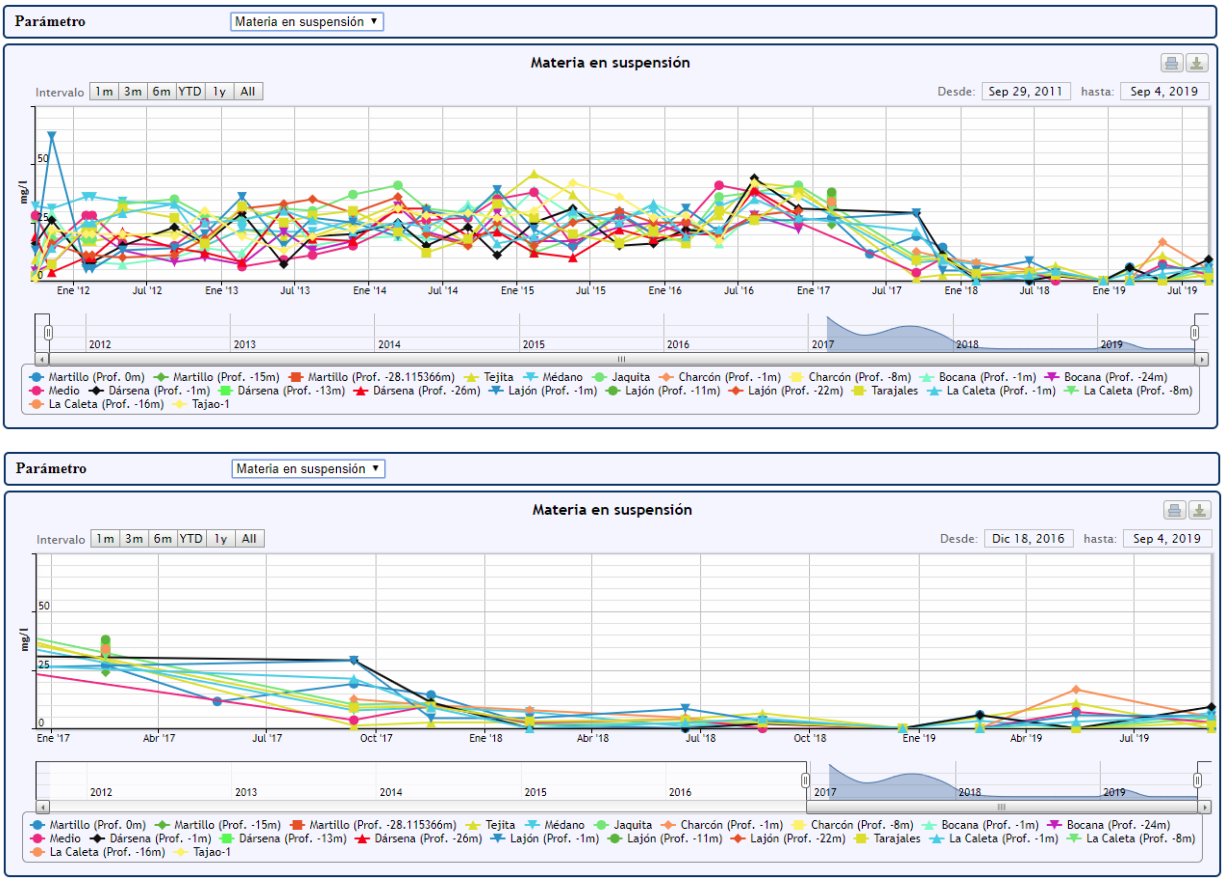


Figura 62. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2019 según las estaciones. Abajo: datos del 2017 a 2019

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 63).

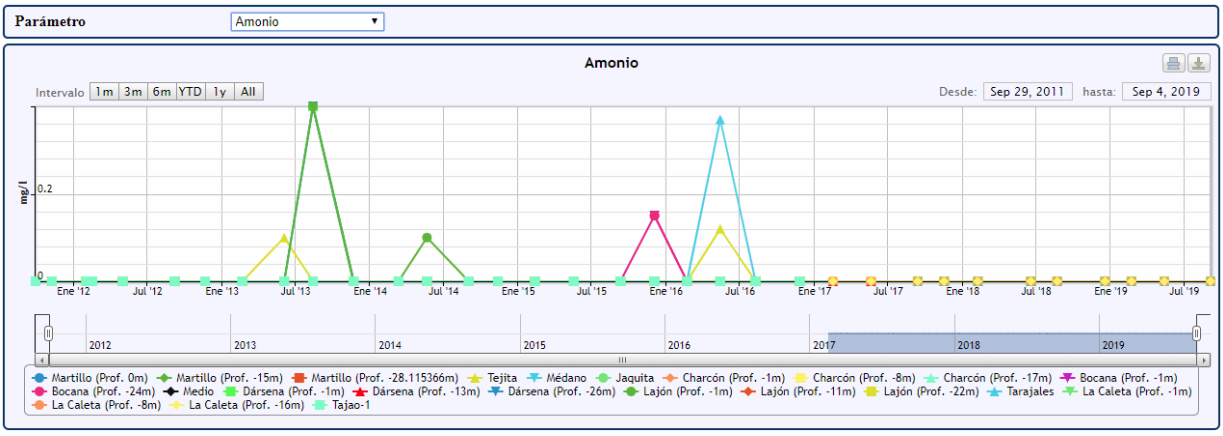


Figura 63. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2019)

Carbono orgánico total: En todos los muestreos dicho parámetro ha estado por debajo del límite de detección de 0,10 mg/l confirmando tendencia de años anteriores. (Figura 64).

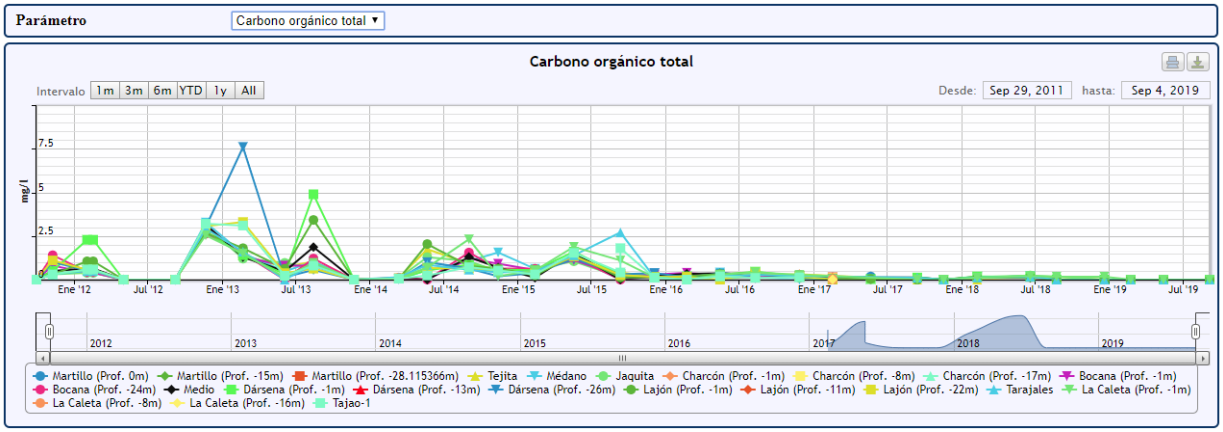


Figura 64. Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2019.

Aceites y grasas: Siguiendo la tendencia de años anteriores, los valores para todos los muestreos del año 2019, están por debajo del límite de detección de 5 mg/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 65).

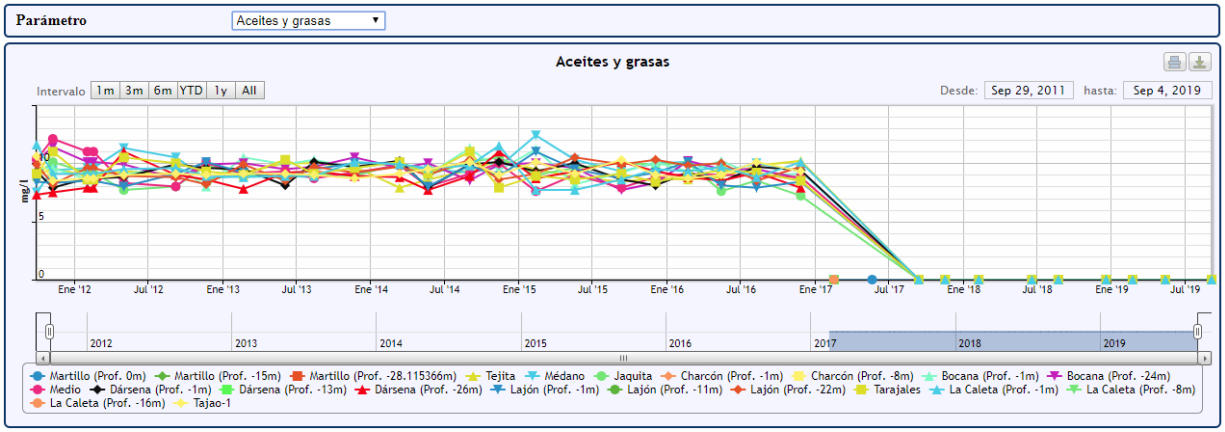


Figura 65. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2019)

Detergentes. En 2019 las concentraciones de detergentes son inferiores al límite de detección de 0,10 mg/l, por lo que se continúa con la tendencia del año anterior (Figura 66).

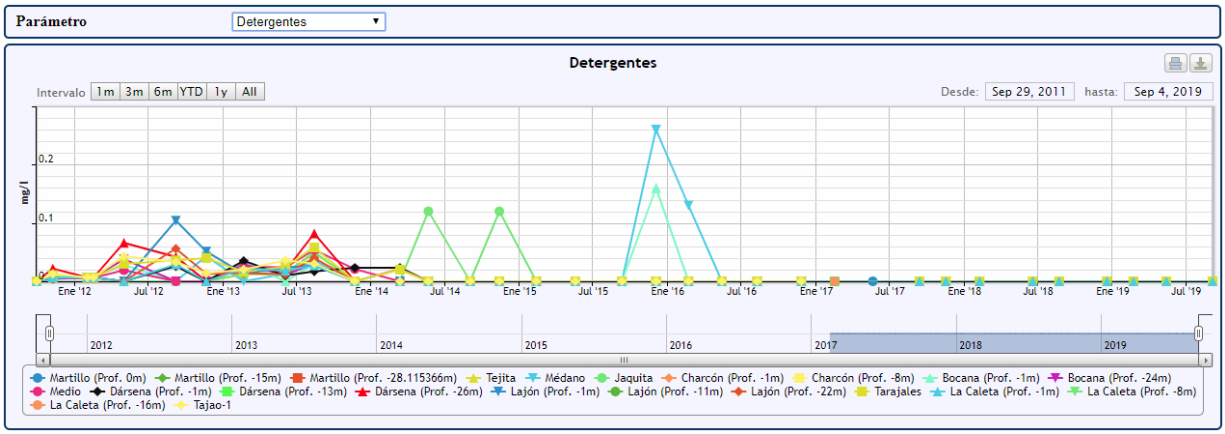


Figura 66. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2019)

Hidrocarburos totales: el valor máximo de referencia de hidrocarburos totales (2005) es de 870 µg/l. Dicho máximo no se ha alcanzado en ninguna estación durante el periodo de obras, incluido el presente ejercicio (2012-2019), con registros inferiores a < 160 µg/l.

En 2015 el valor máximo es de 157 µg/l, por debajo del valor de referencia. Este ligero aumento registrado en 2015 no se continúa en los años 2016 a 2019. El valor máximo en 2019 es de 24,50 µg/l en la estación La Jaquita (TGr18) (Figuras Figura 67 y Figura 68). El valor promedio para el 2019 es de 10,95 µg/l.

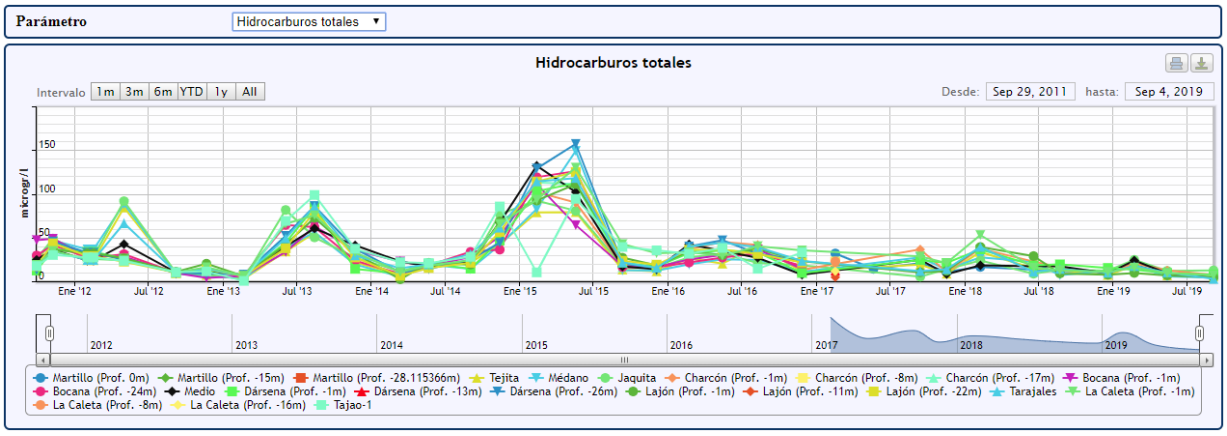


Figura 67. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2019 en la costa de Granadilla

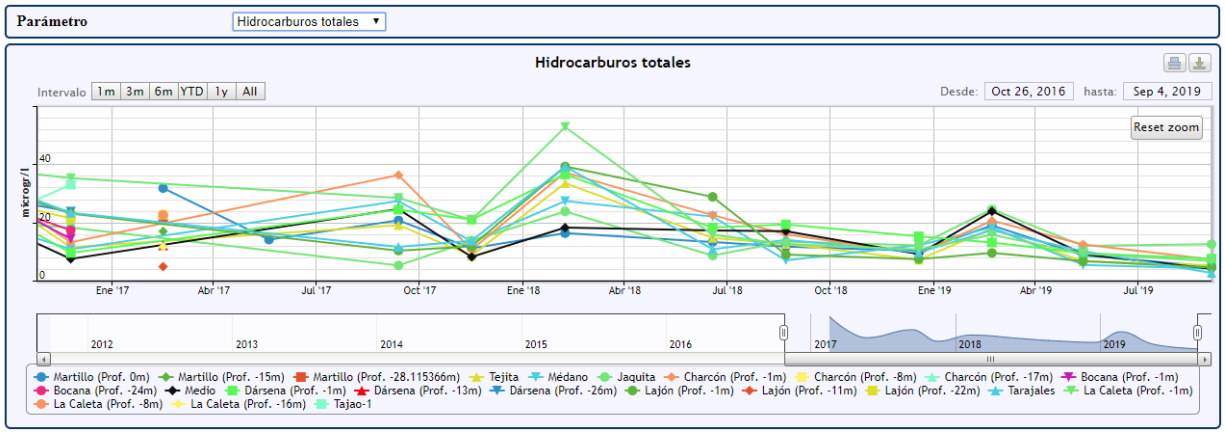


Figura 68. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017 - 2019 a lo largo de la costa de Granadilla

Metales pesados (As, Cr, Zn, Cu), tolueno, PAHs, benceno y TBT: Los valores de los metales: arsénico, cromo, cobre y cinc están por debajo del límite de detección de 0,001mg/l.

En ninguno de los muestreos programados se detectaron concentraciones de tolueno, PAHs, benceno y TBT superiores al límite de detección del instrumental (0,001 µgr/l). Esto es indicativo de la ausencia de contaminación procedente de hidrocarburos o metales pesados.

La Figura 69 resume la evolución temporal de todos los parámetros en la estación TGr09 situada en la dársena del puerto y sirven de resumen general.

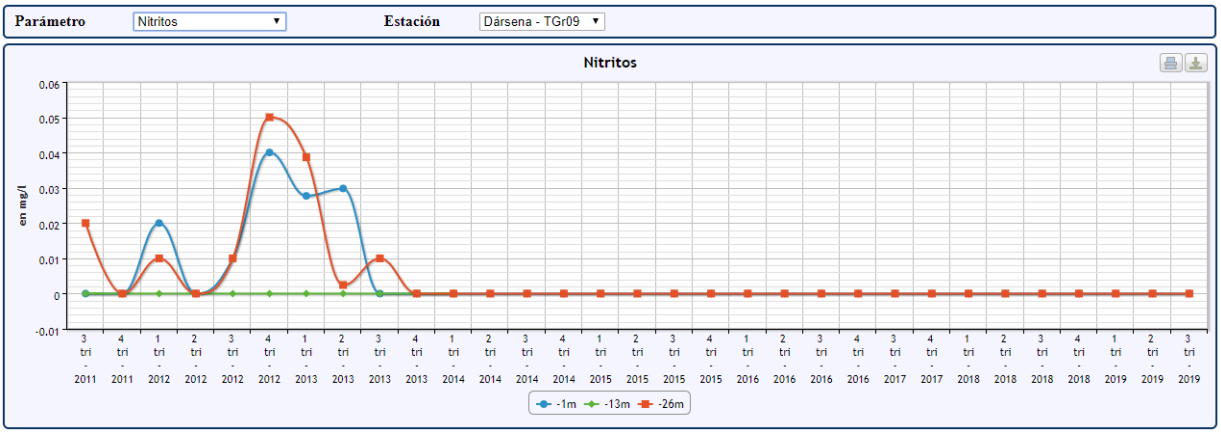


Figura 69A. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 "Dársena"

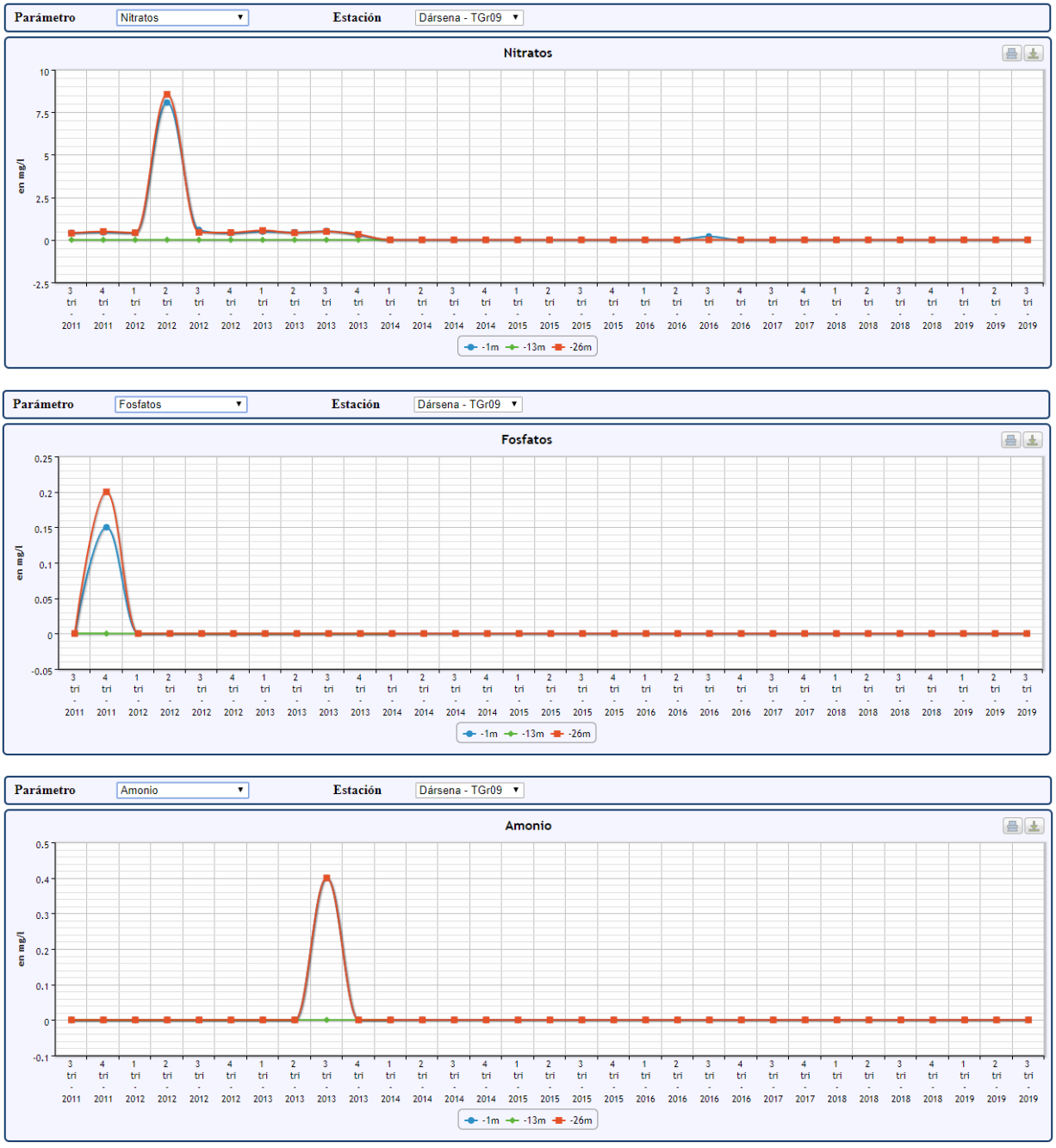


Figura 69B. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 "Dársena".

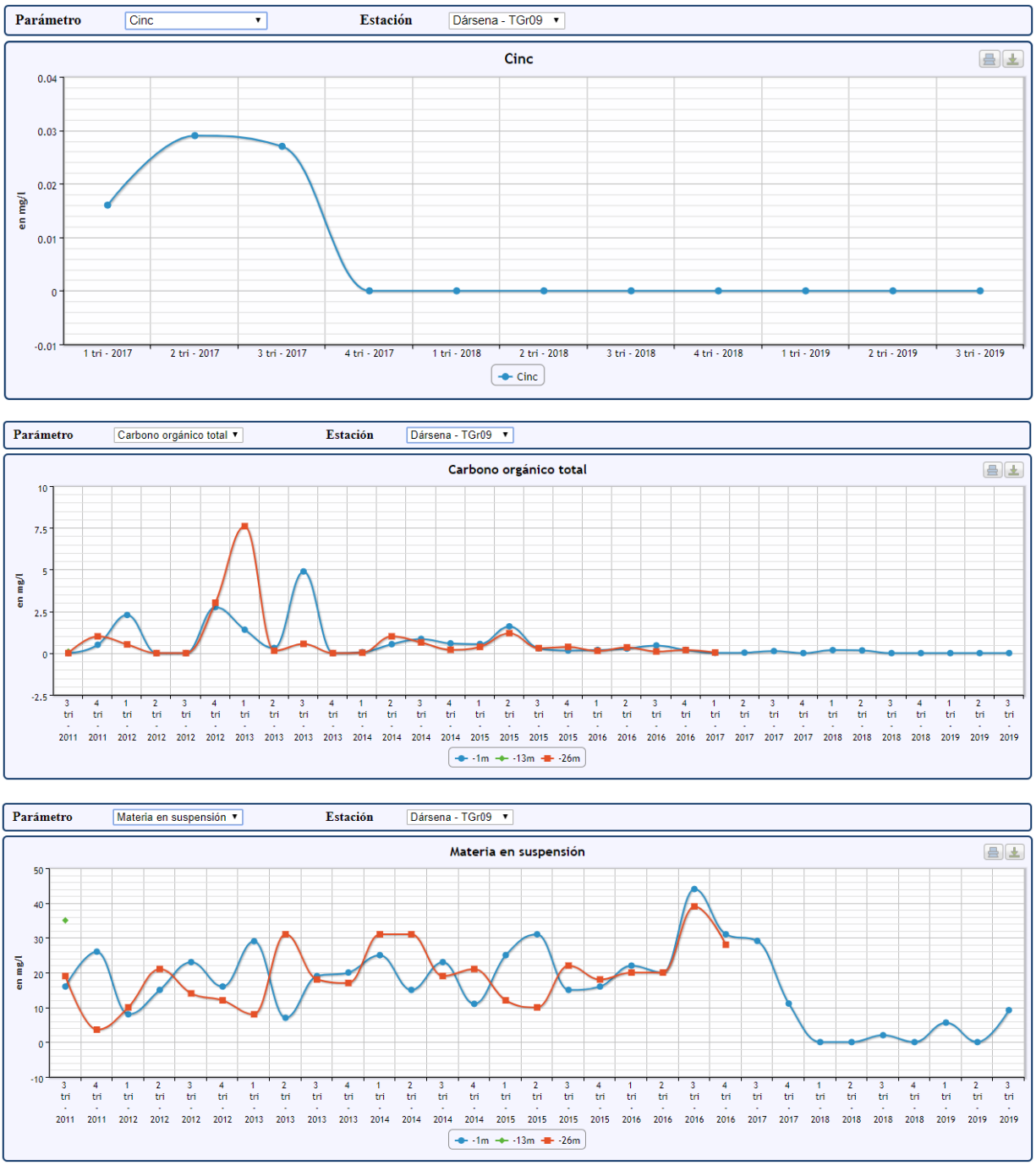


Figura 69C. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 "Dársena".

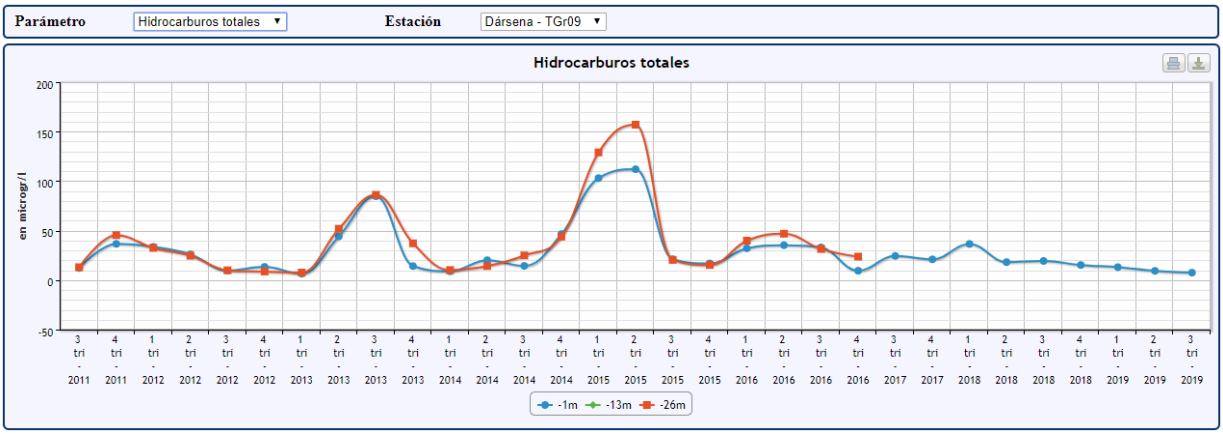


Figura 69D. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 "Dársena".

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 2019 no se pudieron muestrear los meses de junio, julio y agosto debido a las malas condiciones meteorológicas existentes, problema que quedará solventado una vez se establezca el puerto de Granadilla como puerto base de la embarcación del OAG (Figura 70).

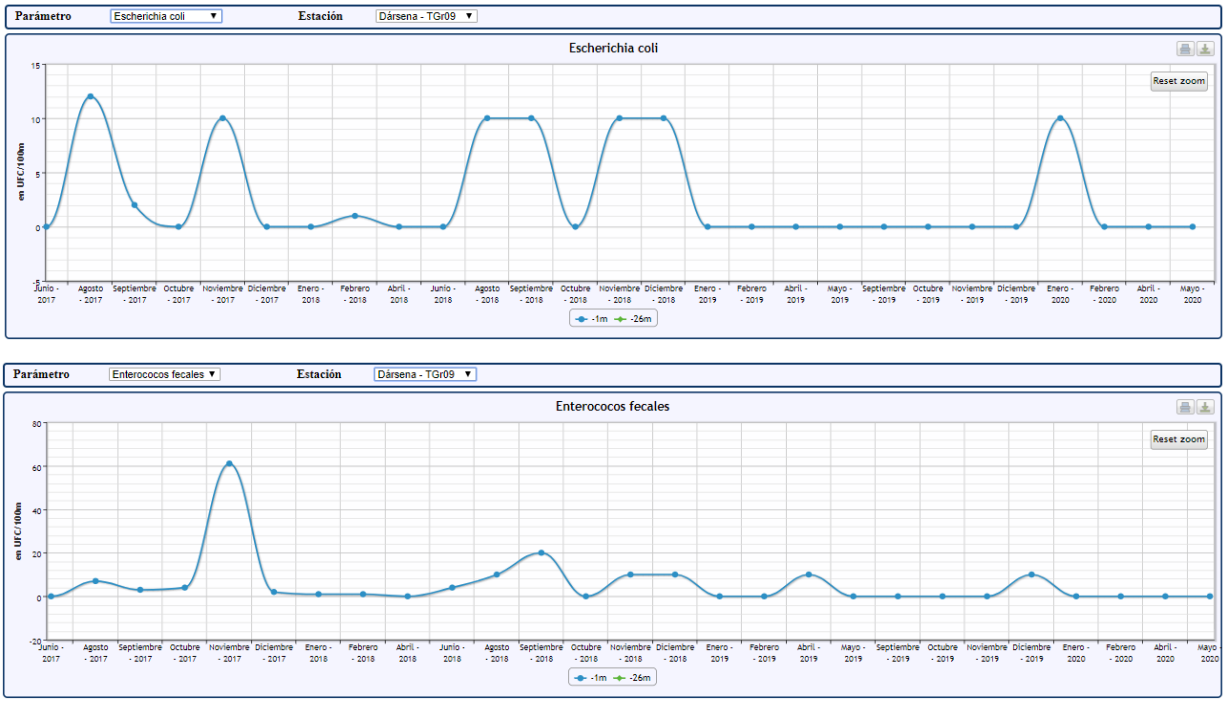


Figura 70. Evolución de concentraciones de *Escherichia coli* y de *enterococos* fecales en la TGr09-Dársena

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).

En 2019 únicamente son destacables dos ligeros incrementos registrados en enero y septiembre en *E.coli*. En ambos casos el valor obtenido fue de 41 UFC/100 ml. El valor máximo detectado para *enterococos* fue de 20 UFC/100 ml. Valores en todos los casos por debajo de los límites legales establecidos (Figura 71).

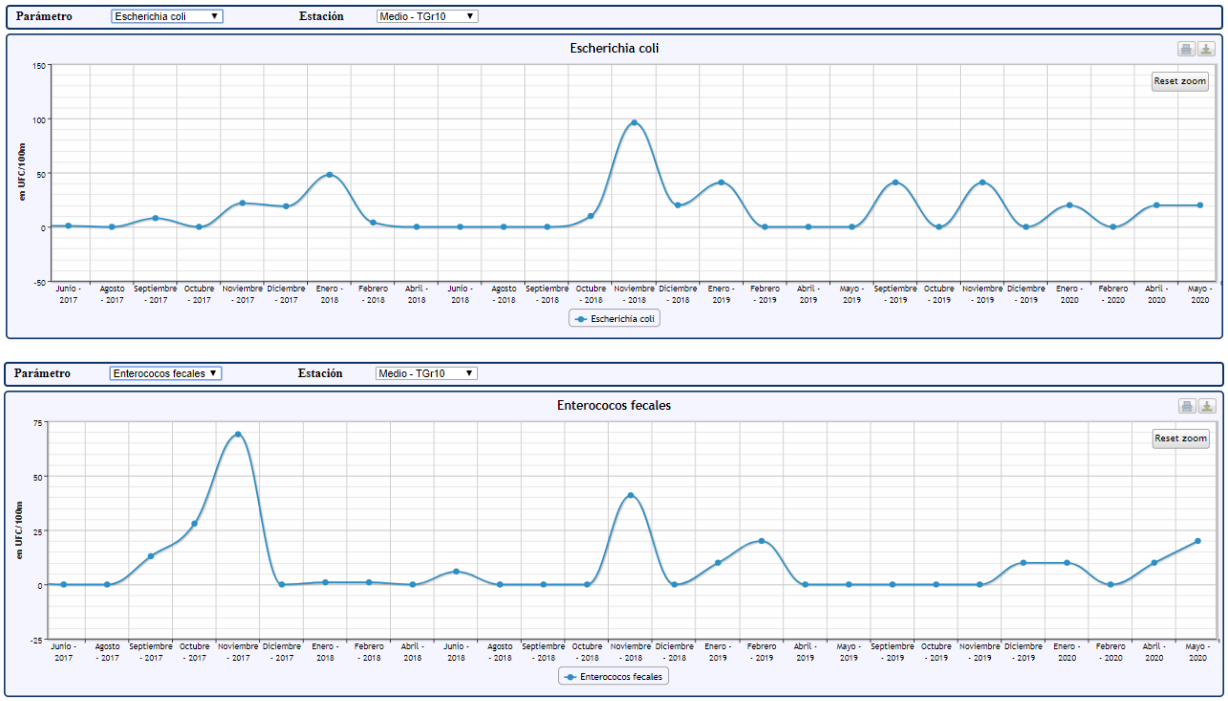


Figura 71. Evolución de concentraciones de Escherichia coli y de Enterococos fecales en la TGr10-Medio

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 a título orientativo, y se hace en las mismas diez estaciones que se emplean para la calidad de aguas. Hay que tener en cuenta que en el año 2019, sólo se ha realizado dos muestreos, el mínimo estipulado. 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 la zona portuaria (interior de la bahía del puerto). El resto de estaciones fueron recogidas por buceador autónomo.

3.5.4.1 *Granulometría*

Figura 72. Clasificación D50 de los sedimentos muestreados en 2019

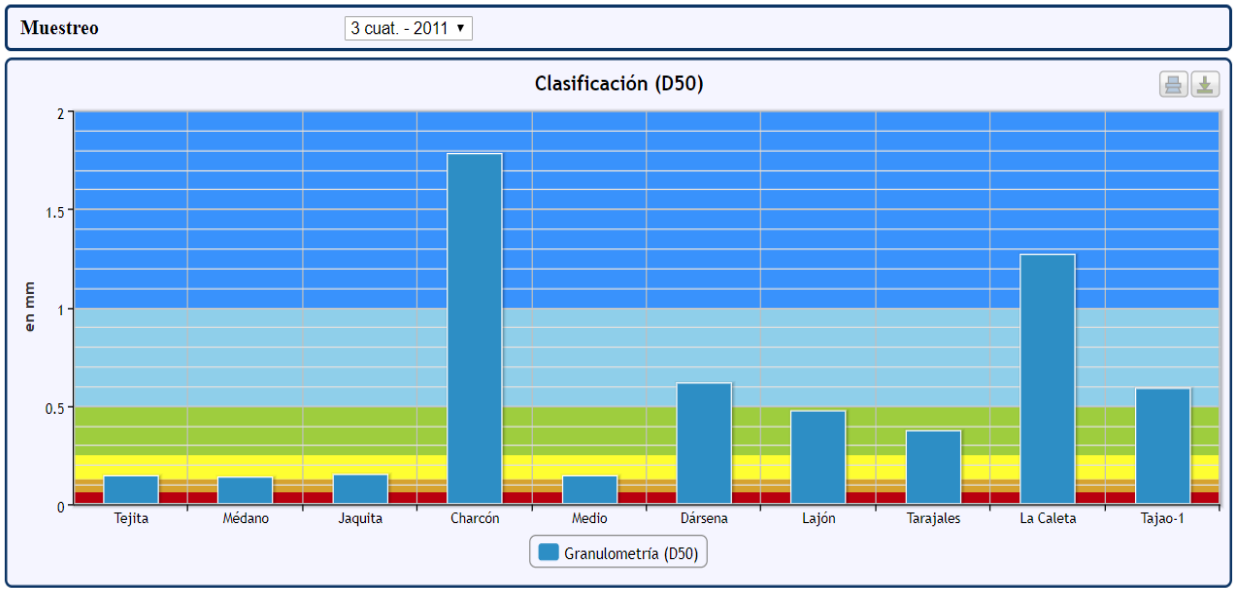


Figura 73. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)

Las gráficas que anteceden muestran para 2011 (Figura 73) y 2019 (Figura 72), 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 los valores de referencia del año 2011 (Figura 74)

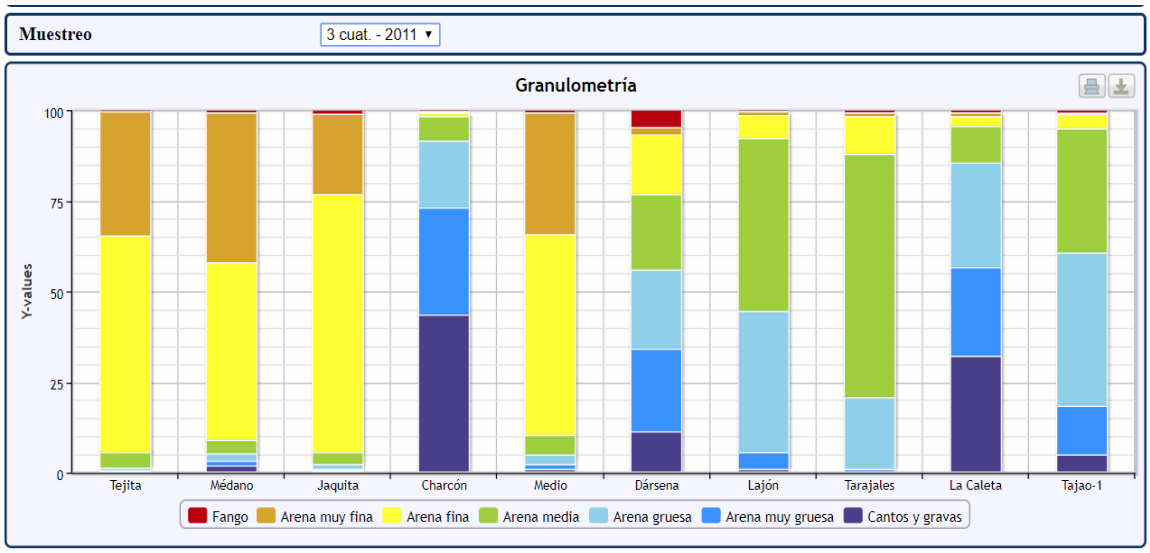


Figura 74. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia)

Figura 75. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2019: arriba 1er muestreo realizado, abajo 2^{a} muestreo.

La Figura 75 muestra la composición granulométrica de 100 gramos de sedimentos en los dos muestreos llevados a cabo en 2019. Por los fenómenos de la dinámica marina, la granulometría es bastante variable según época del año, aunque por norma general existe predominio de arenas finas. 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 de las analíticas que se venían haciendo, 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 trasportada 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 ligeros decrementos en 2016, salvo los valores de fosfatos y nitrógeno (Tabla 17. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2019. Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior). En 2017 se produce un aumento medio respecto a años anteriores en materia orgánica, carbono orgánico total, hidrocarburos y nitrógeno total. En 2018 y 2019 se observa un aumento en materia y carbono orgánico, y fósforo total respecto a años anteriores. Respecto al Nitrógeno Kjeldahl en 2019 se ha visto una disminución generalizada en todos los muestreos.

Tabla 17. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2019. Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior

Sedimentos	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Componentes y	2019	2019	2019	2019	2010
Partículas D_{50}	mm	**0,20**	**0,38**	0,93	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,50	1,01	**2,78**	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	2,89	5,87	**16,13**	-
Fosfatos	mg/kg	0	1,65	**24,50**	0,38 - 0,86
Nitrógeno total	mg/kg	0	10,75	**97**	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	34,06	**574,99**	**1.962,37**	
Contaminantes	2019	2019	2019	2019	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	**1,20**	**2,42**	**3,51**	<1,5
Componentes y	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	mg/kg	38	155,12	329	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	95,90	391,09	1.180,00	
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	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	mg/kg	41	250,64	1.355,00	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	33,80	106,94	164,00	
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	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	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	**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	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

Materia orgánica y carbono orgánico total (COT). En 2019 estos dos parámetros permanecen estables con la misma tendencia que en 2018.

Tabla 18. Evolución de la concentración de materia orgánica en sedimentos a en la costa de Granadilla.

Materia orgánica (%)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Valor máximo	1,71	1,43	1,02	1,02	1,30	1,05	1,90	2,69	2,78
Valor mínimo	0,05	0,11	0,19	0,52	0,58	0,69	0,12	0,53	0,50
Media	0,39	0,56	0,77	0,88	0,86	0,89	0,97	1,07	1,01

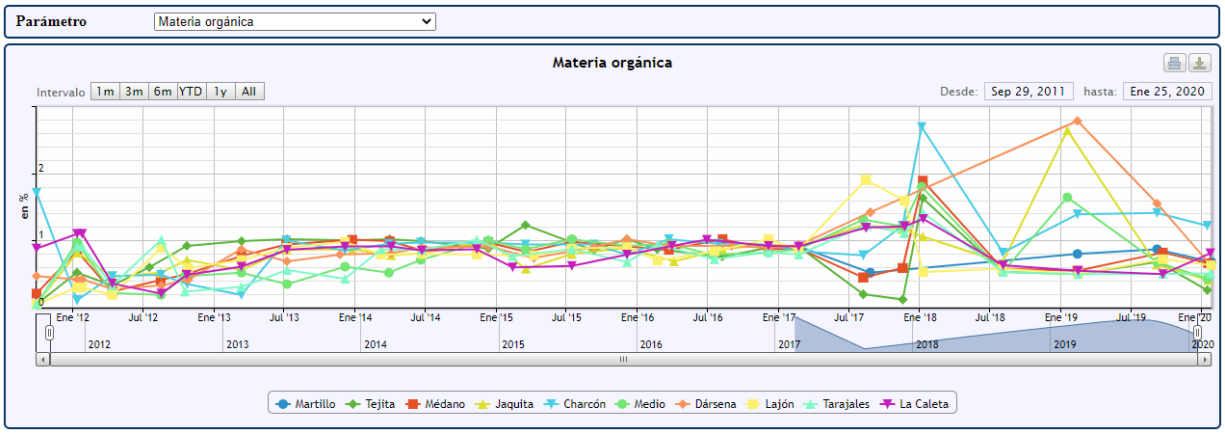


Figura 76. Variación temporal (2011-2019) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de Granadilla. Arriba: gráfica general. Abajo: gráfica sin mostrar los dos picos obtenidos en 2019 en la TGr10 (Dársena)

Hidrocarburos totales. En 2019 no se ha llegado a alcanzar los valores obtenidos en 2017, pero si se observa un ligero aumento generalizado en todas las estaciones. No se ha podido asignar una causa clara a los datos elevados obtenidos en 2017 (FigurasFigura 77 y Figura 78).

Tabla 19. Evolución de la concentración de hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos en la costa de Granadilla.

HCT (mg/kg)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Valor máximo	1057,60	235,10	1,75	1,95	1,73	1,55	7,49	1,28	3,51
Valor mínimo	37,70	0,10	0,30	0,40	0,23	0,37	0,71	0,71	1,20
Media	340,69	35,37	0,72	0,98	0,90	0,81	2,42	0,98	2,42

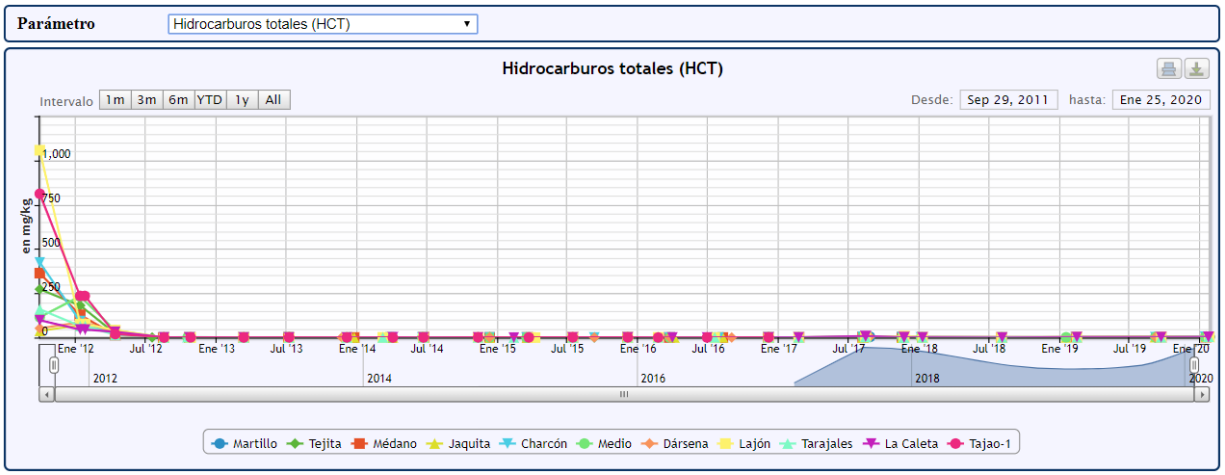


Figura 77. Variación temporal (2011-2019) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

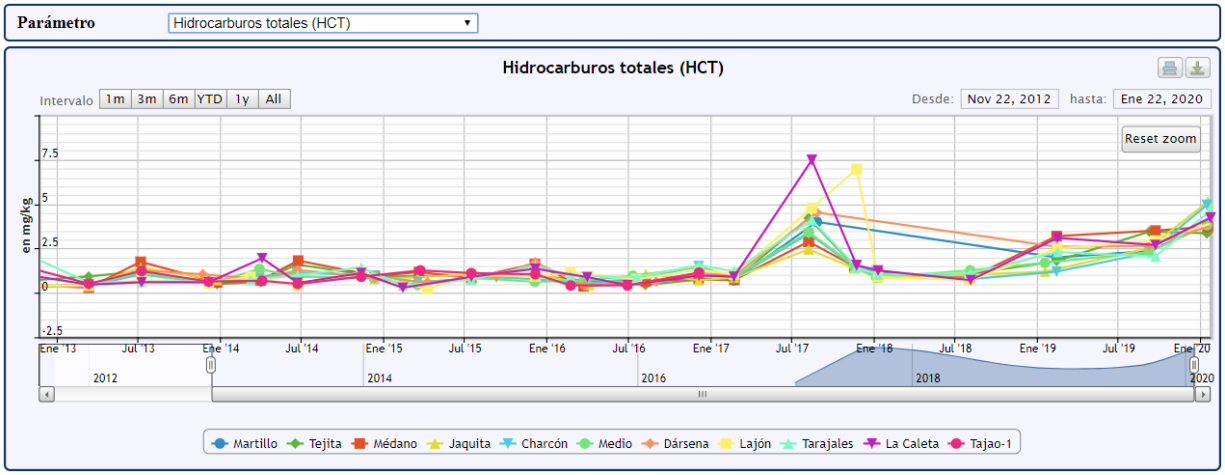


Figura 78. Variación temporal (2014-2019) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

Nitrógeno total. En 2019 se nota un descenso generalizado en todos los muestreos realizados. Un total de 14, de los 20 muestreos llevados a cabo (2 por estación), han dado un valor de 0. Los valores máximos que se obtuvieron en 2017 fueron en las dos estaciones existentes dentro del puerto (TGr09 y TGr40). En el año 2018 no se pudo recoger muestras en estas estaciones por no disponer de los permisos para poder realizar buceo autónomo en el interior del puerto y en el año 2019 se observaron valores bajos en ambos casos (19 y 26 mg/kg en la TGr09 y 0 en ambos muestreos realizados en la TGr40).

Tabla 20. Evolución de la concentración de nitrógeno total en sedimentos en la costa de Granadilla.

Nitrógeno total (mg/kg)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Valor máximo	392,00	523,80	572,40	1299,20	309,00	395,00	1355,00	329,00	97,00
Valor mínimo	56,00	0	0	0	13,00	6,00	41,00	38,00	0
Media	193,20	145,94	200,55	171,70	131,36	125,39	250,64	155,12	10,75

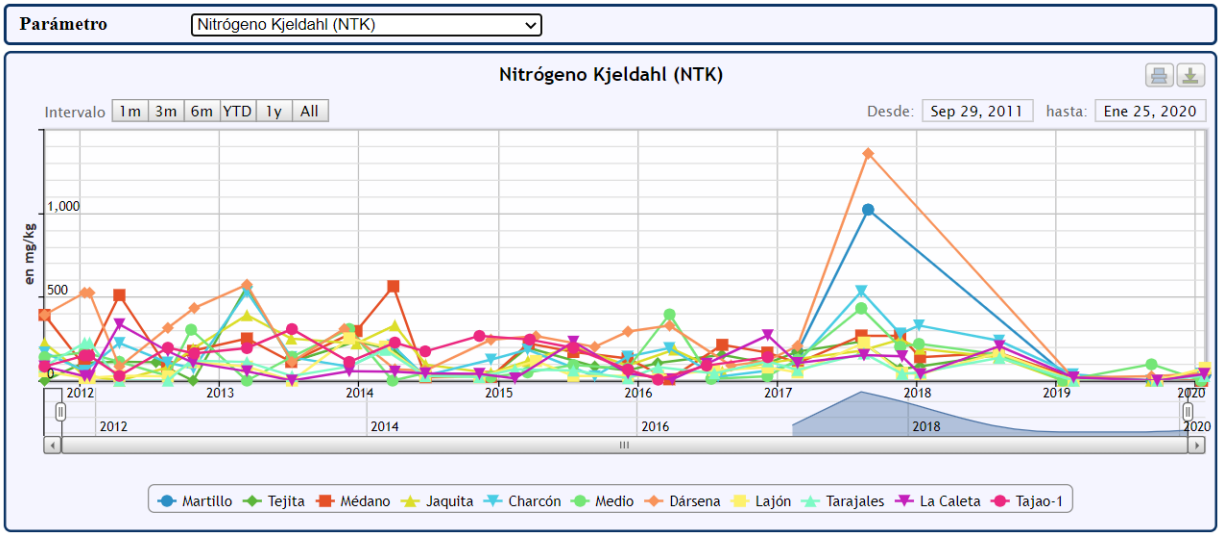


Figura 79. Variación temporal (2011-2019) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla

Fósforo total: se continúa la tendencia ascendentes detectada en 2018 para todas las estaciones muestreadas. En el primer muestreo del 2020, cuyos datos disponemos a fecha de realización del presente informe, se obtienen valores bastante por debajo de los registrados para el 2019. Los valores elevados, tal y como se observan en la Tabla 21, son principalmente en las estaciones ubicadas al norte del puerto (TGr04, TGr05 y TGr08), aunque también se obtienen dos valores elevados en la estación TGr10 ubicada al resguardo del contradique del puerto y en la TGr40 justo en la bocana de entrada al puerto.

Tabla 21. Evolución de la concentración de fósforo total (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla

Fosforo total (mg/kg)	2017	2018	2019
Valor máximo	164.00	1180,00	1962,37
Valor mínimo	33,80	95,90	34,06
Media	164,00	391,09	574,99

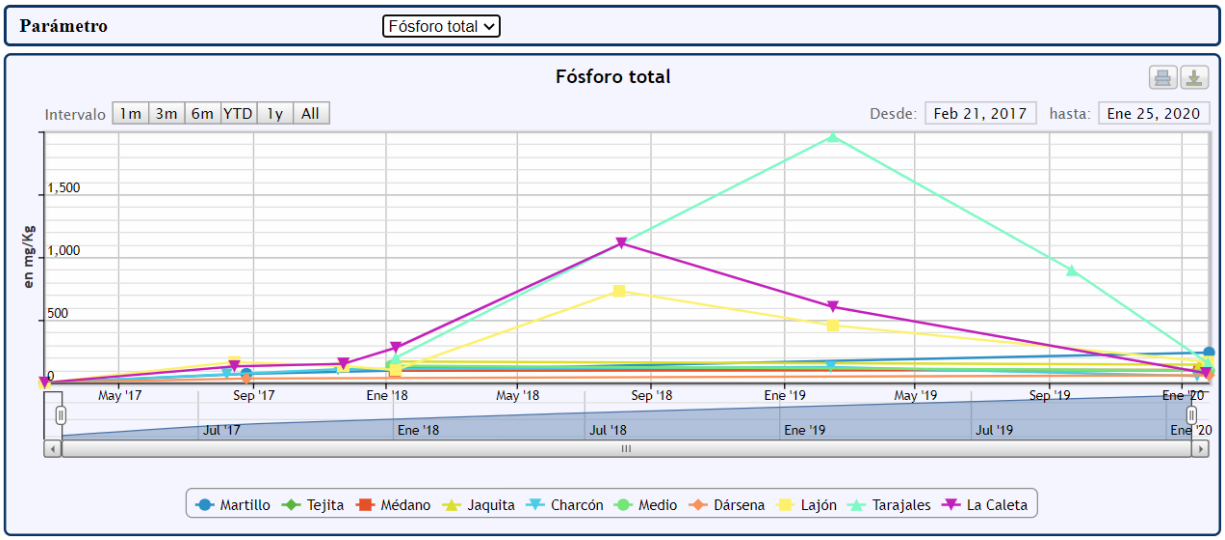


Figura 80. Variación temporal (2011-2019) del fósforo total en las estaciones en Granadilla

Fosfatos: Por norma general se mantiene la tendencia descendente en los valores obtenidos en este parámetro, a excepción de los valores tomados en el primer semestre del año, en las dos estaciones dentro del puerto, TGr09 y TGr40 (Figura 81y Tabla 23). Los datos obtenidos en ambas estaciones fueron de 5,02 y 24,50 mg/kg en el primer muestreo del año realizado (Tabla 22. Evolución de la concentración de fosfatos (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla.). El resto de valores obtenidos no sufren variación de consideración con respecto a los del año pasado.

Tabla 22. Evolución de la concentración de fosfatos (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla.

Fosfatos (mg/kg)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Valor máximo	4,30	9,70	10,20	8,34	15,20	24,90	11,41	5,25	24,50
Valor mínimo	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0
Media	1,55	1,52	3,16	1,82	1,87	4,40	2,51	0,78	1,65

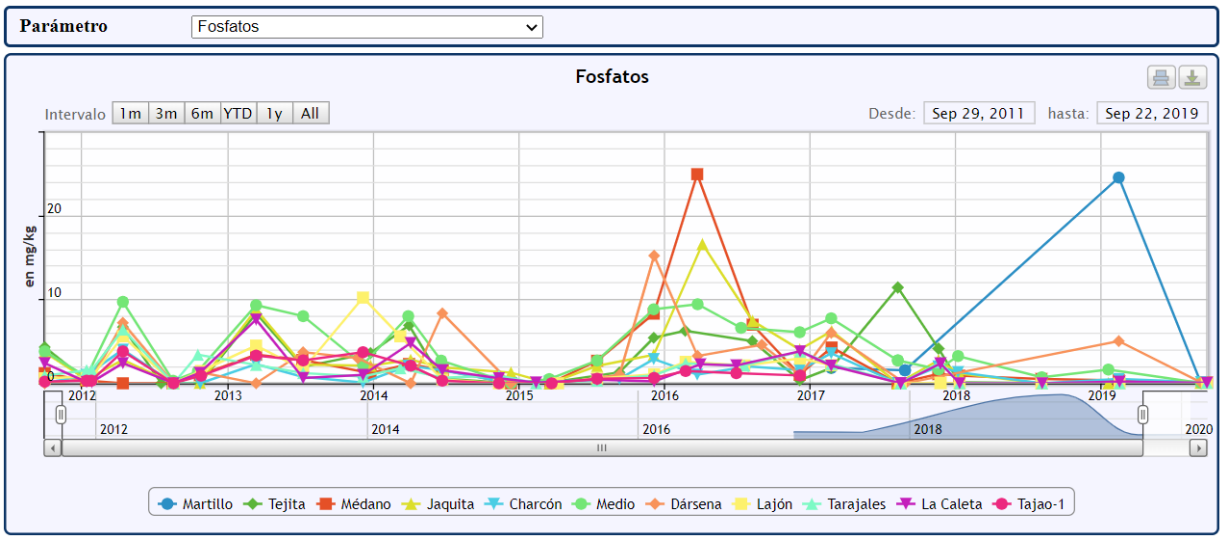


Figura 81. Variación temporal (2011-2019) de fosfatos en sedimentos Granadilla

Tabla 23.Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018 y 2019 (mg/kg).

SEDIMENTOS	Fecha muestreo	P total 2018	Fosfatos 2018	Fecha muestreo	P total 2019	Fosfatos 2019
Estación		**mg P/kg**	**mg/kg**		**mg P/kg**	**mg/kg**
TGr.r04 La Caleta	09/01/2018	279	0	14/02/2019	603,77	0,18
TGr05 Tarajales	09/01/2018	199	0	14/02/2019	**1962,37**	0
TGr08 Lajón	09/01/2018	102	0	14/02/2019	457,02	0
TGr09 Dársena	*			12/02/2019	67,49	**5,02**
TGr10 Medio	05/01/2018	136	3,24	17/01/2019	**1266,84**	1,64
TGr14 Charcón	05/01/2018	110	1,34	12/02/2019	124,53	0,5
TGr18 Jaquita	08/01/2018	169	1,18	17/01/2019	739,49	0
TGr19 Médano	08/01/2018	95,9	0,91	12/02/2019	585,51	0,34
TGr22 Tejita	08/01/2018	116	0,11	12/02/2019	672,95	0,08
TGr40 Martillo	*			12/02/2019	236,09	**24,5**
TGr04 La Caleta	04/08/2018	**1110**	0	21/09/2019	**1200,7**	0,06
TGr05 Tarajales	04/08/2018	---	0	21/09/2019	898,1	0,06
TGr08 Lajón	02/08/2018	731,2	0	21/09/2019	**1255,2**	0,05
TGr09 Dársena	*			06/09/2019	123,3	0,12
TGr10 Medio	03/08/2018	465	0,72	06/09/2019	614,80	0,05
TGr14 Charcón	03/08/2018	---	0	06/09/2019	34,06	0,15
TGr18 Jaquita	02/08/2018	---	0	05/09/2019	47,24	0,06
TGr19 Médano	02/08/2018	---	0,51	21/09/2019	443,93	0,1
TGr22 Tejita	02/08/2018	---	0,05	07/09/2019	89,76	0,02
TGr40 Martillo	02/08/2018	**1180**	**5,25**	06/09/2019	76,6	0,07
Observación	*= No se pudo trabajar en el interior del puerto					
	mínimo	95,90	0,00	**mínimo**	34,06	0,00
	medio	391,09	0,78	**medio**	574,99	1,65
	máximo	1180,00	5,25	**máximo**	1962,37	24,50

PAHs, TBT, DBT, MBT: igual que en los años previos, en 2019 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 el OAG se ha 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 2019 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 24 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 respecto al año anterior. No se tiene valor de referencia de arsénico en sedimentos; se anota el obtenido en agua.

Tabla 24. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2019

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	-
Metales pesados - 2019	**unidades**	**Mínimo**	**Media**	**Máximo**	**Referencia**
Zinc	mg/kg	14,60	22,86	29,90	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	1,54	2,31	2,90	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0	1,01	2,60	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	3,20	10,83	15,30	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	3,53	7,60	13,60	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	0,60	3,04	6,90	[12,5 – 17,5]*
Cobalto	mg/kg	1,66	3,27	5,00	-
Estaño	mg/kg	0	0,24	0,90	-
Vanadio	mg/kg	13,20	18,86	25,30	-

*=Valor de referencia en sedimentos no disponible. Se muestra el valor en aguas.

En 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 2018 la tendencia respecto a los metales Zn y Cd continúa en aumento en el primer muestreo anual realizado y decrece en el

segundo muestreo (Figura 82). Así mismo el Pb para la tendencia ascendente que llevaba teniendo desde el 2017 (Figura 82, gráfico 3).

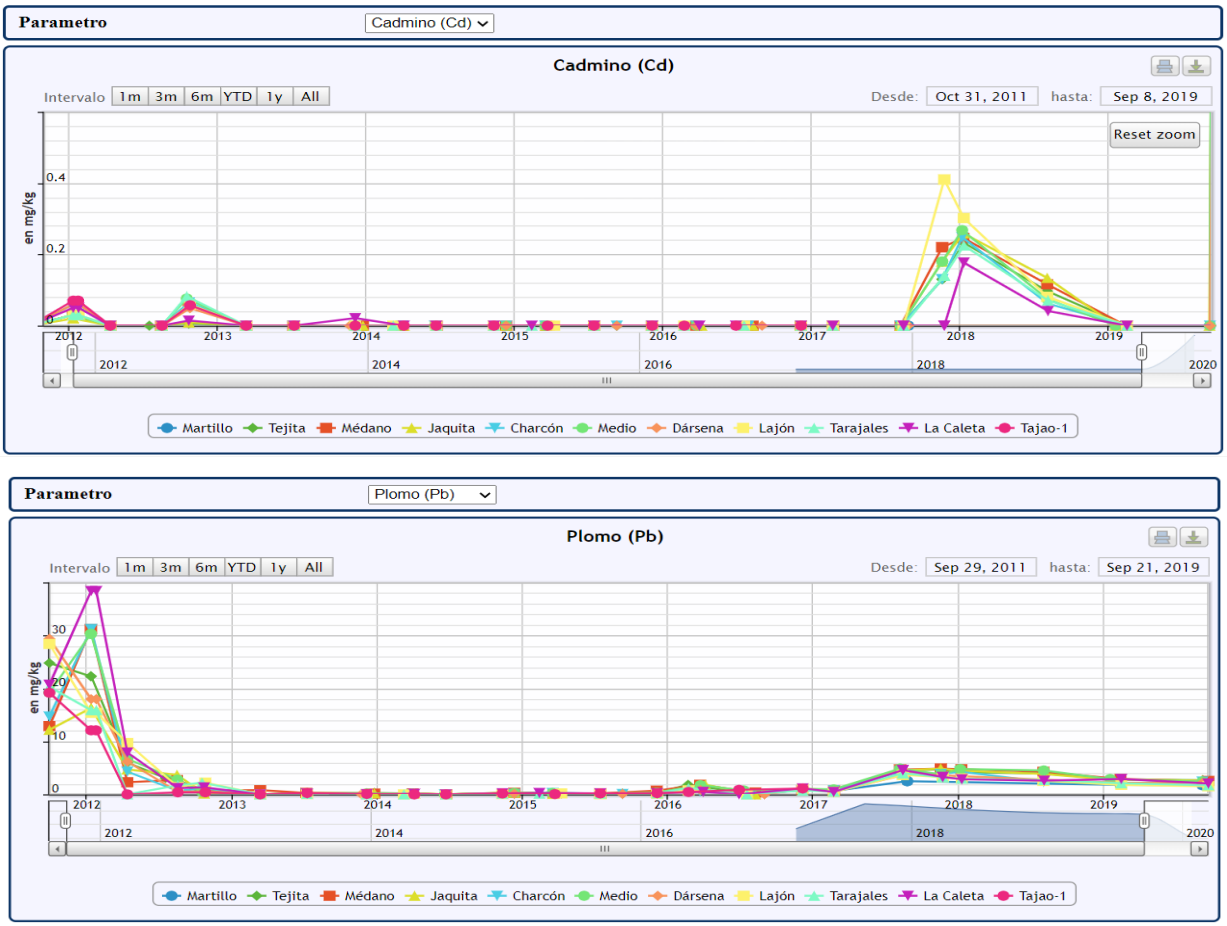


Figura 82. Concentración de cinc, cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla

Respecto a los metales Cu, Ni y Cr hay un descenso importante y generalizado respecto a los años anteriores (Figura 83).

Figura 83. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla

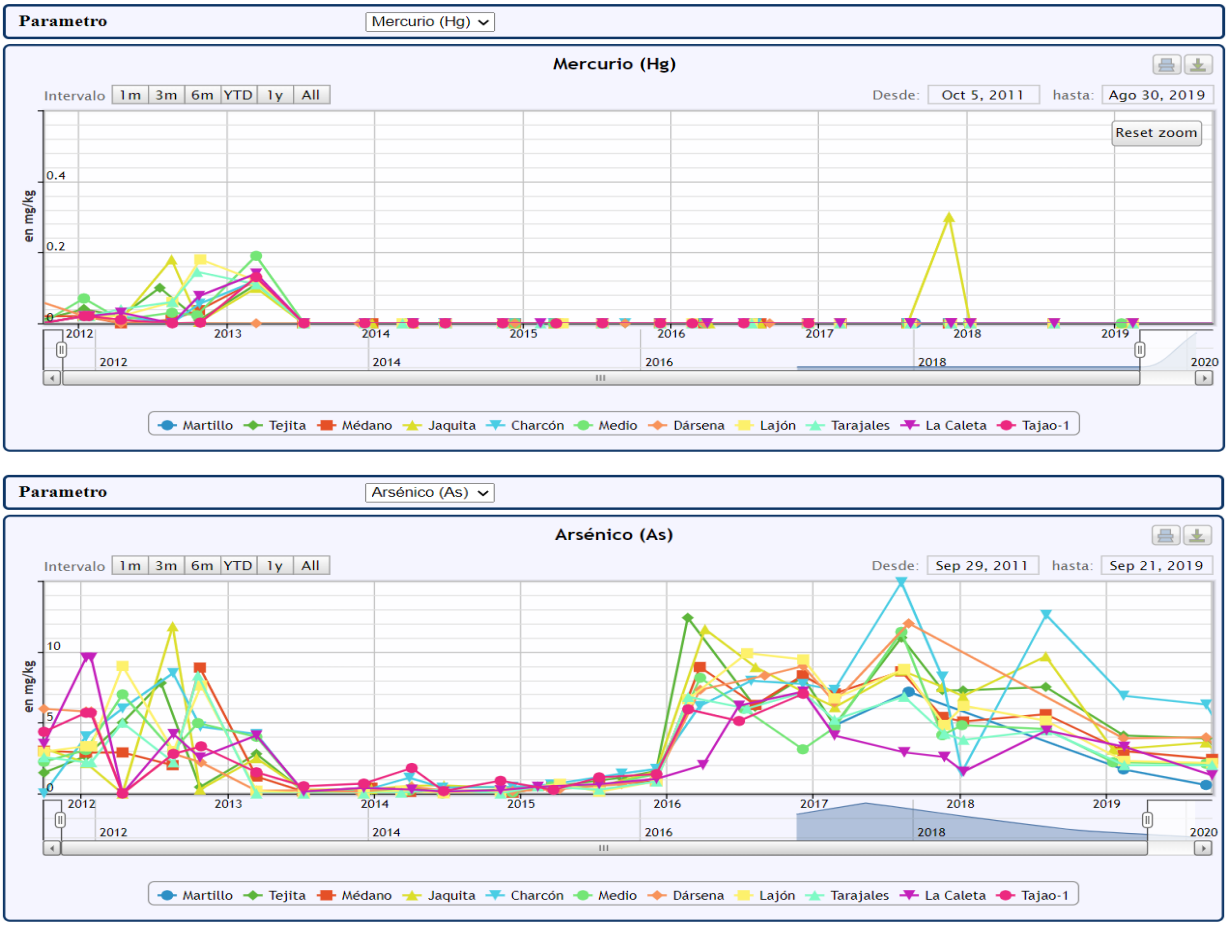
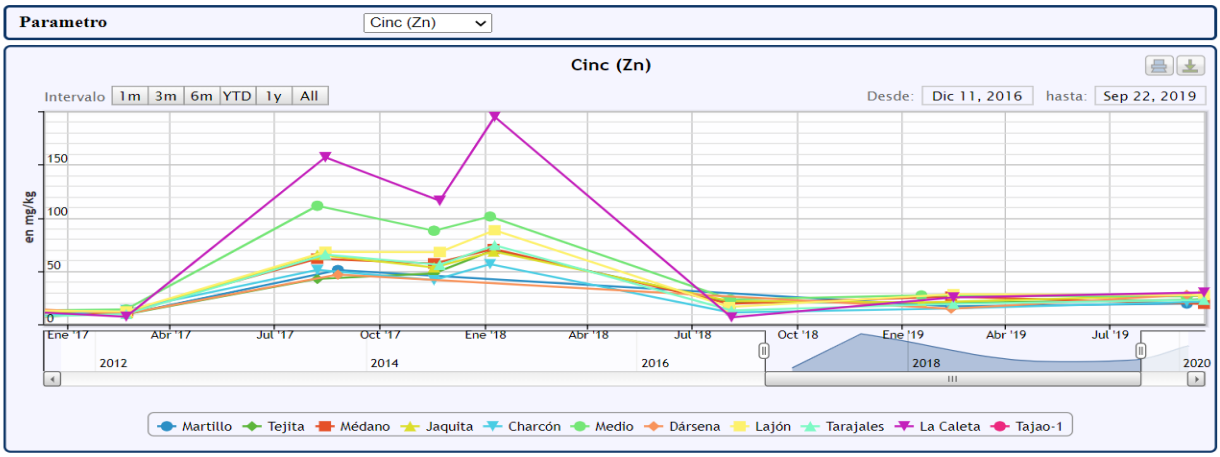


Figura 84. Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla



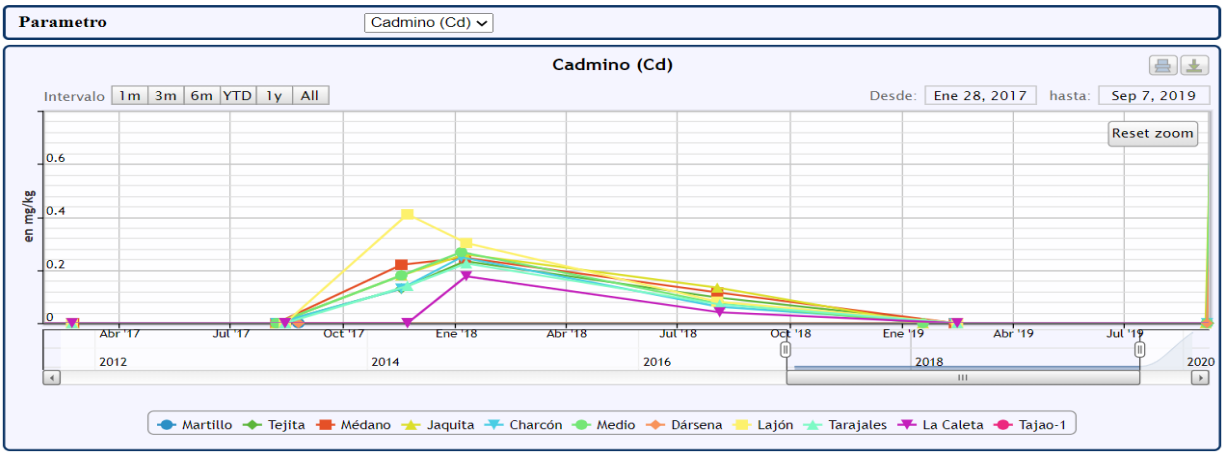


Figura 85. Concentración de Zn y Cd en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2017-2019

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. 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, según recoge la Tabla 25. Valores recomendados en las "Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática" (CCME, 1995), donde **ISQG** (*Interim sediment quiality guidelines*)= Valores índice de calidad de sedimentos marinos por debajo de los cuales no se esperan efectos adversos al medio ambiente y **PEL** (*Probable effect levels*) = Niveles por encima del cual pueda existir efectos biológicos probables.

Tabla 25. Valores recomendados en las "Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática" (CCME, 1995)

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

Para los metales Ni y Co, que no figuran en la guía Canadiense, se lleva a cabo la comparación 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 algunos 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.

Así mismo, en 2017 en 11 muestreos se superaba los valores ISQG para el As, no superando nunca el valor PEL. El caso más preocupante en 2017 es para el metal Ni, con el que se obteníamos 16 valores por encima del límite ERL y 2 por encima del límite ERM. En 2018, se siguió en 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 observó descenso de los valores, superando valores ISQG en 4 muestreos. Ocurrió igual para el Ni que sólo superó el límite ERL en 11 ocasiones sin llegar a superar el límite ERM en ninguna ocasión.

Las tablas Tabla 26 y Tabla 27 muestran una mejoría en los valores de 2019 respecto a 2018 y, en mayor medida, respecto a 2017. Para los metales Zn, Cr, Ni y As se observan descensos, tanto para los valores promedios, como valores máximos obtenidos. Para este año 2019, no se han superado, en ningún momento, los valores ISQG ni PEL.

Seguimos destacando 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*, ambas conducciones se encuentran bajo la categoría de "no autorizadas" y para el caso del de La Caleta, sus efluentes se encuentran sin tratamiento previo y sin desinfección.

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

Metales en sedimentos 2018		Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	As	Co	Sn	V
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGr.r04 La Caleta	09/01/2018	194,7	0,2	2,9	5,7	29,5	52,4	0,0	1,5	19,7	0,1	13,1
TGr.r05 Tarajales	09/01/2018	74,3	0,2	3,0	6,2	29,5	17,8	0,0	3,8	10,6	0,1	50,2
TGr.r08 Lajón	09/01/2018	88,3	0,3	3,0	6,4	36,3	21,4	0,0	6,2	11,6	0,1	50,6
TGr.r09 Dársena	*											
TGr.r10 Medio	05/01/2018	101,2	0,3	4,8	6,0	37,6	35,2	0,0	4,8	13,2	0,1	71,7
TGr.r14 Charcón	05/01/2018	56,5	0,2	4,3	4,5	24,3	21,5	0,0	1,5	7,0	0,2	37,2
TGr.r18 Jaquita	08/01/2018	68,2	0,3	4,5	4,7	36,7	22,9	0,0	6,9	9,7	0,1	47,4
TGr.r19 Médano	08/01/2018	70,7	0,2	4,8	5,1	28,1	21,2	0,0	5,1	8,4	0,1	44,0
TGr.r22 Tejita	08/01/2018	69,6	0,2	4,2	4,9	47,2	33,7	0,0	7,3	10,9	0,1	45,3
TGr.r40 Martillo	*											
TGr.r04 La Caleta	04/08/2018	6,5	0,0	2,6	1,0	4,7	12,3	0,0	4,4	1,2	0,2	49,9
TGr.r05 Tarajales	04/08/2018	13,0	0,1	2,7	2,6	10,9	14,9	0,0	4,5	2,9	0,2	8,6
TGr.r08 Lajón	02/08/2018	16,3	0,1	2,5	2,7	16,9	2,7	0,0	5,1	3,8	0,2	10,0
TGr.r09 Dársena	*											
TGr.r10 Medio	03/08/2018	23,4	0,1	4,5	1,8	34,9	5,7	0,0	4,6	6,0	0,3	11,9
TGr.r14 Charcón	03/08/2018	11,1	0,1	2,4	1,0	8,4	3,3	0,0	12,6	1,8	0,3	10,0
TGr.r18 Jaquita	02/08/2018	22,0	0,1	3,9	1,7	17,8	3,6	0,0	9,7	3,8	0,4	19,0
TGr.r19 Médano	02/08/2018	19,4	0,1	4,3	1,8	22,9	38,4	0,0	5,6	4,4	0,4	13,2
TGr.r22 Tejita	02/08/2018	21,2	0,1	3,9	2,0	25,5	46,8	0,0	7,5	4,7	0,4	11,5
TGr.r40 Martillo	02/08/2018	13,5	0,1	2,2	3,9	4,4	19,3	0,0	3,8	1,8	0,3	12,8
Observación	*= No se pudo trabajar en el interior del puerto											
Resumen 2018	Valor mínimo	6,5	0,0	2,4	1,0	4,7	2,7	0,0	1,5	1,2	0,1	8,6
	Valor medio	53,5	0,2	3,6	3,6	25,7	22,1	0,0	5,7	7,5	0,2	30,8
	Valor máximo	194,7	0,3	4,8	6,4	47,2	52,4	0,0	12,6	19,7	0,4	71,7
	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	-	-	-

Tabla 27. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2019

Metales en sedimentos 2019		Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	As	Co	Sn	V
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGr.r04 La Caleta	14/02/2019	25,3	0,0	2,9	0,0	11,9	9,5	0,0	3,3	4,1	0,0	25,3
TGr.r05 Tarajales	14/02/2019	19,2	0,0	2,1	0,0	8,3	4,9	0,0	2,0	2,8	0,0	13,2
TGr.r08 Lajón	14/02/2019	28,3	0,0	1,8	2,0	14,0	13,6	0,0	2,3	5,0	0,0	20,2
TGr.r09 Dársena	12/02/2019	14,6	0,0	2,2	2,5	5,3	7,7	0,0	3,9	2,0	0,0	17,2
TGr.r10 Medio	17/01/2019	27,2	0,0	2,9	0,0	11,0	11,5	0,0	2,2	4,0	0,0	22,6
TGr.r14 Charcón	12/02/2019	14,8	0,0	2,1	0,0	5,6	4,8	0,0	6,9	1,7	0,0	13,7
TGr.r18 Jaquita	17/01/2019	20,6	0,0	2,8	0,0	10,1	6,1	0,0	3,1	2,9	0,0	17,0
TGr.r19 Médano	12/02/2019	26,0	0,0	2,9	0,0	12,0	12,0	0,0	3,0	3,9	0,0	24,0
TGr.r22 Tejita	12/02/2019	20,2	0,0	2,8	0,0	12,9	7,0	0,0	4,1	3,2	0,0	15,2
TGr.r40 Martillo	12/02/2019	16,9	0,0	1,8	2,6	3,2	4,1	0,0	1,7	1,7	0,9	14,6
TGr.r04 La Caleta	21/09/2019	29,9	0,0	2,1	0,8	10,0	10,3	0,0	1,3	4,1	0,2	16,7
TGr.r05 Tarajales	21/09/2019	23,0	0,0	1,7	1,8	14,4	5,9	0,0	2,0	3,9	0,1	16,9
TGr.r08 Lajón	21/09/2019	27,4	0,0	1,5	1,4	14,5	6,4	0,0	2,2	4,5	0,1	23,3
TGr.r09 Dársena	06/09/2019	27,7	0,0	2,2	2,3	4,9	7,2	0,0	4,0	1,9	0,1	19,2
TGr.r10 Medio	06/09/2019	26,3	0,0	2,4	1,0	15,0	9,8	0,0	2,1	4,2	0,2	22,6
TGr.r14 Charcón	06/09/2019	20,9	0,0	2,4	0,9	14,6	6,8	0,0	6,3	3,2	0,1	18,5
TGr.r18 Jaquita	05/09/2019	27,3	0,0	2,6	1,0	15,0	8,3	0,0	3,6	3,8	0,8	21,5
TGr.r19 Médano	21/09/2019	19,2	0,0	2,5	1,1	14,8	4,7	0,0	2,4	3,3	0,1	16,3
TGr.r22 Tejita	07/09/2019	23,0	0,0	2,7	1,1	15,3	7,8	0,0	3,9	3,7	0,1	19,1
TGr.r40 Martillo	06/09/2019	19,4	0,0	1,7	1,8	3,8	3,5	0,0	0,6	1,7	0,1	20,0
Resumen 2019	Valor mínimo	14,6	0,0	1,5	0,0	3,2	3,5	0,0	0,6	1,7	0,0	13,2
	Valor medio	22,9	0,0	2,3	1,0	10,8	7,6	0,0	3,0	3,3	0,1	18,9
	Valor máximo	29,9	0,0	2,9	2,6	15,3	13,6	0,0	6,9	5,0	0,9	25,3
	Valores > del ISQG o ERL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
	Valores > del PEL o ERM	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

3.5.5 Evaluación general del medio físico

3.5.5.1 *Aguas*

Al final de cada ejercicio el OAG hace una valoración general del estado de conservación de las aguas según los sectores establecidos, generando mapas sintéticos que se pueden consultar en la página web en un visor de carrusel (secuencia histórica). El sistema de categorías elegido[4] 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 2019:

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

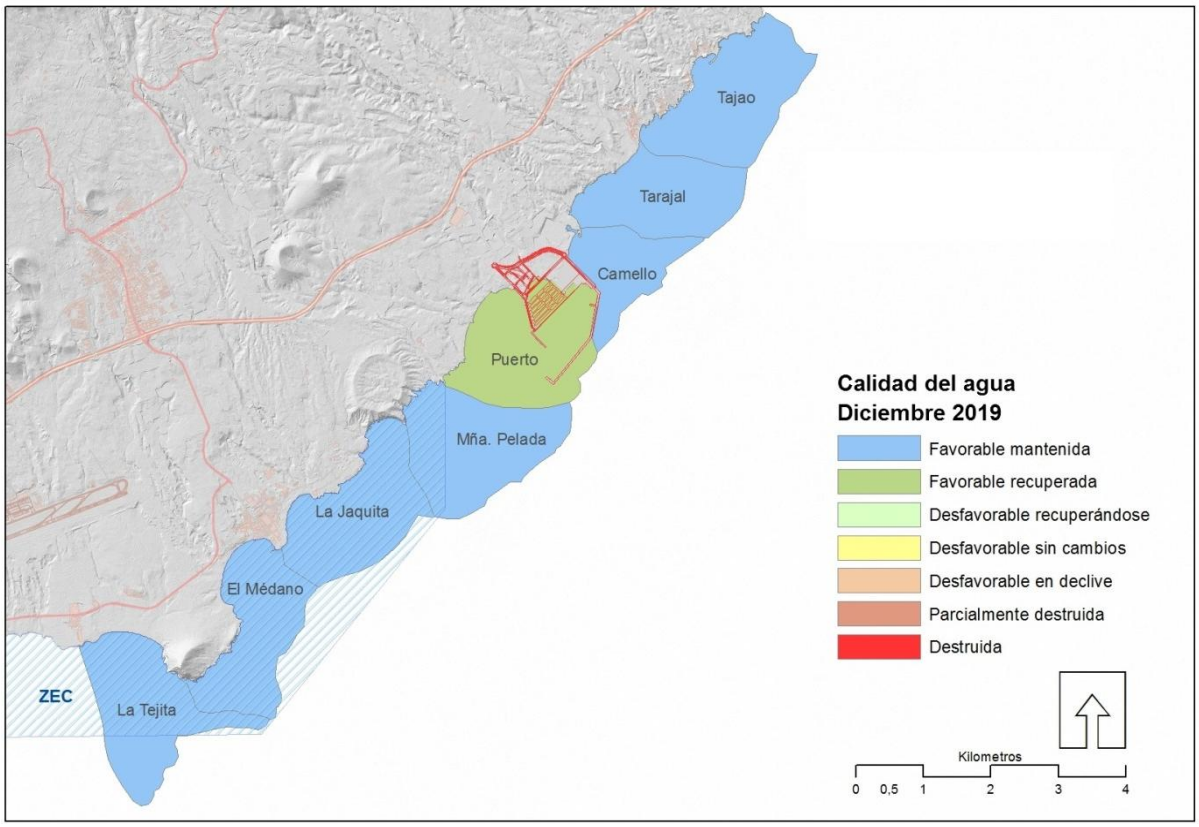


Figura 86. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2019

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 86. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2019). Así por ejemplo, en los sectores al SW la calidad de las aguas sigue correspondiendo a "favorable". El epíteto "mantenida" hace referencia a que ése era su estado inicial y que no se ha llegado a él por recuperación desde una situación de "desfavorable".

3.5.5.2 *Sedimentos*

Los valores de los parámetros químicos analizados están dentro de la normalidad. Los aumentos en concentración registrados en años previos se atribuyen a los nutrientes minerales (nitrógeno, fósforo) vertidos durante la construcción de la obra, igual que picos ocasionales en materia orgánica (p.ej. Dársena) si 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 2019. Véase la Figura 87:

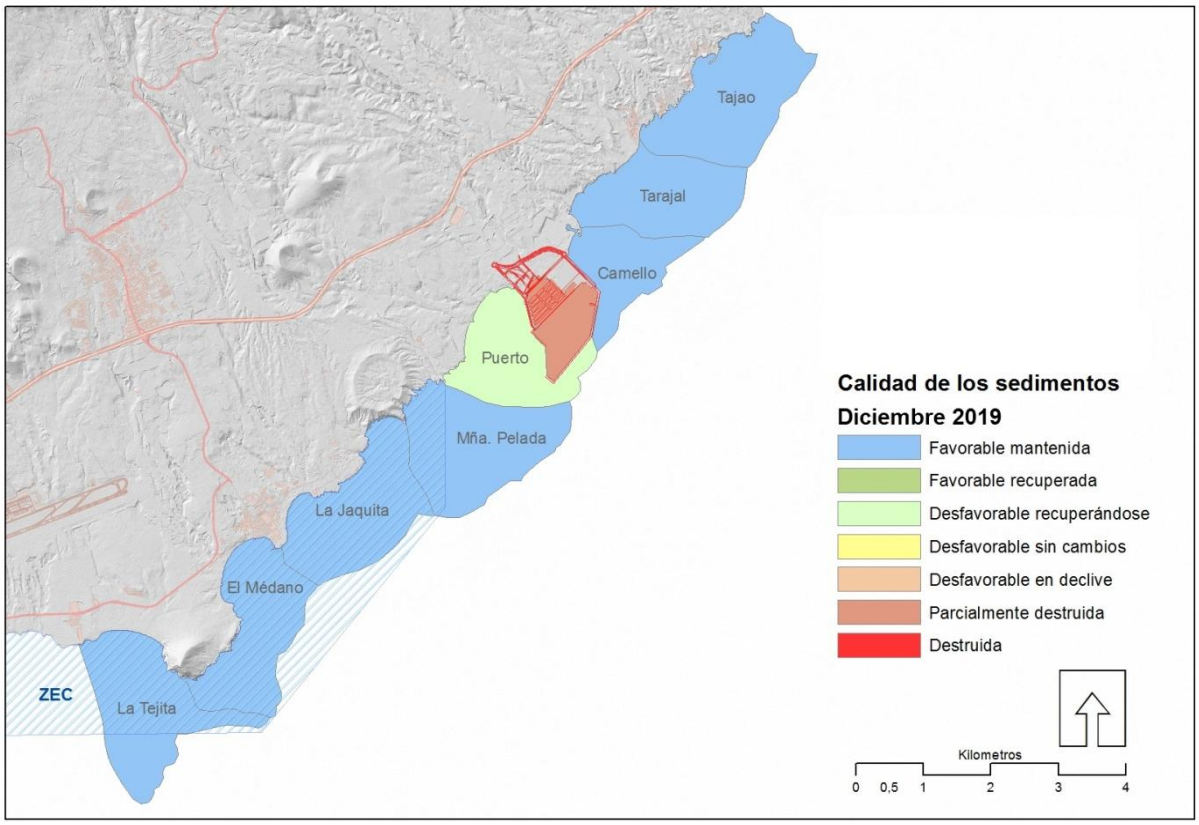


Figura 87. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2019

3.6 Biodiversidad marina

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

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

podría ser pernicioso. Otros riesgos son los derivados de derrames y mareas negras, muy aparatosas y tremendamente perjudiciales.

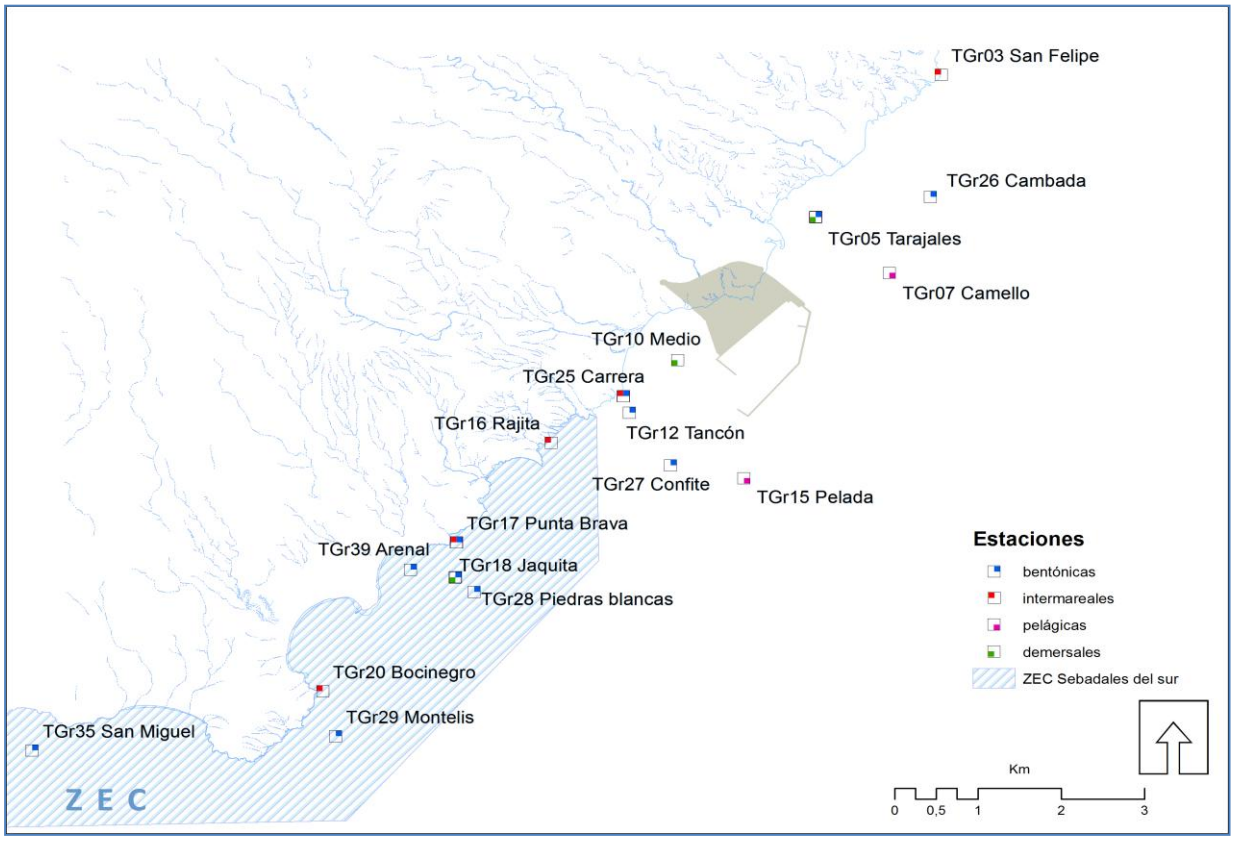


Figura 88. Estaciones de muestreo intermareales, demersales, bentónicas y pelágicas

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 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 WorldView3, 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, anteriormente se escogían las mejores imágenes de entre todas las encargadas, o se adquiría alguna imagen suelta adicional en caso de que la haya. Ante la imprevisibilidad de obtener buen material, se optó por hacer encargos discrecionales en momentos de oportunidad meteorológica y de condiciones del mar.

A tal fin se ha licitado el suministro de imágenes de satélites de la plataforma con una frecuencia de dos imágenes al año, siempre que se den las condiciones, además de mantener abierta la posibilidad de comprar imágenes de archivo que la comercializadora del satélite ofrezca públicamente. La empresa COTESA resultó elegida para el suministro de escenas hasta final de 2021.

3.6.1 Comunidades supramareales

El seguimiento de las comunidades supramareales se realiza en cinco estaciones en una localización fija (cuadrículas de 50x50cm, divididas 100 veces) registrando la cobertura de *Chthamalus stellatus* y el porcentaje de ejemplares vivos/muertos (TGr03 San Felipe, TGr12 Tancón, TGr16 La Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro, Figura 89).

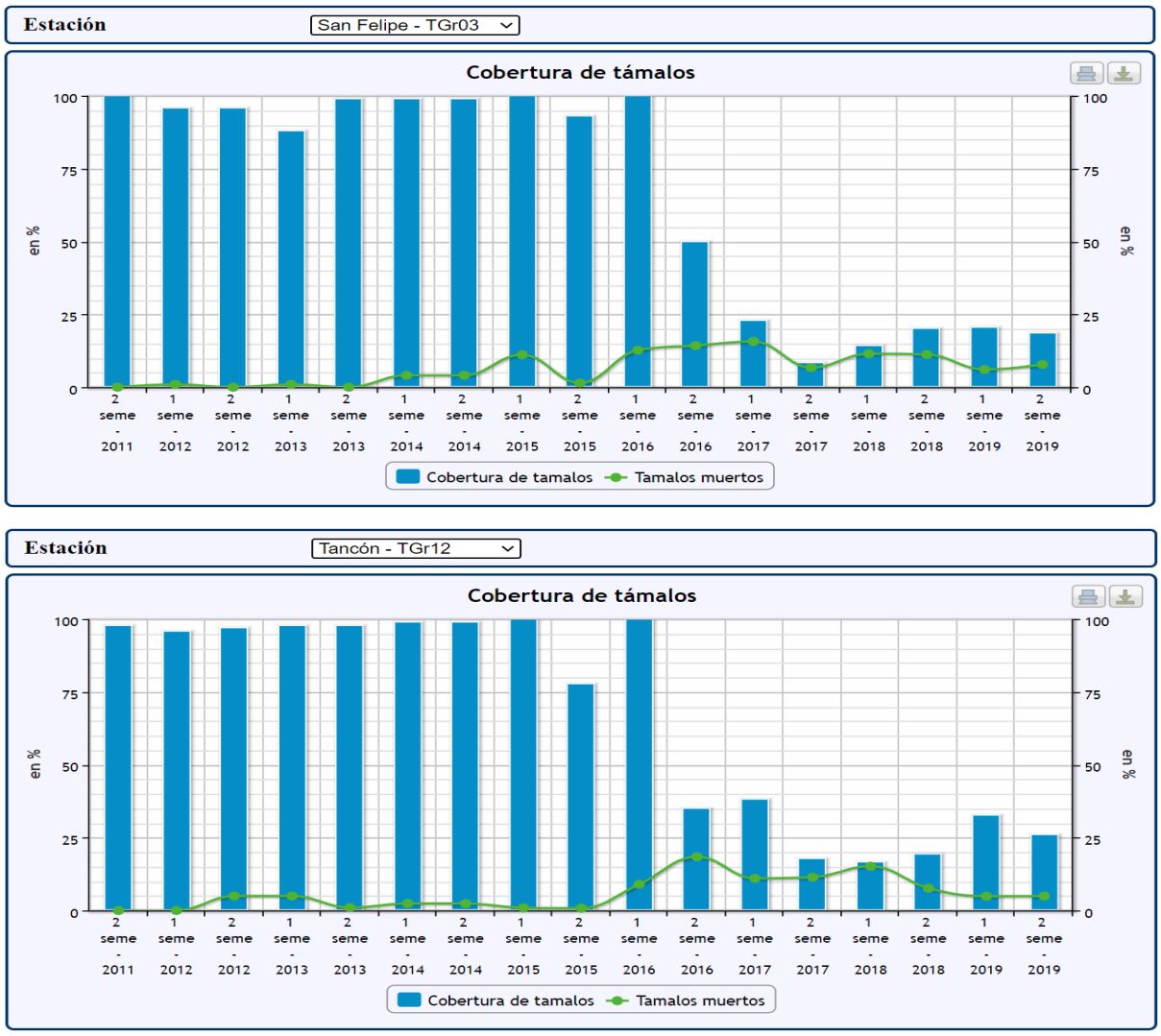


Figura 89. Cobertura y mortandad de Chthamalus en las estaciones: TGr03 San Felipe y TGr12 Tancón

Figura 93

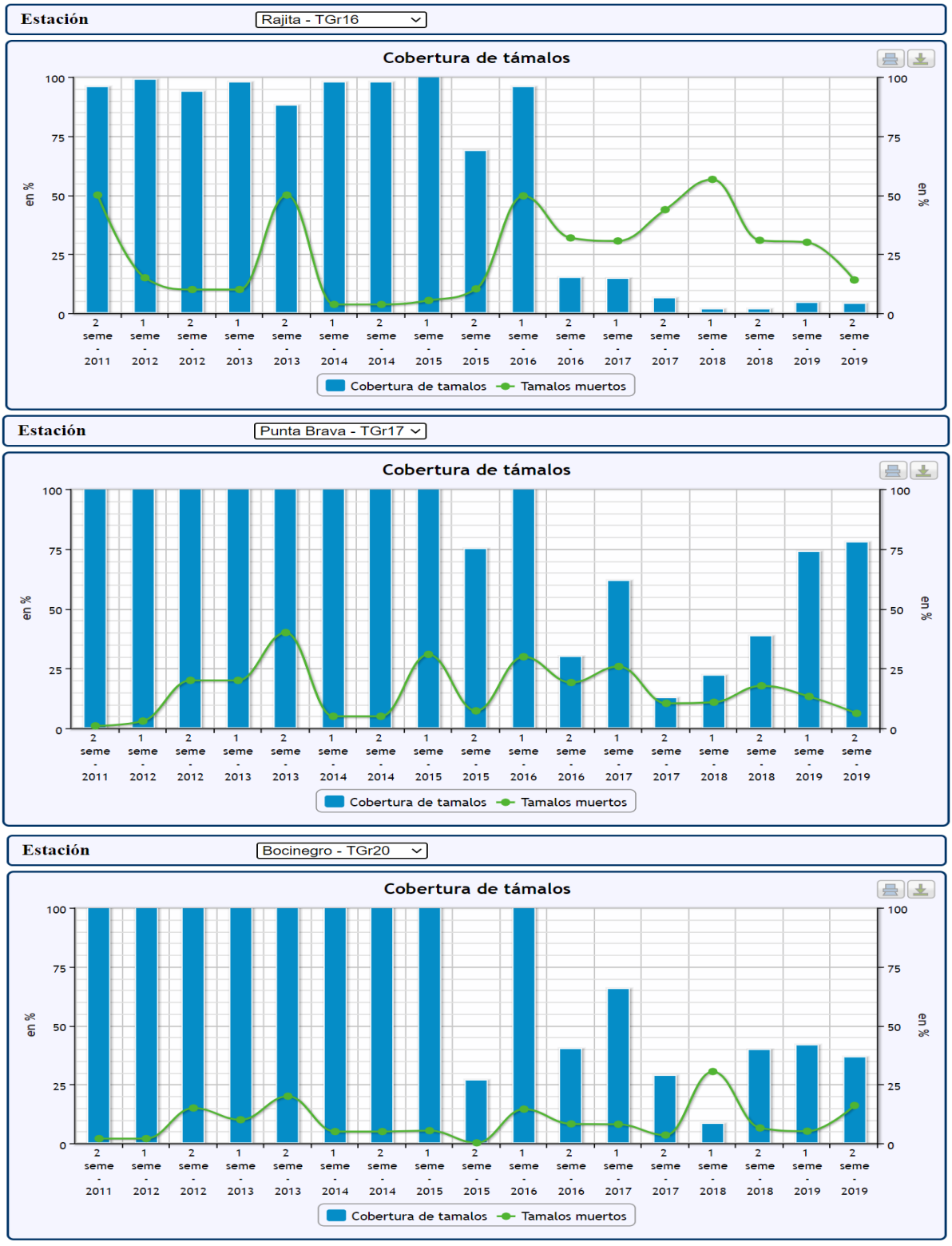

Estación
Rajita - TGr16
Cobertura de támalos
en %
100
75
50
25
0
2 seme - 2011
1 seme - 2012
2 seme - 2012
1 seme - 2013
2 seme - 2013
1 seme - 2014
2 seme - 2014
1 seme - 2015
2 seme - 2015
1 seme - 2016
2 seme - 2016
1 seme - 2017
2 seme - 2017
1 seme - 2018
2 seme - 2018
1 seme - 2019
2 seme - 2019
Cobertura de tamalos
Tamalos muertos
Estación
Punta Brava - TGr17
Cobertura de támalos
en %
Cobertura de tamalos
Tamalos muertos
Estación
Bocinegro - TGr20
Cobertura de támalos
en %
Cobertura de tamalos
Tamalos muertos

Figura 90. Cobertura y mortandad de Chthamalus en las estaciones: TGr16 Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro.

Las gráficas de esta sección –que se encuentran en la web del OAG– muestran la cobertura de *Chthamalus* de cada estación en porcentaje (barra) y el porcentaje aproximado de ejemplares muertos (línea) (Figura 91. Cobertura y mortandad de Chthamalus a lo largo de la costa de Granadilla en 2019; 1º semestre (arriba) entre febrero y mayo y 2º semestre (abajo), en noviembre. La posición del puerto marcada en rojo.). En 2019 se aprecia un ligero aumento, con respecto a la cobertura de *Chthamalus*, en todas las estaciones, no siendo un efecto atribuible al puerto, al ser generalizada en todas las estaciones.

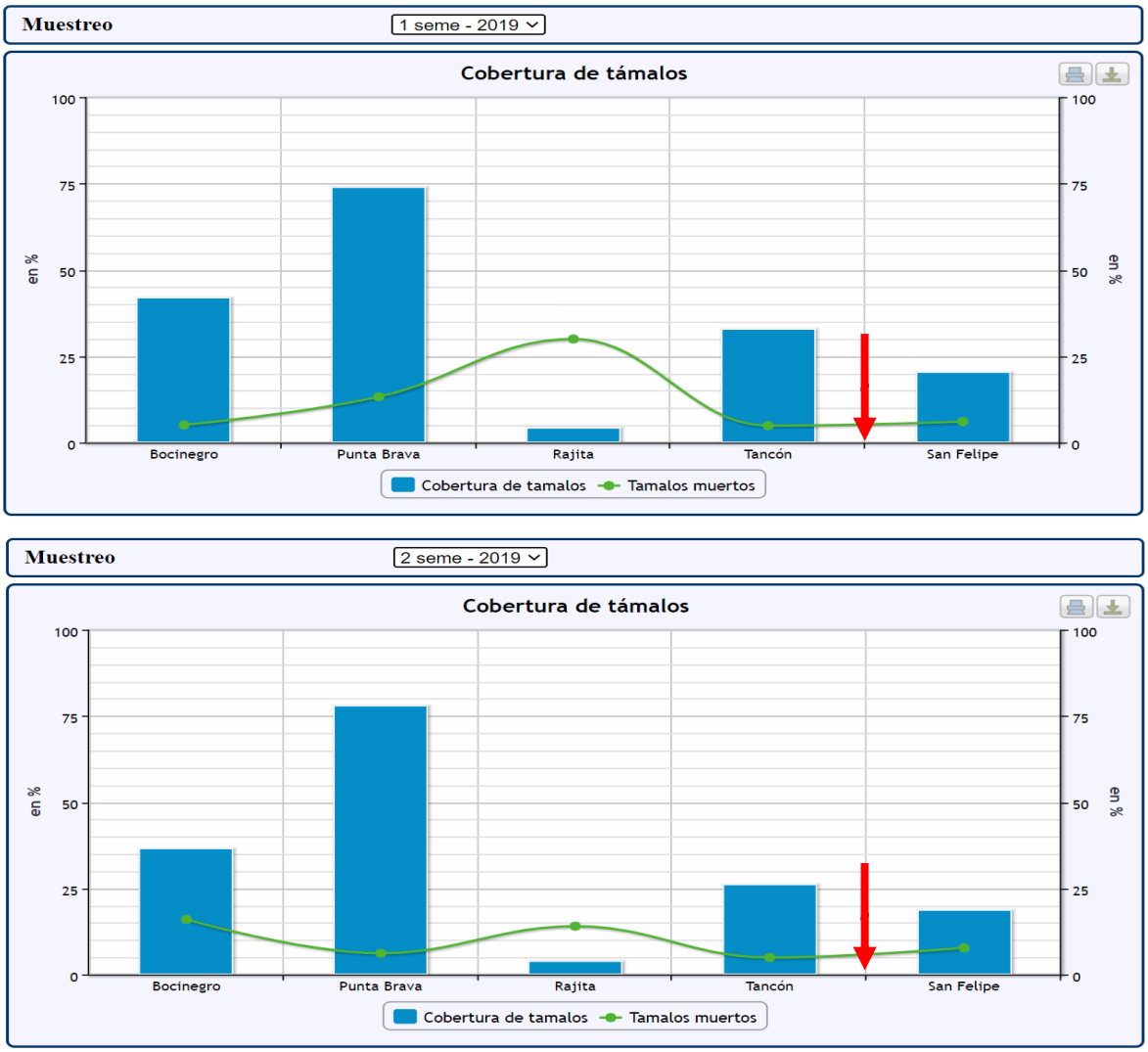


Figura 91. Cobertura y mortandad de Chthamalus a lo largo de la costa de Granadilla en 2019; 1º semestre (arriba) entre febrero y mayo y 2º semestre (abajo), en noviembre. La posición del puerto marcada en rojo.

3.6.2 Comunidades intermareales

El seguimiento de las comunidades intermareales en fase operativa se realiza en las mismas cinco estaciones que en el supramareal. En ellas se mide la cobertura algar total empleando igualmente una cuadrícula de 50 x 50 cm. La posición de la cuadrícula es fija para poder comparar y detectar si hay variaciones en el tiempo. Aunque aquí se refleja, también se anota la especie dominante por si se produjera una sustitución de la misma por 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 algales del 100%, salvo Tancón (90%).

Los inventarios de 2019 se realizaron entre febrero y mayo (1er semestre) y en noviembre (2º semestre). Se adjuntan gráficas de evolución espacial y temporal (Figura 92).

Figura 92. Cobertura algar a lo largo de la costa de Granadilla en 2019; 1º semestre (arriba.) entre febrero y mayo y 2º semestre (abajo), en noviembre. La posición del puerto marcada en rojo.

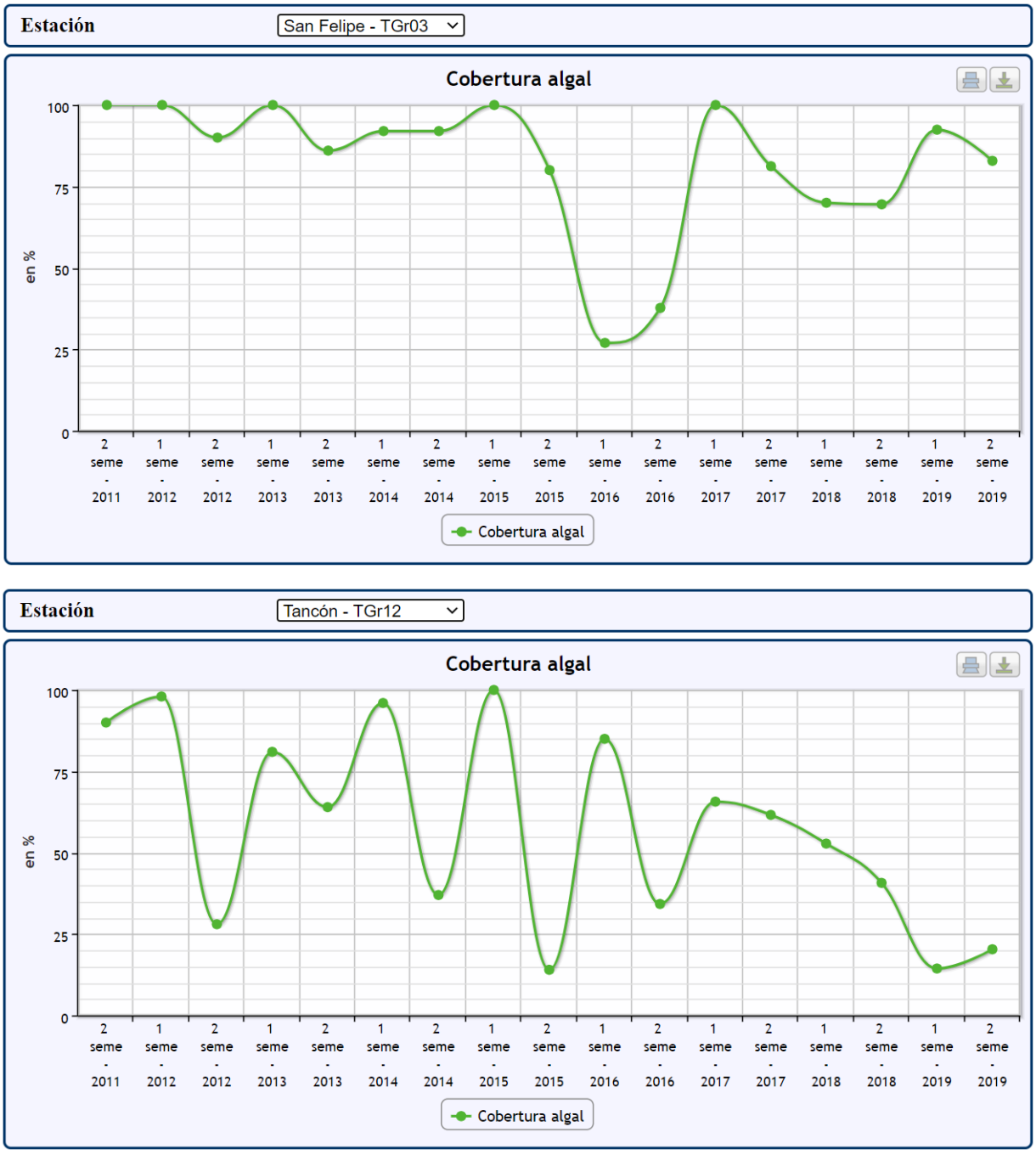


Figura 93 A. Evolución 2011-2019 cobertura algar en la estaciones

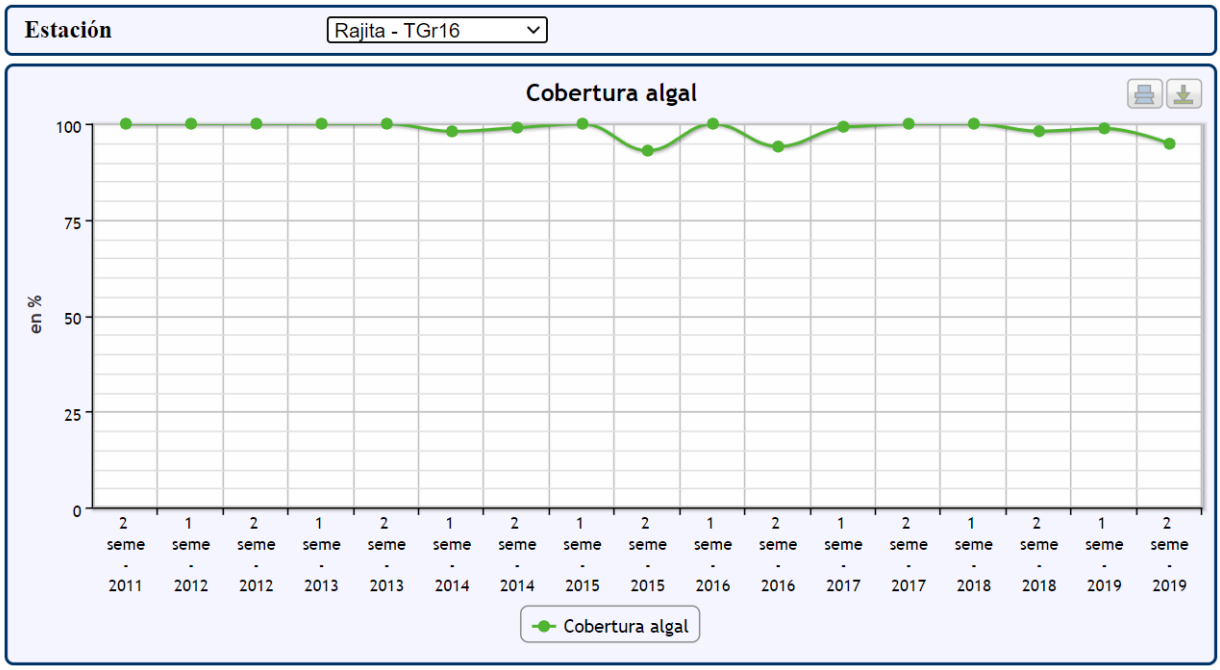


Figura 93B. Evolución 2011-2019 cobertura algar en la estación TGr16 Rajita.

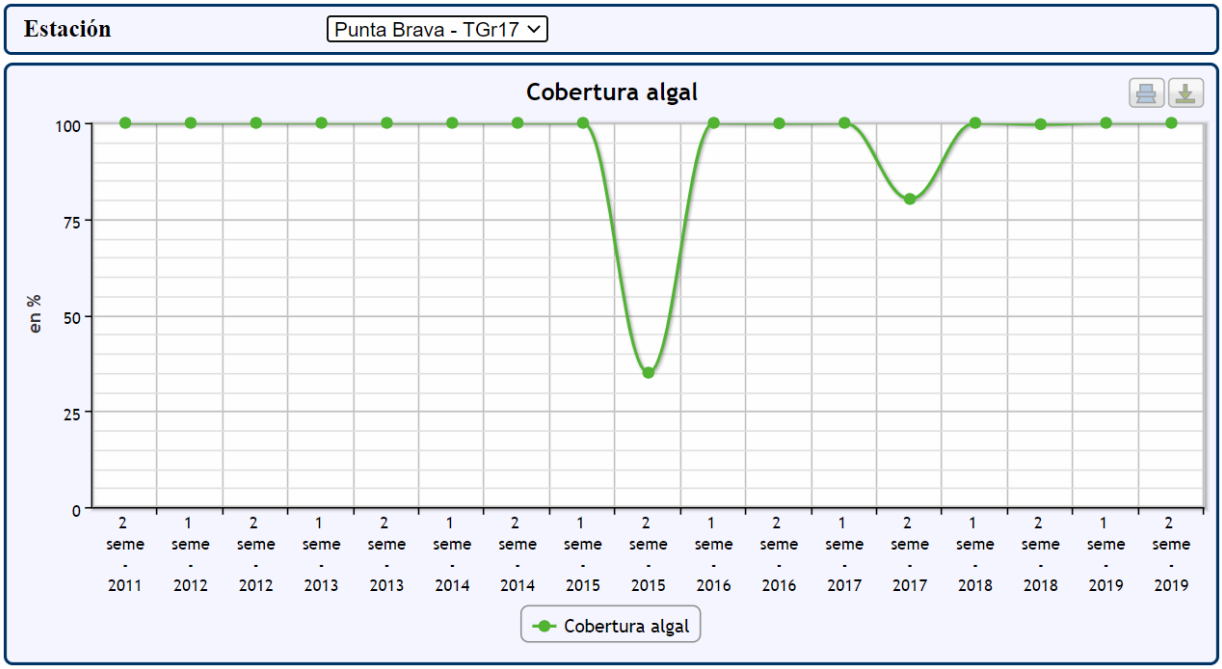


Figura 94. Evolución 2011-2019 cobertura algar en la estación TGr17 Punta Brava

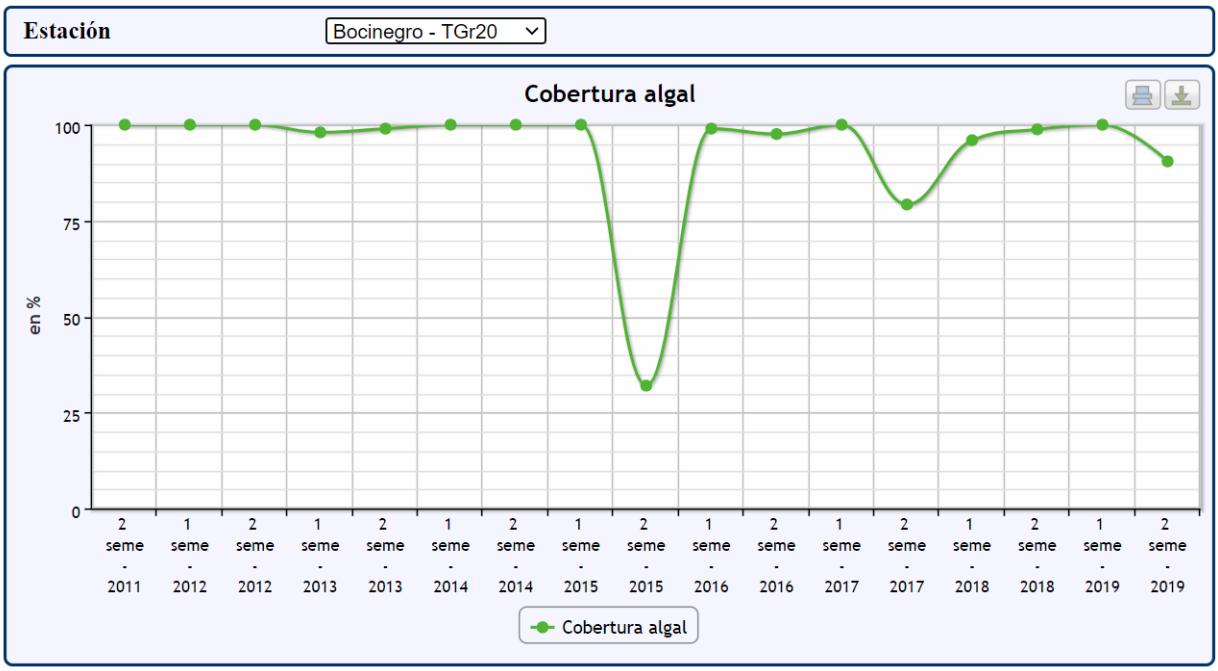


Figura 95. Evolución 2011-2019 cobertura algar en la estación TGr20 Bocinegro

- En la estación TGr03 San Felipe se detecta un aumento de la cobertura algar respecto al 2018. Esta estación ha sufrido bastantes cambios en su diversidad algar (Figura 96), 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. En este año se detecta un ligero aumento en la cantidad de ejemplares existentes de algas del género *Cystoseira.*

Figura 96. Sucesión ecológica en TGr03 San Felipe: 2011 (arriba izquierda), 2018 (arriba derecha) y 2019 (abajo)

- La estación TGr12 Tancón continúa con su tendencia descendente de la cobertura algal. En 2019 la cobertura es del 14,4 % en el primer semestre y del 20,32% 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 2019 se observa pequeños ejemplares de algas del género Cystoseira.

Figura 97. *Cystoseira humilis* en la TGr12

- La estación TGr17 Pta. Brava, formada por un césped algal de 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*, *Cystoseria y Dasycladus.*

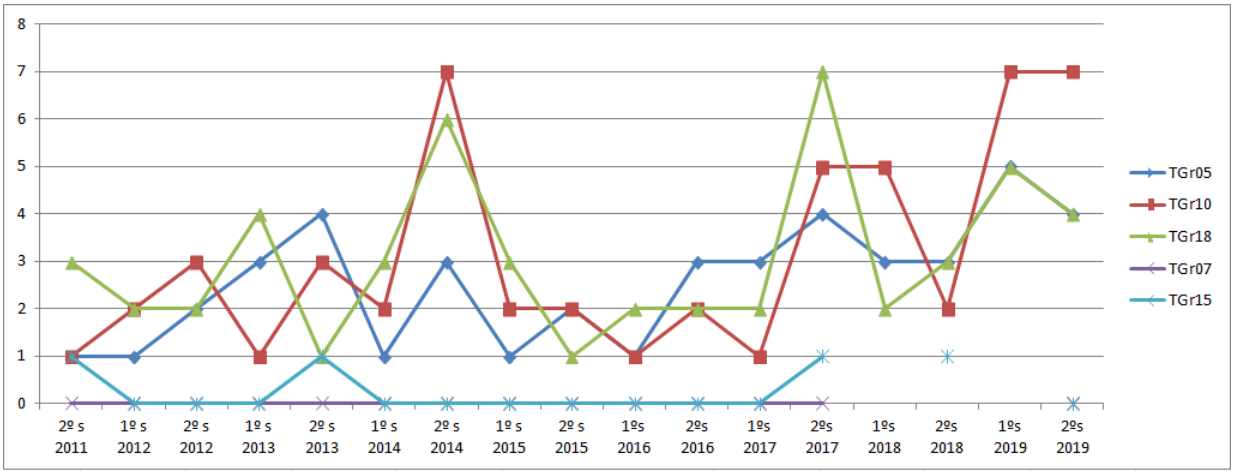
3.6.3 Comunidades de peces litorales

En la fase operativa se continúa realizando conteo de los peces existentes en las distintas zonas integradas en el plan de vigilancia. En el caso de las especies bentónicas y demersales el muestreo se realiza en tres estaciones fijas (TGr05, TGr10 y TGr18), contando desde el fondo todas las especies presentes en una columna de agua de unos 5,6 m de radio (100 m^2) durante dos minutos (con réplicas). El conteo de las especies pelágicas (estaciones TGr07 y TGr15) 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 = LnS/LnN, siendo S el número de especie y N el número de individuos. Durante el último muestreo de 2019, debido a la pérdida de la cámara arrastrada a -50 metros, su rescate por buzos profesionales y posterior reparación, no se pudo realizar la determinación de especies pelágicas (TGr07 y TGr15).

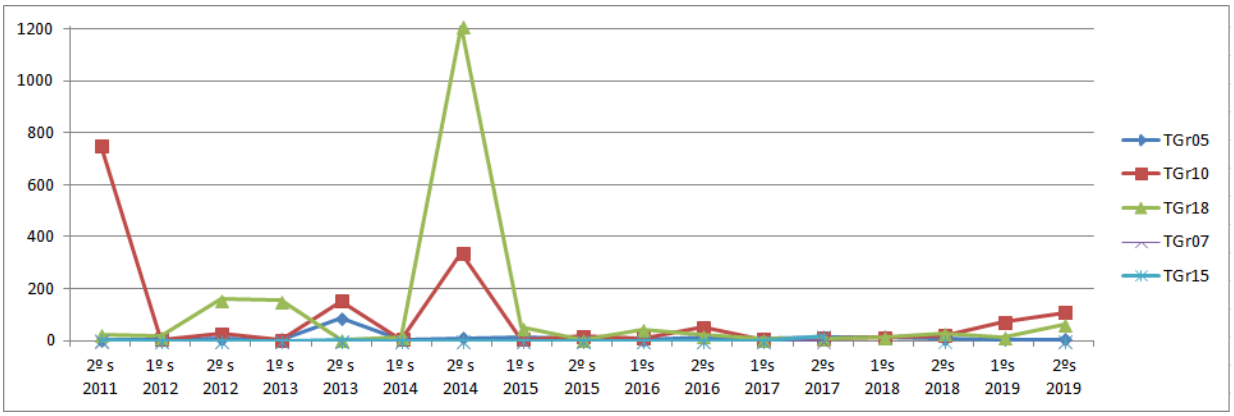
Tabla 28. Campaña de peces litorales (demersales) en la costa de Granadilla (2019)

Especie	Nombre vulgar	TGR-05	TGR-10	TGR-18	TGR-05	TGR-10	TGR-18
	Fecha muestreo	14/02/2019	13/02/2019	13/02/2019	21/09/2019	21/09/2019	22/11/2019
Sphoeroides marmoratus	Tamboril		1	1		0,33	1
Xyrichtys novacula	Peje Peine	1,5		1	2		
Boops boops	Boga		50	10		100,00	
Spharisoma cretense	Vieja		12			0,33	11,7
Pagellus acarne	Besuguito						
Diplodus annularis	Mojarra					0,33	
Diplodus vulgaris	Seifía						
Pagrus pagrus (juvenil)	Breca						
Canthigaster capistratus	Gallinita		4	1	0,33	1,33	
Bothus podas	Tapaculos	2,5			0,67		
Serratus atricauda	Cabrilla						
Serranus scriba	Cabrilla pintada						
Teniura grabata	Chucho negro				1		
Trachinus draco	Araña costera						50
Spondyliosoma cantharus	Chopa						
Diplodus sp.	Sargo						
Pagrus auriga (juvenil)	Sama (juveniles)						
Spaurus aurata(juvenil)	Dorada (juveniles)						
Sarpa salpa (juvenil)	Salema (juveniles)						
Umbrina canariensis (juvenil)	Verrugato (juveniles)						
Myliobatis aquila	Ratón		1				
Octopus vulgaris	Pulpo	0,5					
Gobius niger	Caboso	0,5	1				
Synodus synodus	Lagarto		2	2		1,33	
Stephanolepis hispidus	Gallo verde o gallito					5,00	
Lithognathus mormyrus	Herreras						0,33
Abudefdul luridus	Fula negra						
Total de especies (S)		5,0	7,0	5,0	4,0	7,0	4,0
Total ejemplares (N)		5,0	71,0	15,0	4,0	108,7	63,0
Ln (S)		1,6	1,9	1,6	1,4	1,9	1,4
Ln(N)		1,6	4,3	2,7	1,4	4,7	4,1
Índice de Margalef S = Nk, k = LnS/LnN		1,0	0,5	0,6	1,0	0,4	0,3

NÚMERO DE ESPECIES



NÚMERO DE EJEMPLARES



ÍNDICE DE MARGALEF

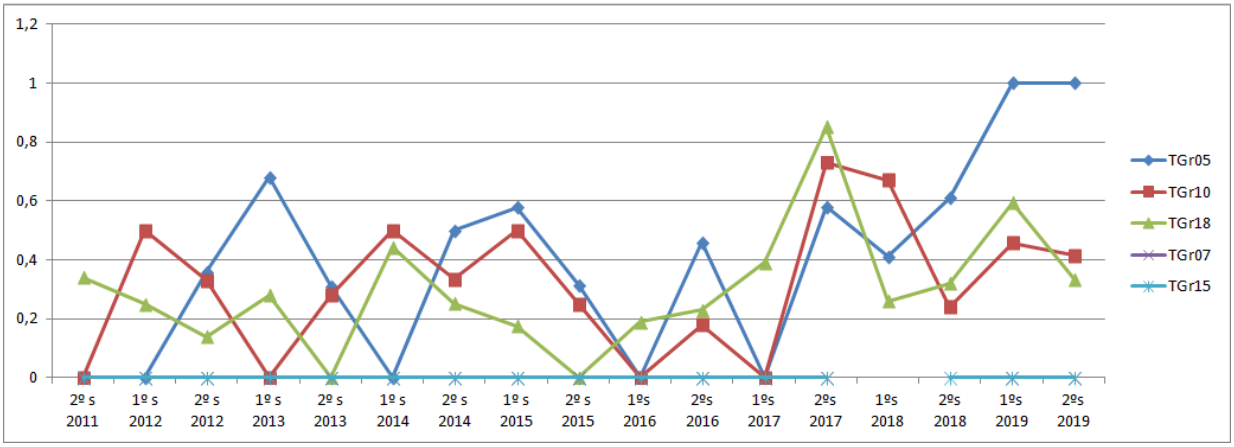


Figura 98. Evolución de la diversidad de peces litorales en la costa de Granadilla. TGr05, TGr10 y TGr18 son demersales; TGr07 y TGr15 son pelágicas

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. En el año 2018 obtenemos 0,45 para el primer semestre y 0,39 para el segundo. Y en este año 2019, obtenemos valores de 0,7 y 0,6 respectivamente. 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 98).

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.

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 99), cuya presencia continuada es indicadora de un buen estado de conservación.

Figura 99. Especies indicadoras de las comunidades bentónicas

Salvo por el *maërl*, 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 96 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 para estas estaciones, al estar alejadas del puerto, pero sí en todo el perímetro de éste. Los resultados obtenidos en 2019 se muestran en la tabla y la figura que siguen:

Tabla 29. Muestreo de especies bentónicas indicadoras de los principales hábitats en la costa de Granadilla en 2019

1ª Campaña febrero 2019	Hábitat	TGr05	TGr18	TGr25	TGr26	TGr27	TGr28	TGr29	TGr35	TGr39	Lajón
Araña costera *Trachinus draco*	Arenal									0	
Mojarra *Diplodus annularis*	Sebadal	0	0								
Eriza *Diadema africanum*	Blanquizal			18							
Maërl (% vivo) *Lithotamnion spp.*	Maërl				60%	62%	20%	86%	92%		
Anguila jardinera *Heteroconger longissim.*	Anguilera										*

2ª Campaña octubre 2019	Hábitat	TGr05	TGr18	TGr25	TGr26	TGr27	TGr28	TGr29	TGr35	TGr39	Lajón
Araña costera *Trachinus draco*	Arenal									1	
Mojarra *Diplodus annularis*	Sebadal	0	0								
Erizo *Diadema africanum*	Blanquizal			7							
Maërl (% vivo) *Lithotamnion* spp.	Maërl				53%	55%	15%	79%	90%		
Anguila jardinera *Heteroconger longissim.*	Anguilera										17

**=Muestreo no realizado por pérdida de la cámara submarina*

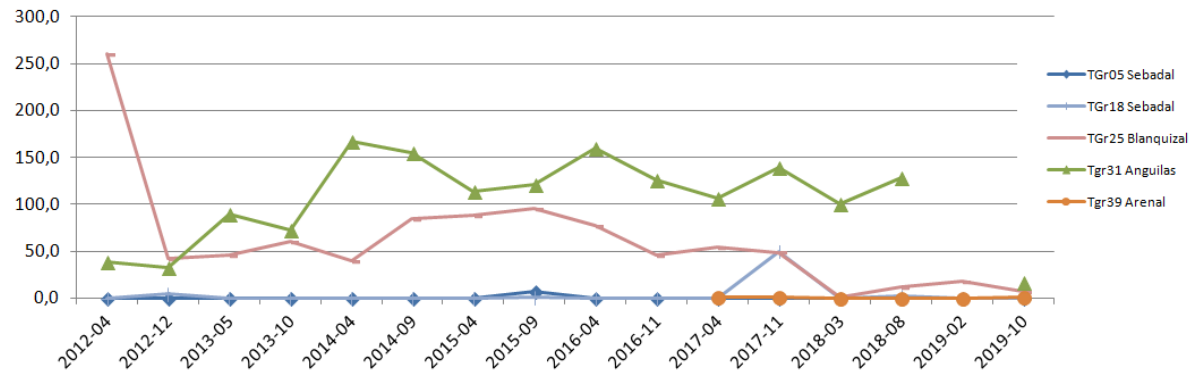


Figura 100. Evolución de las comunidades bentónicas en 5 estaciones de la costa de Granadilla (2012-2019)

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 muestras de 2 Kg de sedimento en cada una de las estaciones prefijadas y se pasan por un tamiz de 0,5 mm de luz de malla. Los ejemplares que quedan retenidos se determinan hasta el nivel de especie, siempre que sea posible. Posteriormente, las especies se agrupan en función de su papel trófico en la biocenosis (depredador, filtrador, etc.) partiendo del régimen de alimentación conocido para las especies que se han inventariado en la zona (datos tomados de Martín et al. (2000)5, Riera, R. (2004)[6] y mismo autor (comunicación personal 2011-2019).

En las gráficas y tablas que siguen se muestra la composición de las biocenosis en cada estación según las dos campañas semestrales de 2019 (febrero y septiembre), precedidas por las dos campañas de los años anteriores (2016, 2017 y 2018) 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). En el primer semestre de 2019,

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

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

problemas con la draga impidieron tener el suficiente volumen de muestra como para que la determinación de poliquetos fuera representativa.

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 la estaciones seguían dominando los detritívoros.

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.

En 2018 la estación Dársena (TGr09), no pudo ser muestreada, ya que no se permite realizar buceo autónomo en la zona de operatividad del puerto. Los valores, sin ser tan abundantes como en 2016, se aproximan: 2016, con 55 ejemplares segundo semestre y en 2018, con 316 ejemplares también en segundo semestre. Resultó curioso que en 2018 que no se identificara ningún ejemplar de poliqueto en la TGr10 (Medio), estación próxima al contradique del puerto.

En este 2019 la estación Dársena (TGr09), no pudo ser muestreada en el primer semestre, ya que, a pesar de intentarlo en varias ocasiones no se pudo recoger muestra representativa con la draga. En este 2019 no se ha llegado a la cantidad de poliquetos determinados en el año anterior. El atraque del Avatar en el puerto de Granadilla, junto con la reparación de la draga, hará que este hecho no vuelva a repetirse.

Tabla 30. Régimen trófico de las especies de poliquetos encontradas en Granadilla con tamiz de 0,5 mm

Especie	Régimen	Especie	Régimen
Amphiglena mediterranea	Microfiltrador	***Nereis* sp**	Predador
Aonides oxycephala	Detritívoro	***Notomastus latericius***	Detritívoro
Aponuphis bilineata	Detritívoro-Omnívoro	***Orbinia latreillii***	Detritívoro
Aponuphis ornata	Omnívoro-Detritívoro	***Orbinia sp***	Detritívoro
Aricidea assimilis	Detritívoro	***Orbiniidae***	Detritívoro
Aricidea cerruti	Detritívoro	***Palposyllis prosostoma***	Predador
Armandia cirrhosa	Detritívoro-Depositívoro de superficie	***Paradoneis armata***	Predador
Armandia polyophthalma	Detritívoro-Depositívoro de superficie	***Paradoneis ilvana***	Detritívoro
Capitella minima	Detritívoro	***Paradoneis perdidoensis***	Detritívoro
Capitomastus minimus	Detritívoro	***Paraehlersia ferrugina***	Predador
Chone arenicola	Filtrador	***Parapionosyllis labronica***	Detritívoro-Omnívoro
Chone duneri	Filtrador	***Pelogenia arenosa***	Predador
Chone filicauda	Filtrador	***Periquesta canariensis***	Detritivoro
Cirriformia tentaculata	Filtrador- Depositívoro de superficie =detritívoro	***Phyllodoce mucosa***	Predador
Cirrophorus perdidoensis	Detritivoro	***Phyllodoce* sp.**	Predador
Clymenura clypeata	Detritivoro	***Pisione guanche***	Predador
Dasychone brachychona	Filtrador	***Platynereis dumerilii***	Herbívoro
Demonax brachychona	Filtrador	***Poecilochaetous serpens***	Detritivoro
Desdemona sp.	Filtrador	***Polyophtalmus pictus***	Detritivoro
Euclymene sp.	Detritivoro	***Prionospio sp.***	Predador
Eulalia mustela	Predador	***Prionospio steenstrupii***	Detritivoro
Eumida sanguinea	Predador-Carnívora	***Protodorvillea kefersteini***	Predador
Eunice vittata	Predador	***Protodrilus sp.***	Detritívoro
Exogone breviantennata	Predador	***Prosphaerosyllis campoyi***	Detritívoro-Omnívoro
Exogone mediterranea	Detritívoro-omnívoro	***Protomystides bidentata***	Predador
Exogone verugera	Detritívoro-omnívoro	***Psamathe fusca***	Predador
Galathowenia oculata	Detritivoro	***Psammolyce arenosa***	Predador
Glycera dayi	Predador	***Pseudofabriciola sp.***	Microfiltrador
Glycera oxycephala	predador-Carnívoro	***Pseudomystides limbata***	Predador
Goniada sp.	Predador	***Questa caudicirra***	Detritivoro
Goniadella cf gracilis	Predador-Carnívoro	***Sabellidae* sp1**	Filtrador
***Grania* sp.**	Detritivoro	***Schoeredella laubieri***	Detritivoro
Haplosyllis carmenbritoae	Predador-Omnívoro	***Scoloplos (Leodamas) rubra***	Detritivoro
Harmothoe sp	Predador	***Scoloplos (Leodamas)* sp**	Detritivoro
Hesionura elongata	Carnívoro	***Scoloplos armiger***	Detritivoro
Hesiospina similis	Carnívoro	***Sigalion mathildae***	Predador
Lanice conchilega	Filtrador	***Sigalion squamatum***	Predador
Levinsenia canariensis	Detritívoro	***Spio filicornis***	Predador
Linopherus canariensis	Carnívoro	***Spio filicornis***	Detritívoro
Lumbinerides acuta	Predador	***Spio* sp**	Predador
Lumbrineriopsis paradoxa	Predador	***Spio* sp**	Detritívoro
Lumbrineris cingulata	Predador	***Spiophanes bombyx***	Filtrador

Especie	Régimen	Especie	Régimen
Lumbrineris latreillii	Predador	***Streptodonta pterochaeta***	Predador-Carnívoro
Lysidice unicornis	Carnívoro	***Streptosyllis bidentata***	Detritivoro
***Maldanidae* sp1**	Detritívoro	***Streptosyllis campoyi***	Predador
Marphysa sp	Predador	***Streptosyllis* sp**	Detritívora-Omnívora
Microspio mecznicowianus	Detritívoro	***Streptosyllis websteri***	Detritívora-Omnívora
Mystides caeca	Predador	***Syllis garciai***	Predador
Neanthes caudata	Herbívoro	***Syllis gerundensis***	Predador
Neanthes rubicunda	Herbívoro	***Syllis* sp**	Predador
Nematonereis unicornis	Predador	***Trychobranchus glacialis***	Detritivoro superficial
		Trypanosyllis coeliaca	Predador-Carnívora

Figura 101. Perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en estaciones a lo largo de la costa

Tabla 31. 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	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	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	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 32. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla: 2017 y 2019

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	No se pudo realizar muestreo	78	88	58,21
Detritívoros (%)	75	65	75		22	12	41,79
Filtradores (%)	0	0	0		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 puedo 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
1º sem. 2019	**TGr18**	**TGr14**	**TGr10**	**TGr09**	**TGr08**	**TGr05**	**Media**
Predadores (%)	33	53	44	No se pudo realizar muestreo	100	63	58,92
Detritívoros (%)	67¡	30	56		0	29	36.16
Filtradores (%)	0	13	0		0	6	3,94
Herbívoros (%)	0	3	0		0	2	0,98
Total= 63 ejemplares	3	30	9		1	20	12,60
Índice Margalef	1	0,87	0,95		-	0,65	0,87
2º sem. 2019	**TGr18**	**TGr14**	**TGr10**	**TGr09**	**TGr08**	**TGr05**	**Media**
Predadores (%)	0	36	50	31	100	0	36,08
Detritívoros (%)	75	43	50	54	0	100	53,62
Filtradores (%)	0	4	0	15	0	0	3,16
Herbívoros (%)	25	18	0	0	0	0	7,14
Total= 52 ejemplares	4	28	2	13	2	3	8,67
Índice Margalef	0,79	0,81	1,00	0,81	1,00	1,00	0,90

Figura 102. Evolución de los perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en el periodo 2011-2019: 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 2019 se continúa realizando la comparativa temporal del transecto Travieso, ideado durante la campaña de 2017, cuya localización, batimetría y longitud permite la evaluación del estado ZEC sebadales en los límites de la ZEC/puerto (Figura 103). En 2019 en invierno sólo se pudieron realizar tres de los 6 transectos propuestos, por la pérdida de la cámara, mientras que en verano se pudo realizar la totalidad de los mismos, una vez rescatada y reparada ésta.

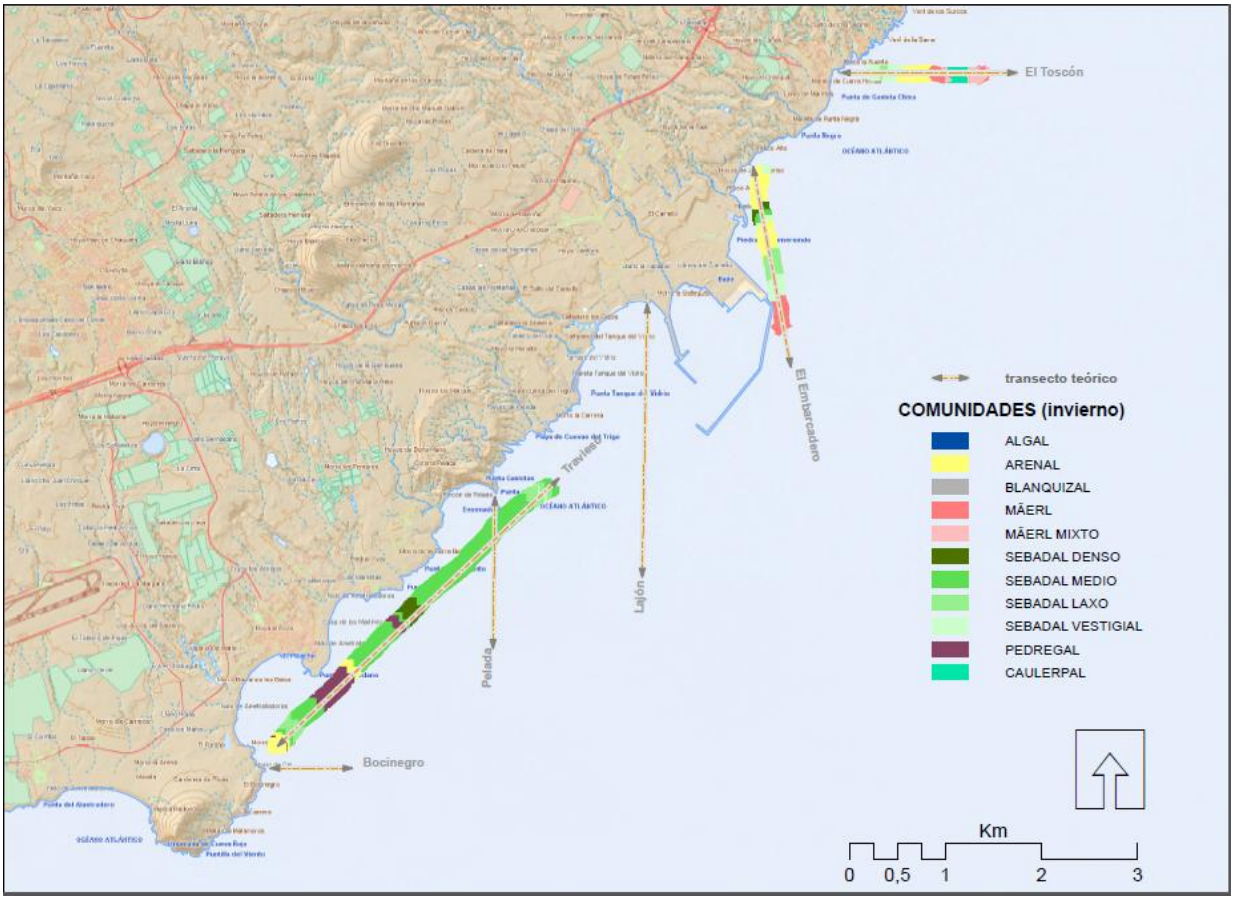


Figura 103. Transectos con su espectro bionómicos; invierno de 2019 (abril).

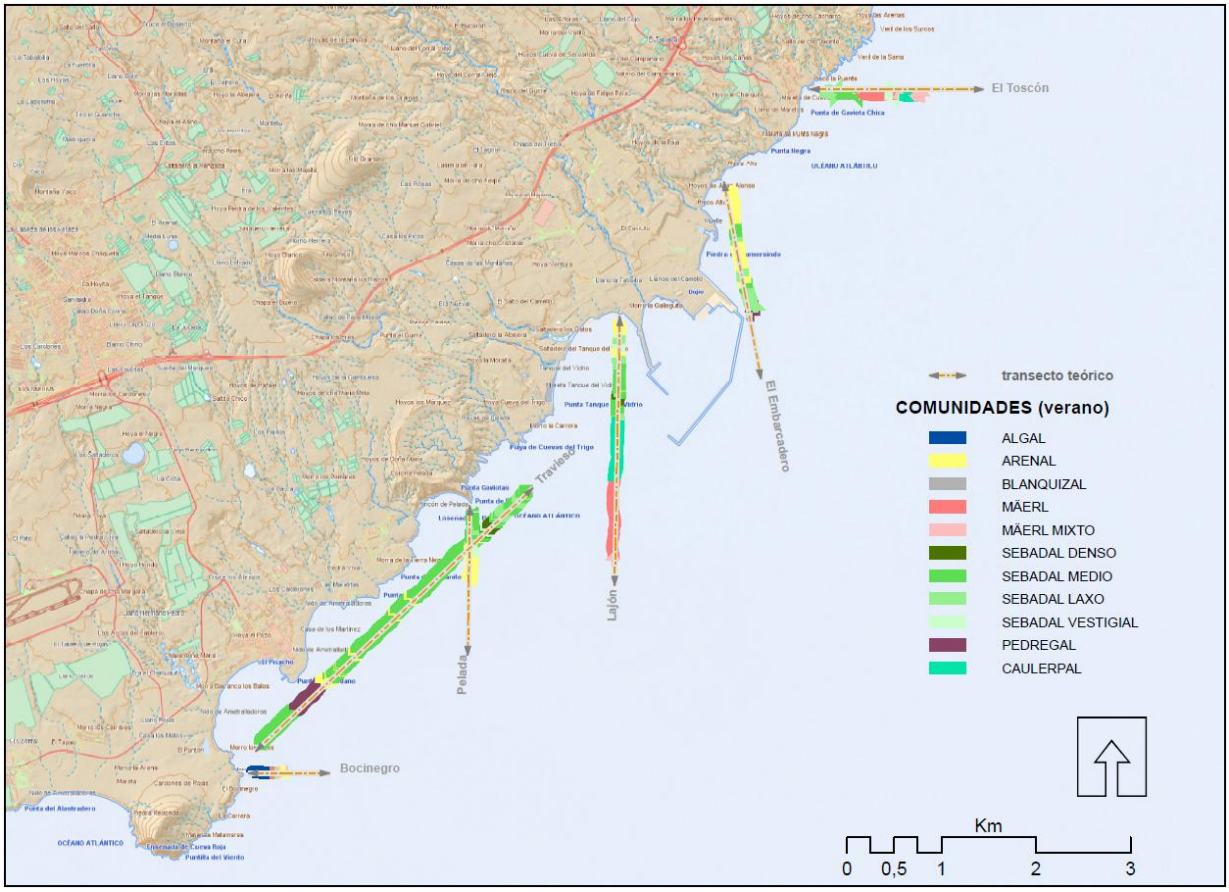


Figura 104. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2019 (noviembre)

En el año 2019 el OAG adquirió una minicámara para realizar los transectos de una manera más ágil y rápida. Se trata de la cámara de la marca C-Tecnics modelo CT 3015. La cámara va montada en un patín que es arrastrado desde la embarcación del OAG, el Avatar. Ésta va conectada a un ordenador/ GPS que servirá de guía de la filmación desde el barco. El patín, también lleva dos cámaras auxiliares *GoPro*: una con filtro rojo y otra sin filtro, que graban video y sacan fotos cada cinco segundos.

En invierno de 2019, tras quedarse el cable de la cámara enredado a una cota de -50 metros y costando su recuperación, por medio de buzos profesionales, un elevado importe, se decidió, para no asumir más riesgos, llegar los transectos hasta la cota -30. La evolución de la binomía a esas cotas es bastante homogénea y constante en todos los transectos. En caso de que exista la necesidad de realizar observaciones a cotas de más de -30 m se realizarán descensos controlados puntuales con la cámara. Hay que destacar la mejora de la operatividad con la nueva cámara, ya que actualmente el arrastre se realiza con el mismo cable de filmación, sin necesidad de utilizar un cabo guía para arrastrar la misma, al tiempo que se han evitado la gran cantidad de problemas de la anterior, al ser la nueva una cámara específicamente diseñada para estos trabajos, no una adaptación de una cámara de filmación submarina por operario.

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-abril (fenología invernal) y en septiembre-octubre (fenología estival). En 2019 se realizaron los transectos de invierno en a lo largo del mes de abril, y el de verano en noviembre. Las condiciones meteorológicas adversas durante la campaña invernal no permitieron la realización de los transectos Pelada, Bocinegro ni Lajón. (Figura 103).

Tabla 33. 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** (*Halophila decipiens*) - **CP** (el alga verde *Caulerpa prolifera*) - **BV** (el sabélido *Bispira viola*) - **OC** (presuntos montículos del equiúrido *Ochetostoma*) - **SG** (el erizo *Sphaerechinus granularis*)

	- **AJ** (la anguila jardinera *Heteroconger longissimus*)
C	**Caulerpal:** Zonas dominadas por el alga verde *Caulerpa*. Principalmente suele aperecer formando caulerpales la especie *C. prolifera* 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 *hábitats* o comunidades bentónicas tipificadas a efectos de la vigilancia ambiental, son los que se muestran en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. Las transiciones entre unos y tros 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 105).

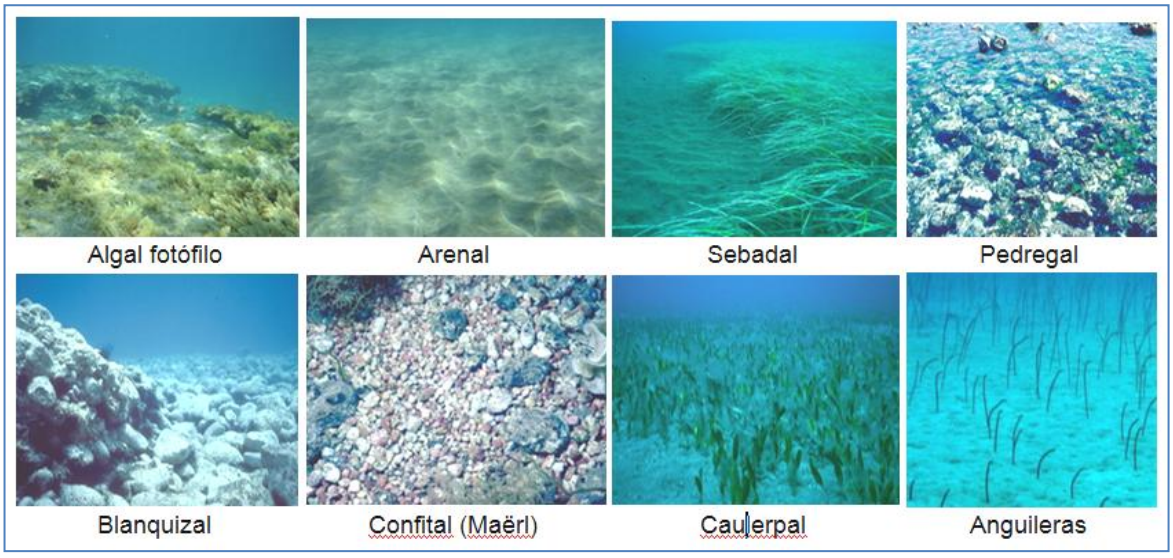


Figura 105. Aspecto de los distintos hábitats tipificados

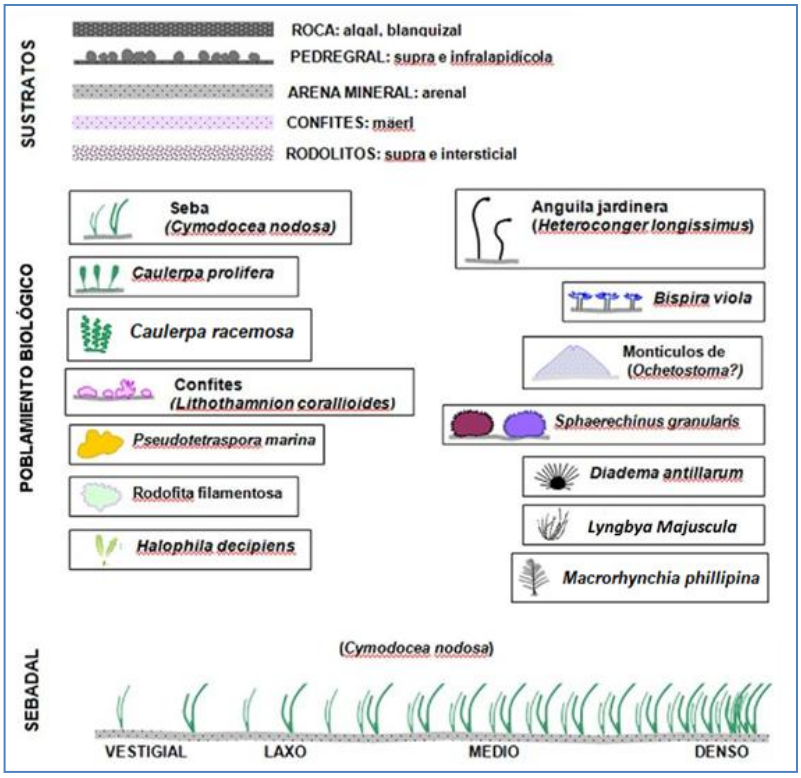


Figura 106. Simbología empleada en los diagramas bionómicos

Además de en perfiles bionómicos, los resultados de cada transecto se resumen en diagramas sinópticos –uno invernal y otro estival- con simbología que representa las especies presentes (Figura 107), la longitud planificada del transecto (la real puede variar ligeramente), y los comentarios más relevantes al pie. Para el año 2019, los transectos Pelada, Bocinegro y Lajón carecen de diagramas invernal debido a que condiciones medioambientales adversas, imposibilitaron la realización de los muestreos correspondientes. Asimismo, se ha añadido un símbolo para el coral invasor *Macrorhynchia phillipina*, sin representación en comparación al año anterior. Dicha ausencia no indica que no existan ejemplares, únicamente que debido a la velocidad y altura de la cámara no se han detectado individuos.

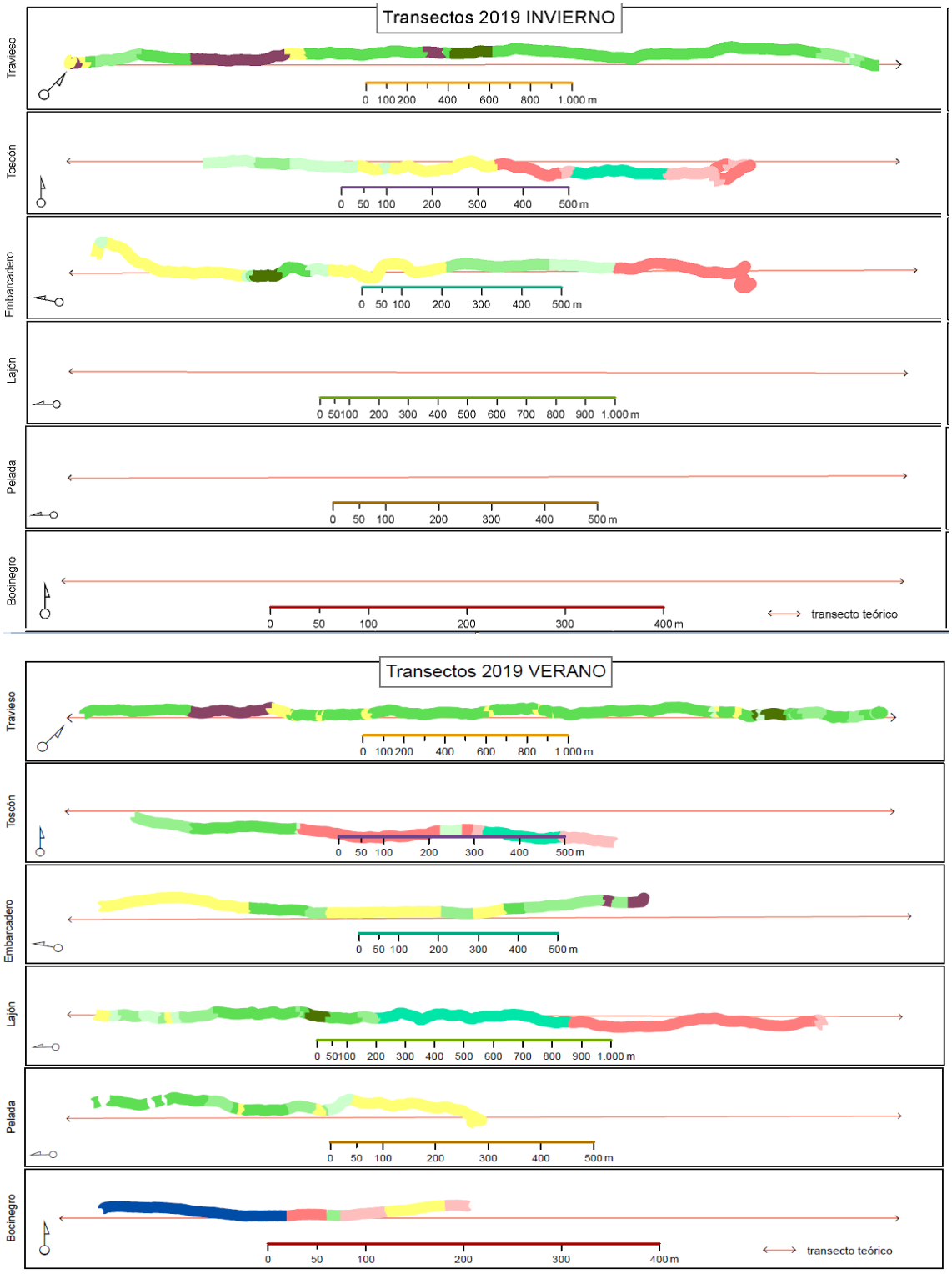


Figura 107. Espectros detallados con distancias de los transectos obtenidos en 2019. Arriba- transectos considerado de invierno 2019 (abril). Abajo- transecto considerado de verano (noviembre)

Transecto Bocinegro (400 m, 90°)

Para 2019 sólo se realizó el muestreo estival, que no se pudo llevar a cabo hasta noviembre y en sentido inverso al habitual (desde la cota -30m a costa). El primer segmento del transecto, hasta la cota de -15 m de profundidad, se caracteriza por una baja de piedra tapizada con algas, clasificada como algal. En los transectos del año 2017 y anteriores este algal era un blanquizal. Éste ha sido desplazado. Sí se observan algunos ejemplares de *Diadema* dispersos, muy pegados a costa, pero sin llegar a formar blanquizales. Esta vez, a diferencia del 2018, no se observaron ejemplares de *Macrorhynchia*. Que no puedan observarse en los vídeos, no indican que no existan, ya que en inmersiones próximas, se han identificado ejemplares por la zona. De forma continua el algal, se observa un sebadal laxo con fondo de *maërl*. En algunos tramos se observa montículos, parecido a pequeños domos, con césped de algas verdes (*Derbesia sp*.). A partir de los -23 m comienza a aumentar el material calcáreo en el sedimento (fondo de *maërl* mixto) y aparecen las anguilas jardineras, llegando hasta los -30 metros.

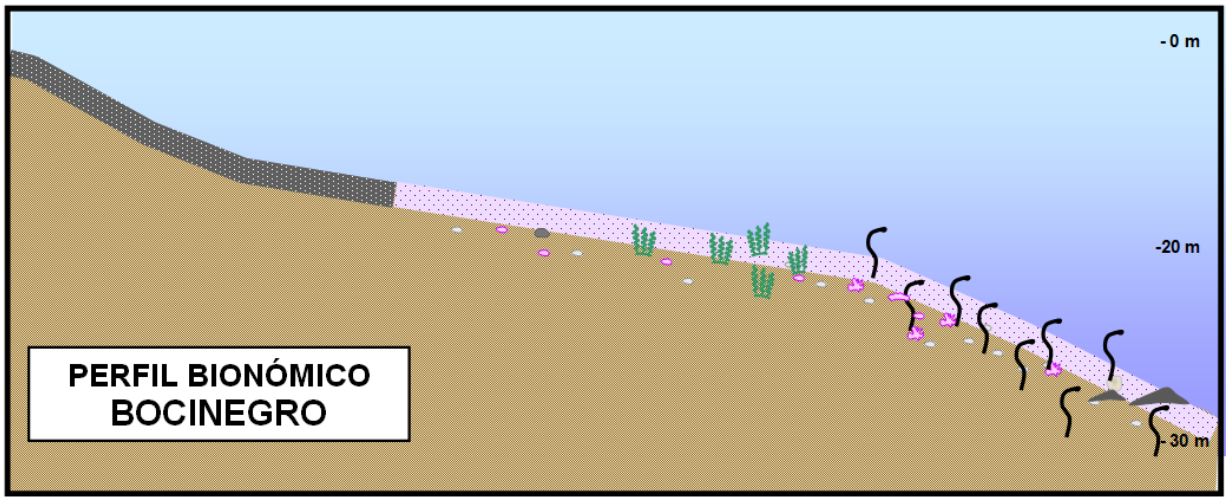


Figura 108 . Transecto Bocinegro 2019. Perfil bionómico estival

Transecto Pelada (863 m, rumbo 180°)

Durante el verano los fondos someros, hasta unos -20 m, continúan presentando sebadales de densidades media en arenales de distinta magnitud. Las calvas, escalones (o montículos), y los canales de bordes erosionados son bastante frecuentes. Sobre los -17 m disminuye la densidad del sebadal y comienza a aumentar progresivamente el contenido granular calcáreo de los arenales. También se comienzan a ver las anguilas jardineras.

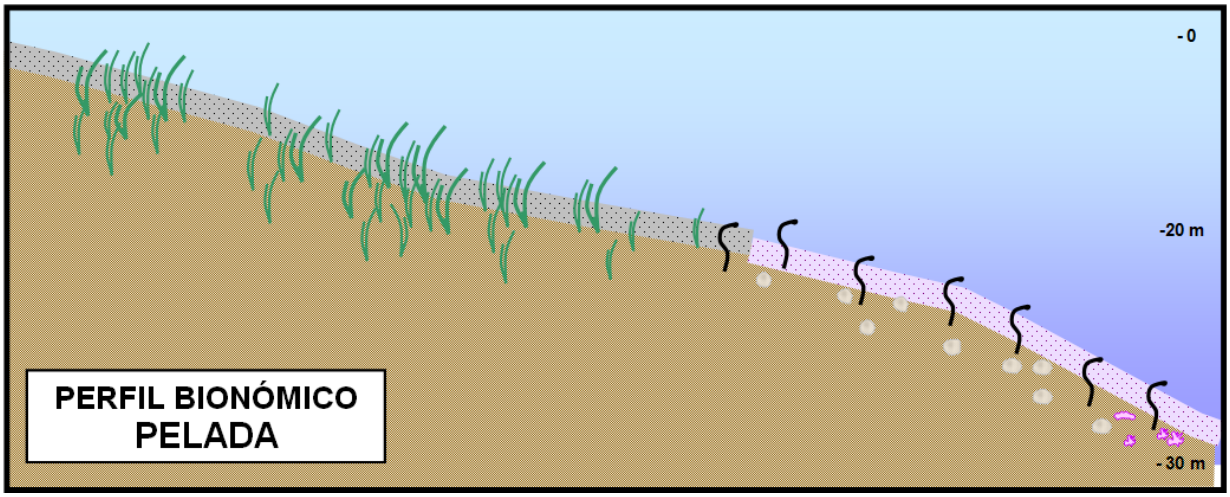


Figura 109. Transecto Pelada en 2019. Perfil bionómico estival

Transecto Lajón (2.870 m, rumbo 180°)

En verano, el estado del perfil y de las comunidades asociadas presenta una alta similitud con el descrito para años anteriores, destacando la ausencia de *Lyngbya sp*. este año, también quizás debido a lo tardío de la realización del transecto estival (noviembre). Los sebadales se extienden desde fondos someros de arenas (-5 m), hasta fondos más profundos de rodolitos (-20 m), en densidades variadas. Se siguen encontrando ejemplares de *Caulerpa* a partir de los -20 m donde domina hasta los -23 m, ya en sustrato de *maërl*. Las anguilas jardineras aparecen a partir de los -34 m. (Figura 110).

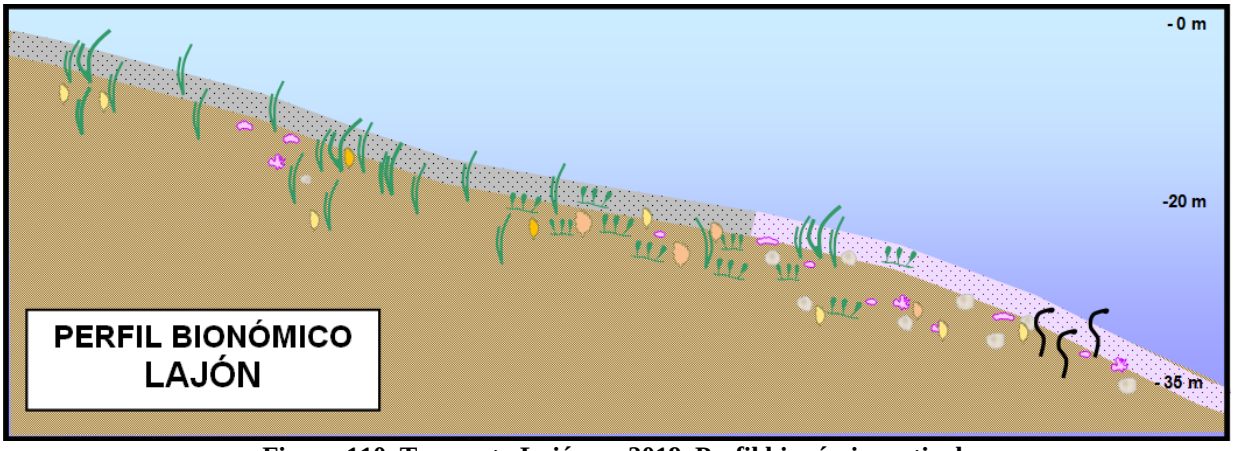


Figura 110. Transecto Lajón en 2019. Perfil bionómico estival

Transecto Embarcadero (1.400 m, rumbo 168°)

En la estación invernal los fondos someros son arenales de amplias ondulaciones y desprovistos de sebas. A -10 m de profundidad comienzan a aparecer sebadales de densidades variables (vestigiales, densos y medios), intercalados con manchones de arena. A partir de los -

15 m se pueden encontrar *islas* de *Cymodocea nodosa* de densidad media muy epifitadas. A partir de aquí se observa un fondo de arena de gran extensión desprovista de seba, a continuación, a una cota de -15 metros comienza a observarse un sebadal laxo, terminando con un fondo de *maërl* fino con algunos pies de seba sueltos que llega hasta los 30 metros de profundidad.

En el periodo estival el fondo es similar aunque cabe destacar una extensión de pedregal detectado al final del transecto (-25m) de aproximadamente 75 metros de longitud intercalado con presencia de un sebadal laxo.

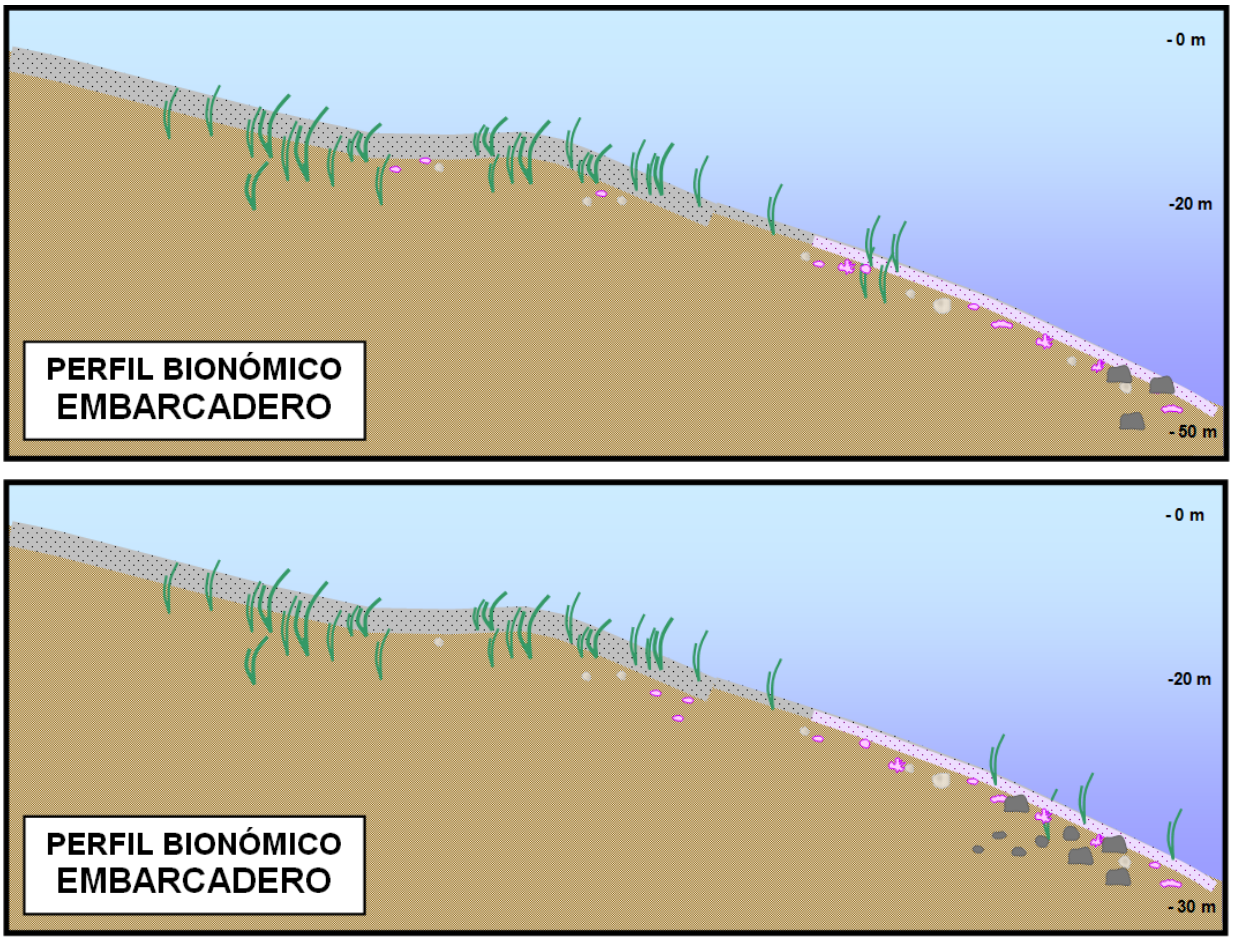


Figura 111. Transecto Embarcadero en 2019. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo)

Transecto Toscón (1.361 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 arena con alta composición calcárea. Sobre este sustrato se intercalan sebadales vestigiales o de densidad laxa, con ejemplares sueltos de *Caulerpa prolifera* y acumulaciones de ejemplares de *Sphaerechinus granularis*. A partir de la cota de los -20 m se detecta presencia de *C. prolifera* manteniéndose hasta los -30 m, donde comienzan a predominar los

rodolitos. A mayor profundidad se observan *maërl* mixto con presencia de ejemplares de *Caulerpa* aislados. (Figura 112).

En verano, el transecto es de similar composición. En verano se llegó a cota -30m, por lo expuesto con anterioridad.

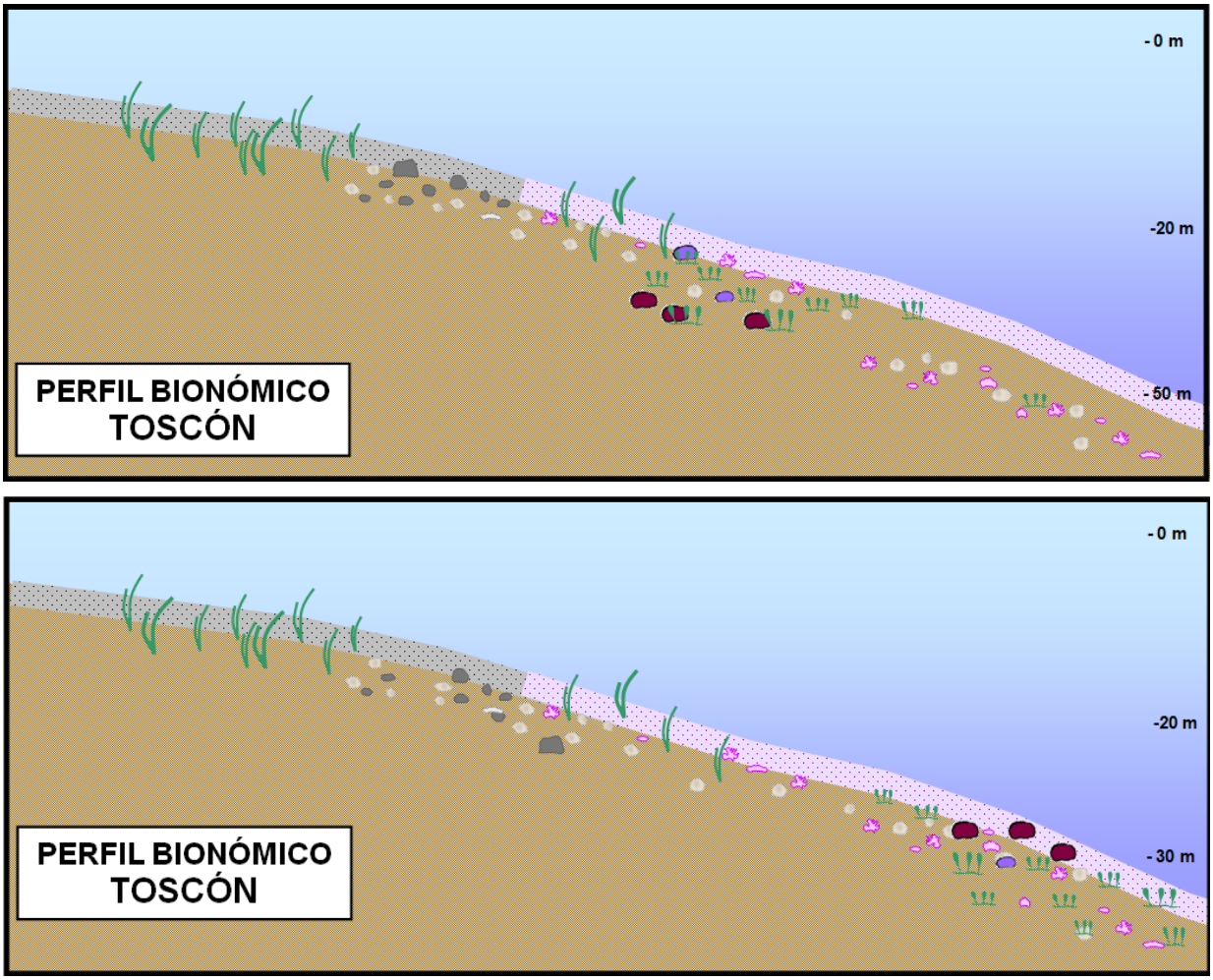


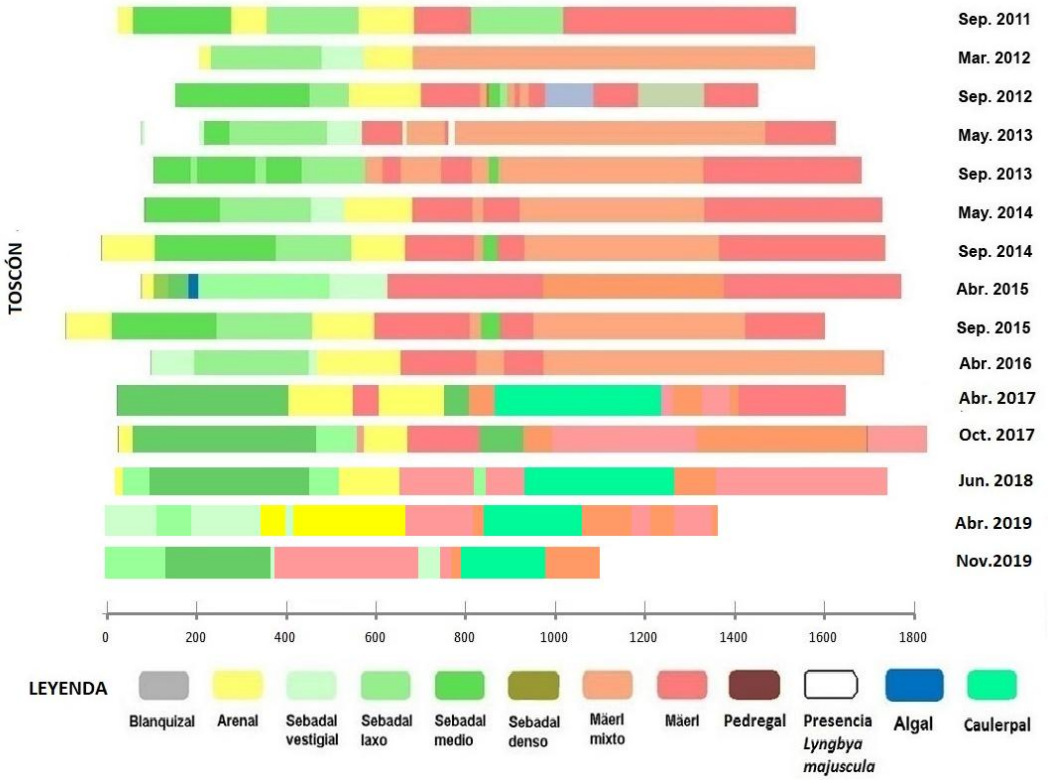
Figura 112. Transecto Toscón 2019. Perfil bionómico invernal y estival (abajo)

Transecto Travieso (4.108 m, rumbo 30°)

El transecto Travieso, el más largo de todos, se incluyó en el plan de vigilancia en fase operativa para realizar un seguimiento de la ZEC sebadales del sur de Tenerife en su extremo más próximo al puerto. Al transcurrir siempre en la misma cota aproximada (10 -20 m), carece de sentido su representación en forma 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 *grosso* modo es importante ya que, aunque se procura corregir las desviaciones del transecto en 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 (FigurasFigura 113 a Figura 116). Hay que tener en cuenta, como ya se ha mencionado, que las distancias a partir de verano de 2019 se acortan debido a que únicamente se llega a la cota -30 m.



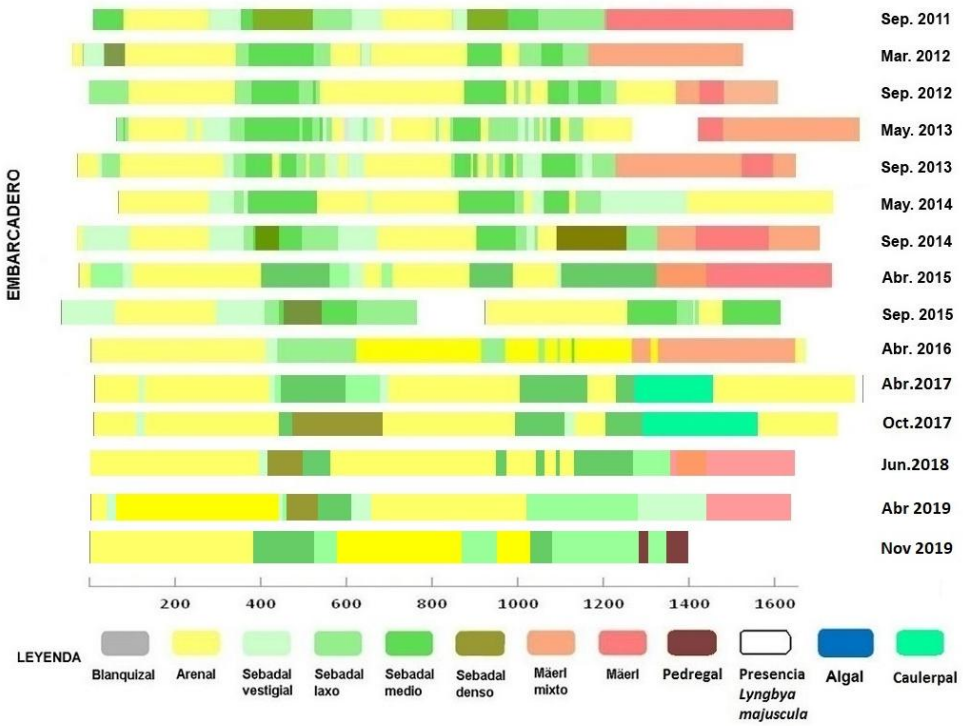


Figura 113. Espectros bionómicos de los transectos realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2019)

Al norte del puerto, en el transecto Toscón, desaparecieron los arenales durante 2013 y reaparecieron posteriormente, hasta el transecto de noviembre de 2019 que se catalogan como *maërl* por contener una mayor proporción de este hábitat. El tramo de sebadal que se forma a 800 m de la costa detectado en 2017 (en ambas campañas) y en verano de 2018, se ha visto reducido a un pequeño sebadal vestigial de menor extensión. A su vez, este 2019, el *caulerpal* que discurre en torno a la cota de -25 m, se observa con menor densidad y en menor extensión que en años anteriores.

En el transecto Embarcadero, destaca la sustitución del *caulerpal* y de los arenales localizados en 2017 y que, ni en 2018 ni 2019, son tan evidentes. Dichos *caulerpales* son sustituidos por sebadales laxos y fondos de maërl. Los sebadales que se encontraban entre los 400-600 m de costa parecen haber sufrido una reducción de su amplitud, acompañada de un aumento en la densidad de haces.

Figura 114. Espectros bionómicos del transecto Lajón y Pelada al sur de Granadilla (2011-2019)

En los transectos de Lajón y Pelada se apreció, en 2016, una disminución en la densidad de haces en el sebadal y la presencia de claros y canales con bordes erosionados. La recuperación de estas zonas observada en 2017, se continuó en 2018, con la presencia, por ejemplo, de praderas densas en Pelada, pero en este 2019 se ha vuelto a constatar una reducción de la extensión de éstas. No obstante, en el transecto de El Lajón, en octubre de 2018, pudo observarse, al comienzo de éste, un fondo algal de aproximadamente 100 m. Estas algas no han sido detectadas en 2019. En este fondo tampoco se ha encontrado la *Lyngbya sp*., observada en el año 2018. El caulerpal conocido en torno a los 900 m continúa presente en 2019.

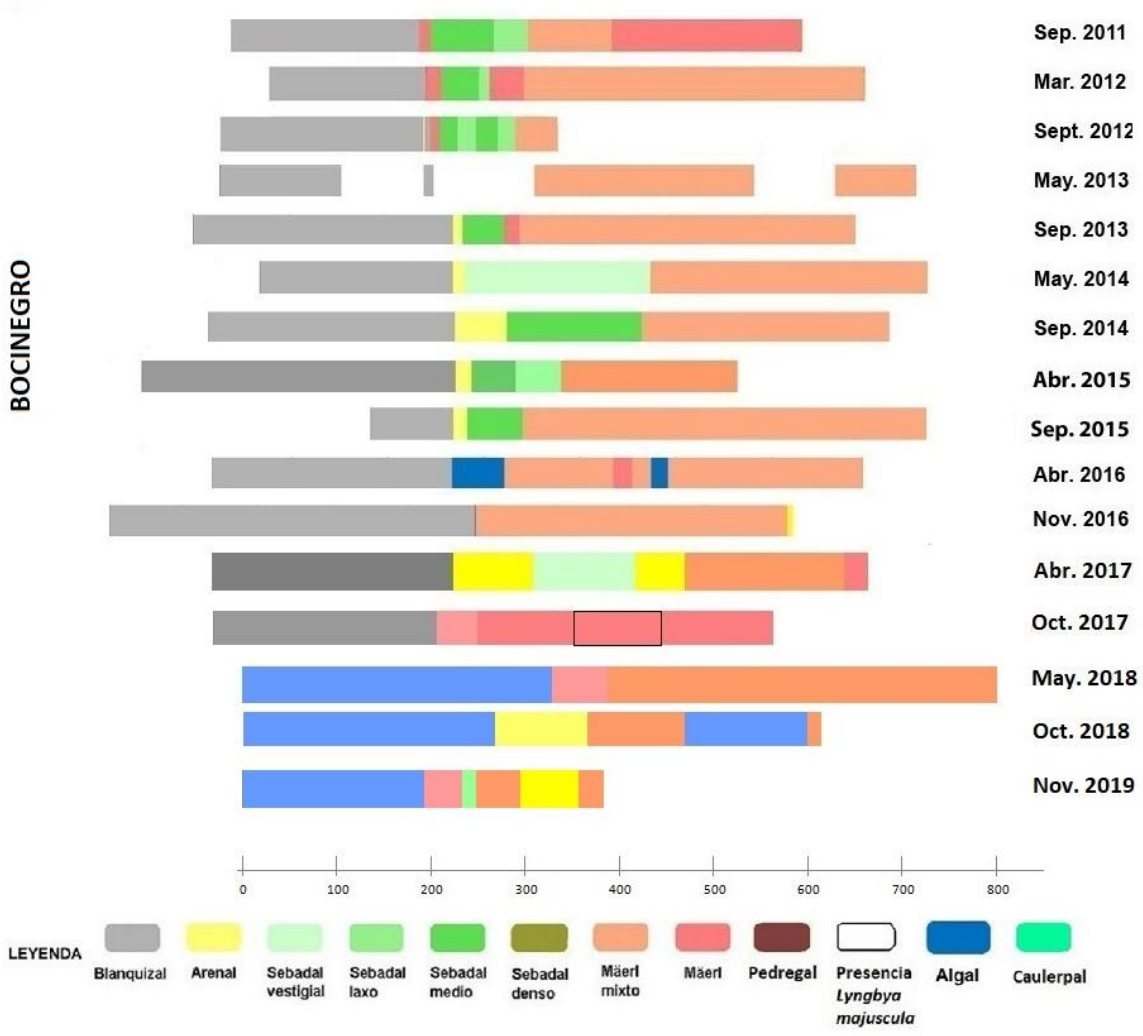


Figura 115. Espectros bionómicos del transecto Bocinegro, el más alejado al sur del puerto de Granadilla (2011-2019).

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 blanquizales debido al dominio de los erizos. En 2018 y 2019 la desaparición de *D.*

africanum ha dado lugar a la recuperación de los fondos de algas. Aun así, el sebadal que aparecía una vez rebasado el antiguo blanquizal, siguen sin encontrarse en este año 2019. Únicamente se detecta unas pequeñas manchas de sebadal laxo.

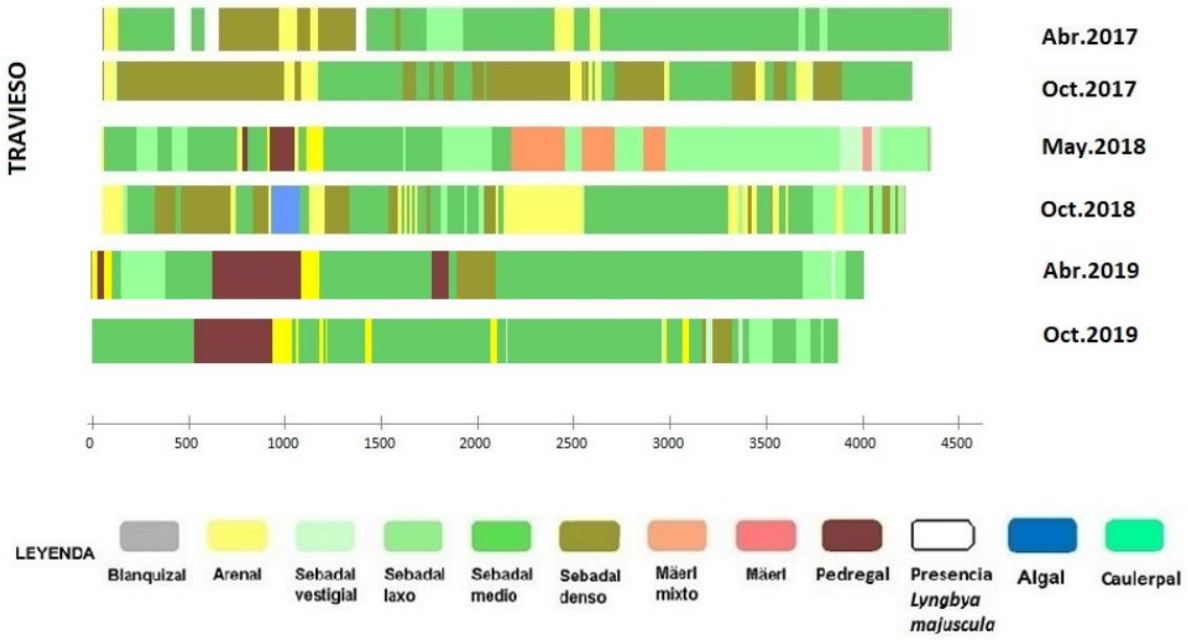


Figura 116. Espectros bionómicos del transecto Travieso (2017-2019)

El transecto Travieso, realizado por primera vez en 2017, 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 disminuido en densidad, aunque los arenales entre los mismos, también parecen haber menguado. Entre los 600-1.000 m del transecto se observa un pedregal, que se corresponde a la baja existente en el exterior del muelle de la playa del Médano. El transecto discurre justo en el final de dicha baja, por lo que en las imágenes de video se aprecia a un lado la baja de piedra (babor) y al otro lado (estribor), el fondo de arena con los sebadales de distinta densidad que se han comentado.

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 o *coastal blue* y amarillo). Aun así, las condiciones de la superficie del agua ha de ser excepcionalmente buenas (p.ej., superficie sin destellos, oleaje mínimo, espuma de ola escasa, marea baja, etc.) para obtener resultados aceptables.

Cuando las imágenes son idóneas (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 se dan, de manera coincidente, con frecuencia, así que son contadas las oportunidades de encargar la toma de una imagen adecuada. A esto hay que añadir que la detección de una buena oportunidad ha de hacerse a priori, pero no hay garantías y es frecuente que la predicción termine siendo equivocada y las tomas no sean útiles. No obstante, la utilidad del método no ofrece dudas, puesto que se consiguen obtener datos de una extensa área en el mismo instante, con lo que se elimina cualquier incertidumbre por variaciones temporales que pudieran darse en un trabajo de campo para el mismo cometido. Otro beneficio es la densidad de los datos, que llega a ser de un dato cada 2 m en toda el área.

Como situación de referencia se emplea mapa reelaborado con la imagen del 1 de diciembre de 2011 (Figura 117), 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 114. 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.

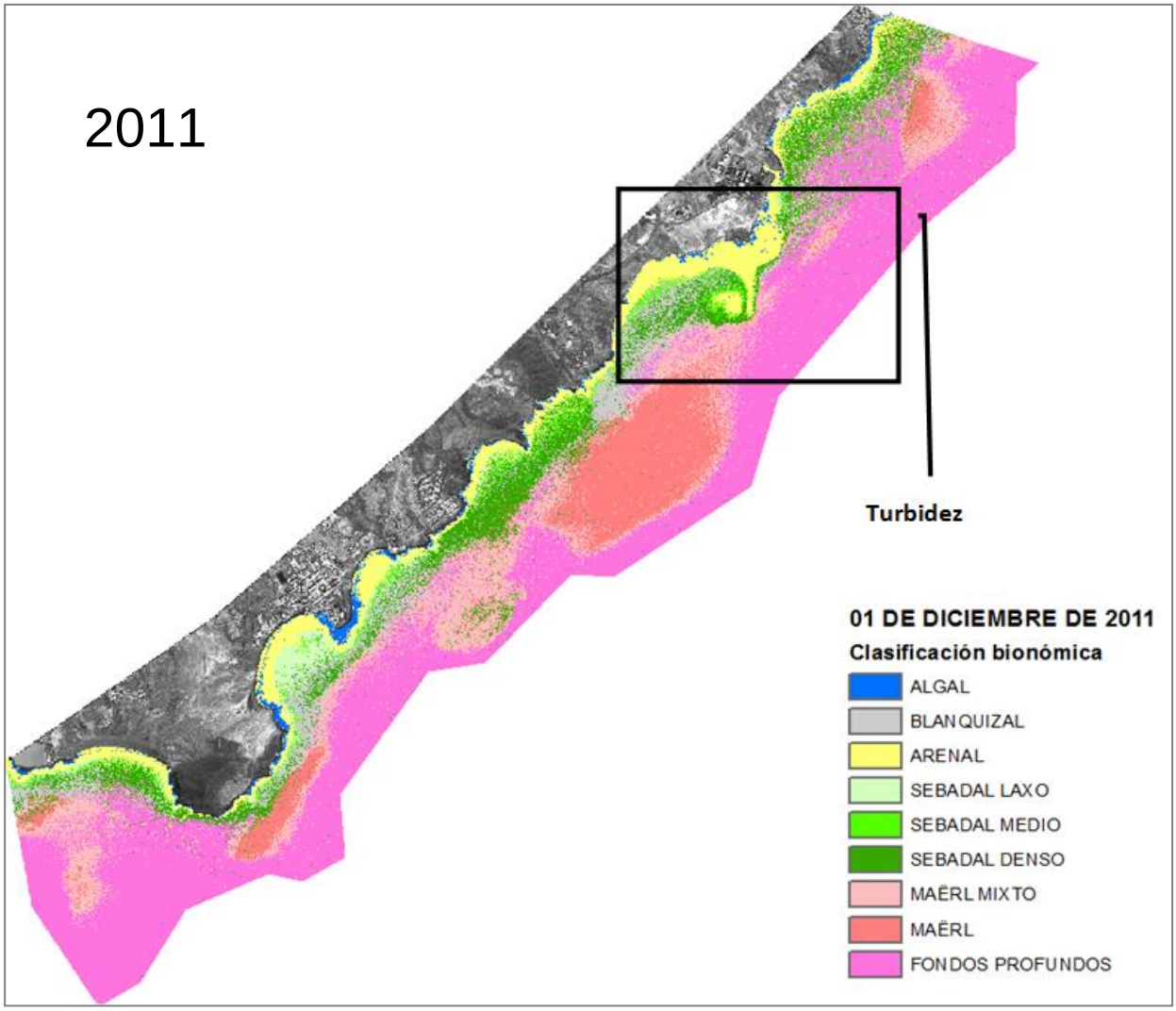


Figura 117. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)

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.

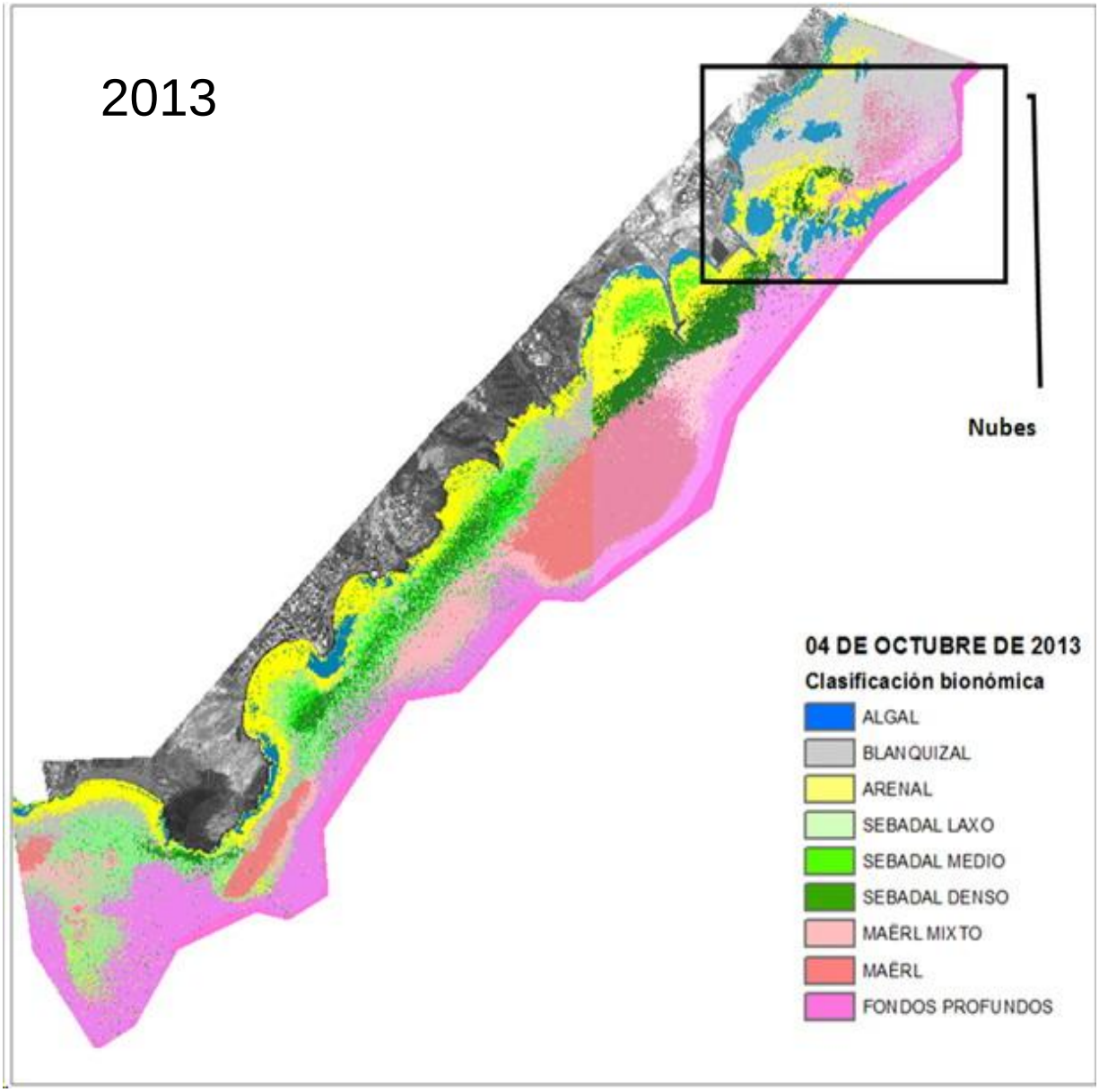


Figura 118. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG)

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

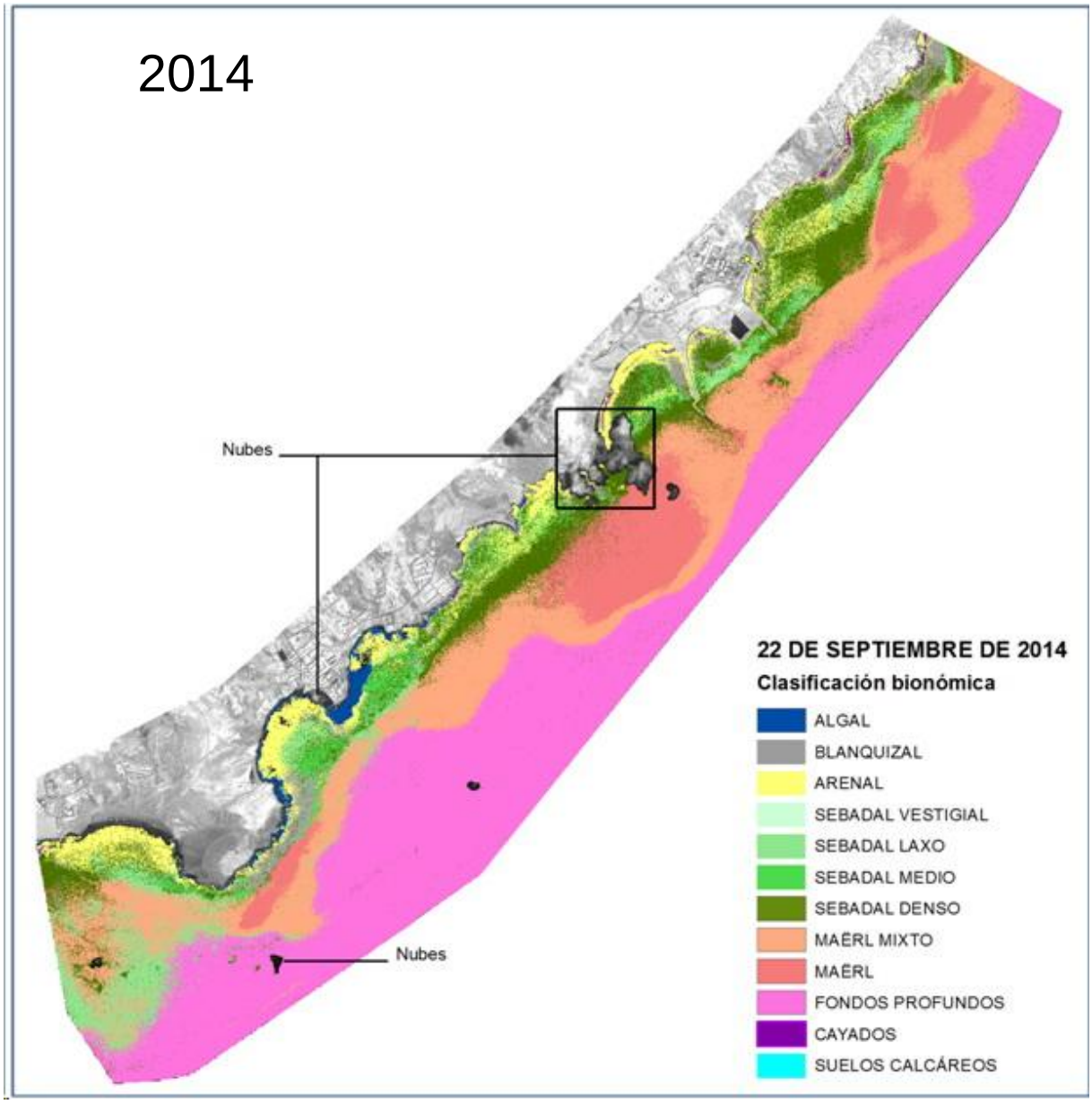


Figura 119. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG)

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.

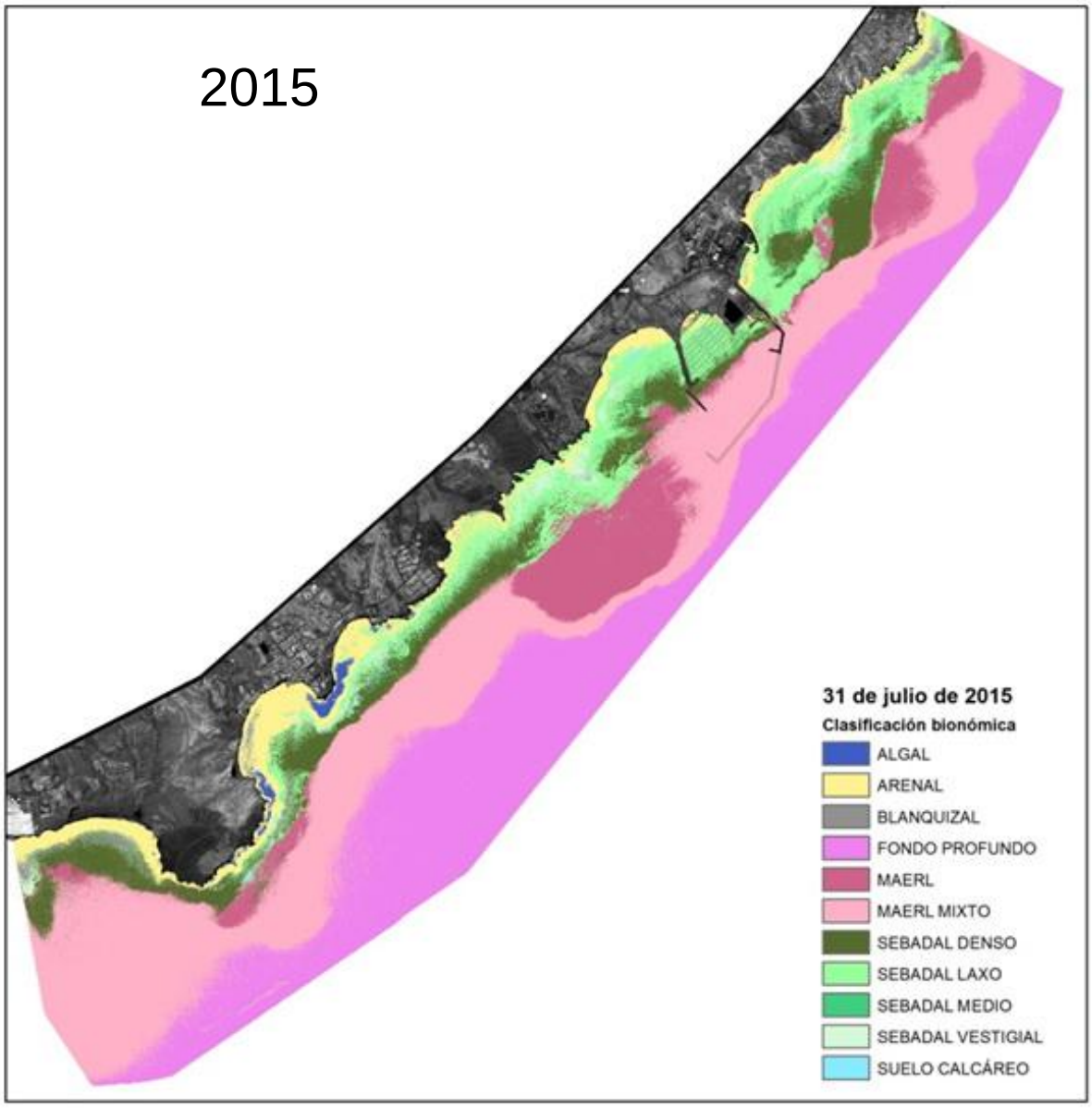


Figura 120. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG)

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 121).

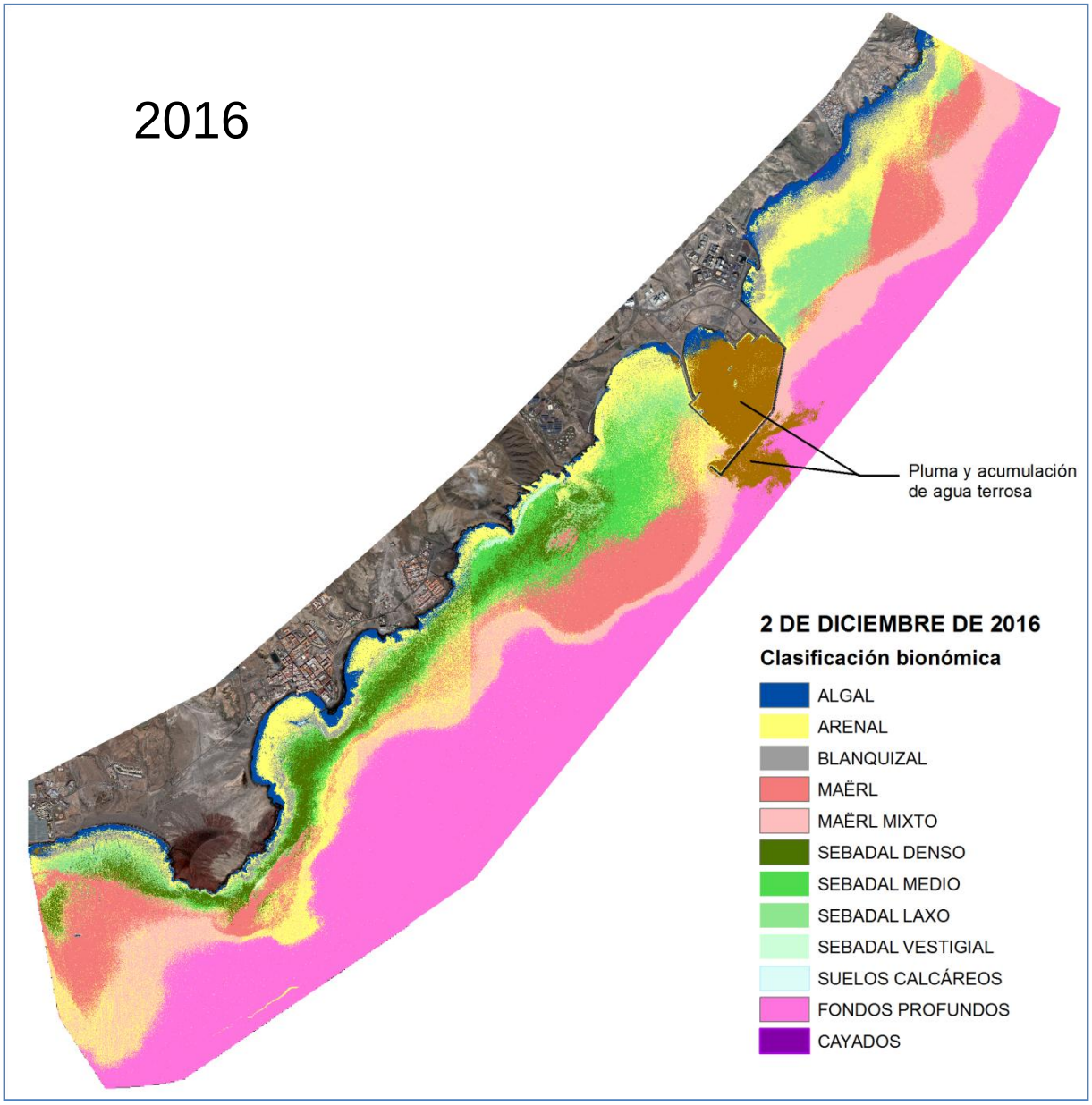


Figura 121. Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG)

En ese ejercicio se realizó una inspección del bentos en lugares concretos para ayudar en la interpretación de la imagen de satélite, ya que hubo que desechar los índices digitales del bentos que se venían empleando al verse afectados por la presencia de humo en la atmósfera, mucho limo en el agua, y perturbaciones por oleaje superficial. Finalmente se analizó con la técnica iterativa previa a 2015 (25 repeticiones del análisis) hasta conseguir un resultado razonablemente coherente con los diferentes muestreos (Figura 121). No obstante, los resultados obtenidos al norte del puerto, donde el 2 de diciembre se extendida una amplia nube de humos generada por la central de UNELCO, parece haber afectado a la interpretación del sebadal (le roba intensidad) y es muy posible que la merma en densidad registrada, que llega hasta Tajao, sea en parte engañosa.

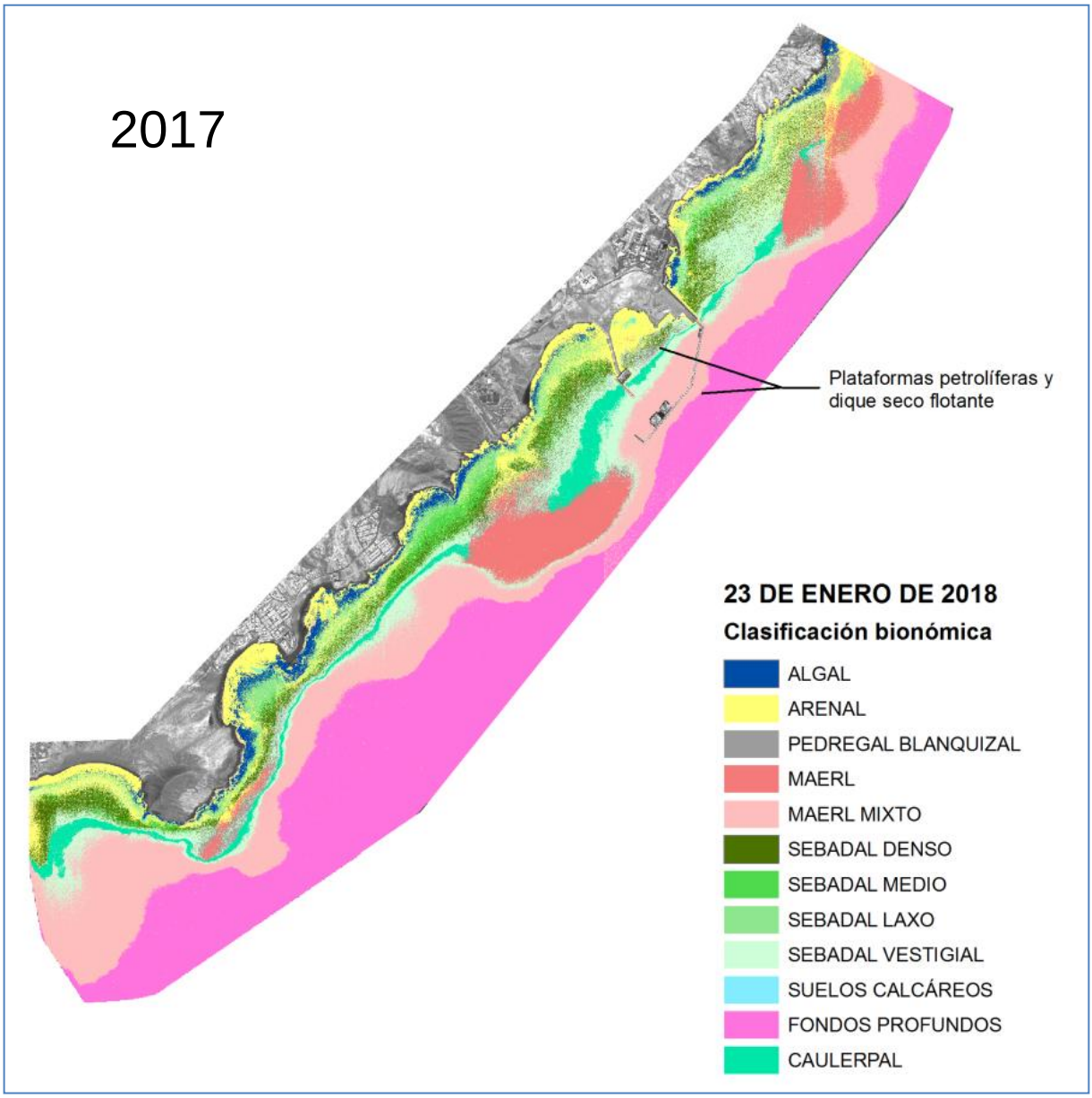


Figura 122. Mapa bionómico de "2017" (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG)

La imagen de satélite obtenida en 2017 fue de mala calidad e inútil para realizar el mapa bionómico con ella. Sin embargo, el 31 de enero de 2018 se repitió el encargo puesto que se daban las condiciones para una captura con éxito, hecho que finalmente se produjo, por lo que esta imagen es con la que se ha elaborado bionómico atribuido a 2017, teniendo en cuenta que la división temporal del calendario no corresponde con las variaciones del clima marino y existe un retraso del segundo. Este retraso se traduce en que en enero aún no ha entrado el invierno totalmente y la situación ecológica no está tan alejada de una imagen de noviembre o diciembre.

En este año 2017 se introdujo una nueva categoría, el "caulerpal", comunidad constituida principalmente por *Caulerpa prolifera*, alga de carácter invasor en el Mediterráneo que se está

extendiendo en la costa de Granadilla usualmente por debajo del sebadal (cota de -20 a -25 metros), en fondos de arena o maërl. Dicha expansión está posiblemente asociada al carácter termófilo de esta alga y al aumento global de la temperatura del agua en Canarias que se estima es consecuencia del cambio climático.

El sebadal dentro de la dársena del puerto ha desaparecido. Ya en 2016 se realizaron varios transectos con cámara arrastrada en su interior y se confirmó su práctica total desaparición debido a los dragados y deposición de limos. Quedaban unos pocos pies de seba sueltos o reasentados después de haber sido desenraizados y depositarse en el fondo, pero con escaso futuro tras haber sido alterado su hábitat por completo. 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 34 el resumen de las clases de sebadal en los años 2016, 2017 y 2018.

Tabla 34. 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 laxo	138,21	73,29	-64,93	171,13	97,84
Sebadal vestigial	6,47	310,10	303,63	590,06	279,96

El resto de clases no presenta signos preocupantes, salvo la situación de *Caulerpa*, que será tratada inmediatamente, puesto que el maërl, 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 mapa correspondiente al año 2018 (Figura 123), del mes de abril, se muestra seguidamente.

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. Se puede decir 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 2018, dado que en esa área la turbidez impide determinar qué hay en el fondo.

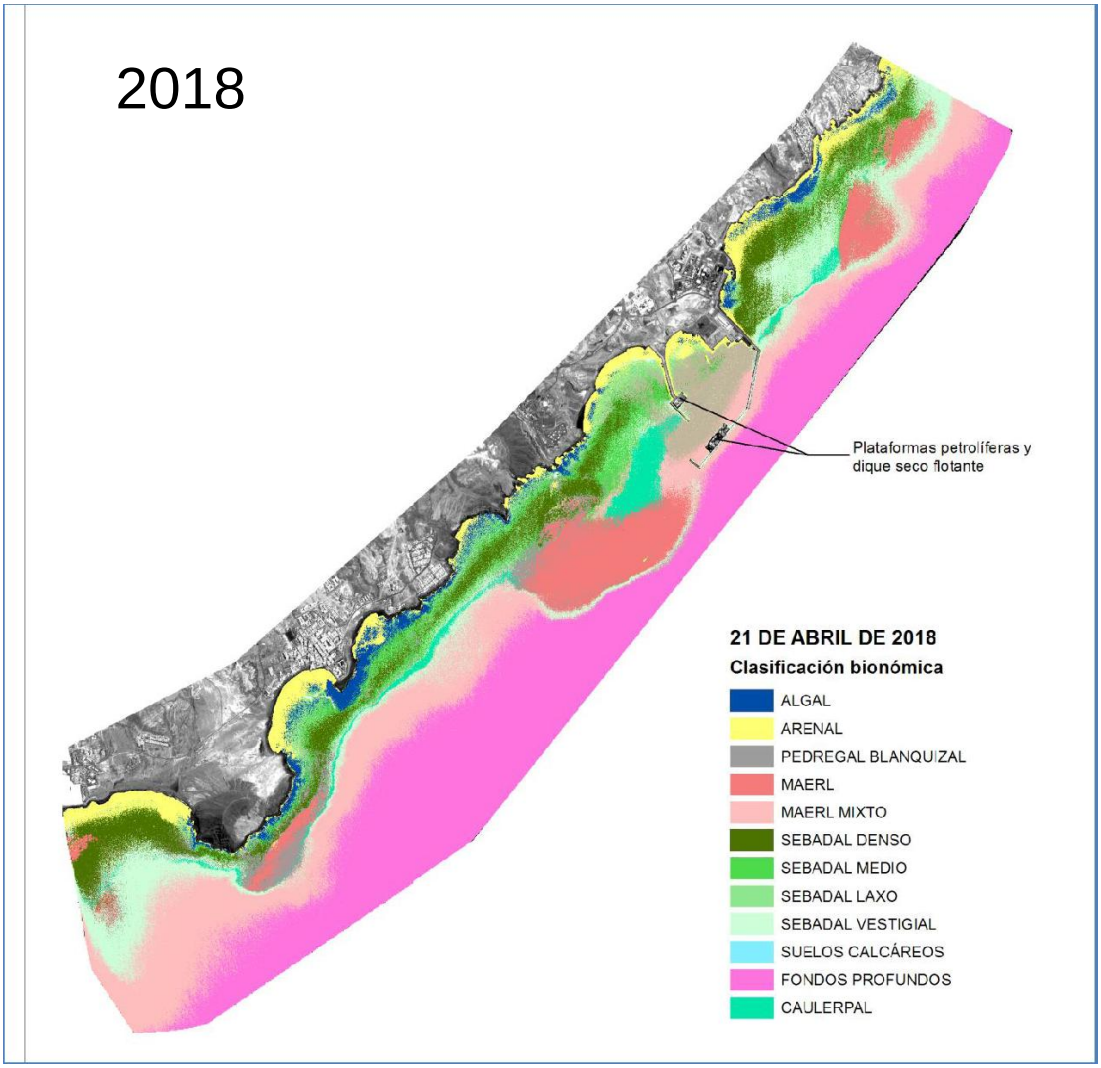


Figura 123. Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. Fuente OAG)

En 2019 hubo que esperar hasta diciembre para conseguir una toma adecuada, casi al límite de la anualidad y ya entrados en la época entre fase estival y fase invernal, con lo que se espera una expansión menor del sebadal, en general. Se obtuvo alguna imagen a mitad de año, pero que no reunía condiciones para el estudio por la presencia de nubes y oleaje. Respecto a este último, los algoritmos desarrollados para superar ese defecto de las imágenes generan una imagen aceptable, pero que no puede aprovecharse porque las nubes ocultan áreas importantes en el trabajo de clasificación supervisada, para el que se requieren muestras suficientes de cada biotopo que capturen las distintas condiciones en las que se desarrolla, para así poder entrenar al clasificador. Las nubes impiden completar el juego de firmas suficiente de cada clase y por eso se prefirió esperar una captura mejor. Sobre la imagen de diciembre se realizó la síntesis del mapa bionómico que presentamos más abajo en la Figura 124 y en el Anexo V.

El resultado del estudio, en este caso, hay que tomarlo con precauciones. Las imágenes satelitales sufren la interferencia de la atmósfera, entre otras, que afecta a la reflectividad que llega al sensor desde las distintas superficies de los objetos abarcados. Es por ello que se

somete a esas imágenes a un proceso de filtrado para eliminar esas interferencias y recuperar el valor real de la radiación emitida por los objetos emiten.

En el caso de Granadilla y del estudio de GPIT se eligió un algoritmo llamado 6S y se hizo un desarrollo que proporciona una imagen corregida radiométricamente. Esa programación se realizó para las imágenes del satélite WorldView2 y las que estamos adquiriendo en este momento son del WorldView3. Parece ser que no siempre se ajusta el procedimiento a los valores de reflectividad recogidos para cada longitud de onda y los cálculos no son correctos.

Eso impediría usar las imágenes para cualquier estudio de alta calidad, pero se decidió seguir adelante para tratar de saber cómo se estaban comportando los diferentes biotopos, siempre teniendo en cuenta la incertidumbre que impone no haber corregido la escena.

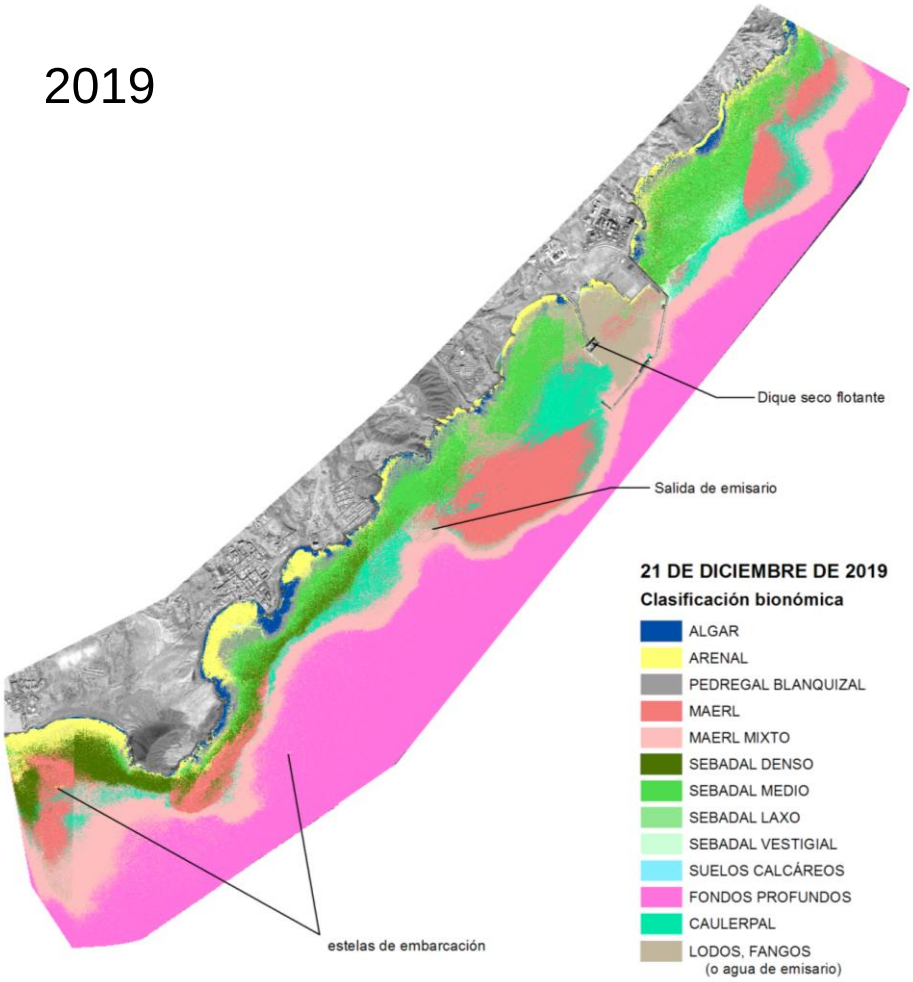


Figura 124. Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. Fuente OAG)

A la luz del trabajo, como se puede ver en la Tabla 35, el sebadal denso se restringe bastante y el vestigial sufre una aparente erosión de gran magnitud. Sin embargo, parece que el sebadal medio se recupera de manera global. Como se ha dicho, se depende de unos niveles de reflectividad concretos para decidir cuándo una zona de la imagen representa una u otra comunidad. Es muy posible que los valores estén atenuados al no poder eliminar el polvo

atmosférico con el procedimiento correctivo, así que estos números podrían variar sustancialmente.

Tabla 35. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en Ha) de las clases de comunidad de *Cymodocea*

CLASE	2016	2017	2017 - 2016	2018	2018 - 2017	2019	2019 - 2018
Sebadal denso	122,84	122,08	-0,76	460,63	338,56	101,91	358,72
Sebadal medio	158,41	65,06	-93,35	258,14	193,08	304,23	46,09
Sebadal lazo	138,21	73,29	-64,93	171,13	97,84	24,74	146,39
Sebadal vestigial	6,47	310,1	303,63	590,06	279,96	31,66	558,40

En lo que respecta al *maërl*, parece que no se ve afectado en su extensión de *maërl* puro, aunque sí la zona mixta, tiene una mayor presencia de *Caulerpa*.

Esta última sí presenta una ganancia digna de atención y confirmada con la impresión del trabajo "a pie de obra", es decir, en las rutinarias visitas a las estaciones de muestreo.

En el curso del año 2021 posiblemente se consiga un desarrollo adaptado a las nuevas características de las imágenes del satélite WorldView3. Entonces se podrá repetir el trabajo y se podrán tener resultados más fundamentados en el procedimiento y sobre todo, más comparables.

3.6.8 Especies exóticas

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

La problemática que conlleva el asentamiento de especies invasoras es el desplazamiento de la biodiversidad autóctona, pudiendo causar estragos ecológicos, además de que su erradicación es prácticamente imposible por medios artificiales, y muy complicada por medios naturales.

3.6.8.1 Métodos de detección de especies exóticas empleados por el OAG

3.6.8.1.1 *Redes de plancton*

Durante 2017 y 2018 se llevó a cabo una campaña de arrastres por semestre, entre las estaciones TGr05 y TGr08; TGr09 y TGr10, y por último entre la TGr14 y TGr18. La red de plancton es una WP-2 triple con tres luces de malla distintas: 100, 200 y 500 micras. El plancton recolectado se trió bajo una lupa binocular donde los individuos de la muestra se clasificaron en larvas de crustáceos, larvas de peces, huevos de peces, medusas y material sin

especificar. En ningún caso se llegó a un nivel de identificación más específico, por falta de tiempo al ser un proceso metódico y exhaustivo, de modo que no se pudo afirmar por esta vía que existieran o no especies introducidas o invasoras en el plancton de las aguas alrededor de El Puerto de Granadilla. En el año 2019 estos muestreos dejaron de realizarse por suponer un esfuerzo del que no se estaban obteniendo resultados realmente representativos por falta de tiempo y personal para su procesamiento.

3.6.8.1.2 *ROV*

En noviembre de 2017 empezaron a entrar plataformas petrolíferas a Granadilla pero no se ha permitido su revisión mediante buceadores autónomos. En 2018 llegó el ROV sumergible, (vehículo controlado por operador humano que no está físicamente dentro de él), con una cámara instalada, para poder inspeccionar estas plataformas, y otras embarcaciones susceptibles de traer especies exóticas potencialmente invasoras en el *fouling* de los cascos. Se han inspeccionado parte de los cajones, pero este método, para determinados organismos en que su determinación es determinante, sólo sirve para datar su ubicación, siendo necesaria su recolección su estudio, hecho no posible actualmente por no ser compatible con el buceo científico dentro de la entidad portuaria.

3.6.8.1.3 *Pescas*

Durante el seguimiento de las comunidades intermareales, de peces litorales y especies bentónicas pueden detectarse nuevos inquilinos en la costa, pero esta detección puede no ser suficiente para su determinación específica. En 2019 se incluyó en el PVA un muestreo 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, estando sólo pendiente de la ubicación de la embarcación de la Fundación en el nuevo puerto, para el comienzo de los trabajos.

3.6.8.1.4 *Buceo autónomo*

Los datos de presencia o ausencia de las especies se obtienen durante los muestreos realizados por el OAG incluidos en el PVA donde se precisa de equipos de buceo autónomo y se trabaja en todo tipo de fondos (*maërl, caulerpales*, sebadales, arenales, algales fotófilos en roca, blanquizales y sustratos artificiales), aprovechando para detectar posibles especies exóticas macroscópicas, sacarles fotos y dejar registrada la talla y la densidad de individuos.

3.6.8.1.5 *Cámara arrastrada*

Durante la realización de los transectos de control de perfiles bionómicos mediante cámara arrastrada por embarcación y utilizando un software desarrollado por el OAG, también se busca la presencia de especies exóticas en todos los tipos de fondo. Aun así, muchas veces es difícil identificar la presencia de especies exóticas mediante este método, a menos que tengan un tamaño realmente considerable o que la cámara pase muy cerca de los individuos, como para poder apreciarlos. A pesar de los inconvenientes con este método, en 2018 se consiguió detectar *Macrorhynchia philippina* en el transecto de Bocinegro y un hidroideo parecido, en el transecto del Travieso y de El Embarcadero.

3.6.8.2 Especies detectadas en granadilla

3.6.8.2.1 *Macrorhynchia philippina*

Macrorhynchia philippina (Figura 118) es un hidrozoo que puede estar presente en todas las estaciones del año formando colonias de hidroideos con aspecto plumoso y blanquecino con tallos negros erectos (Kirchenpauer, 1872), que pueden variar desde pocos centímetros a más de 30 (Morri, 1872). Es planctófago, por lo que tiene predilección por zonas con corrientes patentes. No tolera aguas estancadas en bahías, y a pesar de que suele encontrarse en lugares luminosos, no tiene preferencia por la luz y sobrevive en lugares sombríos.

Figura 118. Ejemplares de *Macrorhynchia philippina* en la costa de Granadilla

El 17 de junio de 2017 se localiza por primera vez en las inmediaciones del martillo del contradique. Esta especie circumtropical, potencialmente invasora, fue ya 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 (Riera, R., et al. 2016) formando colonias de escaso porte.

3.6.8.2.2 Otras especies

En el año 2018 el dique flotante "*Palumbo Tenerife Shipyard*", procedente de Filipinas, llegó al puerto de Granadilla. Dado su procedencia y las características de su transporte con navegación lenta se procedió a realizar una inspección de su casco mediante equipos de buceo autónomo donde se encontró fauna y flora asociada con algunas especies no identificadas. Estas especies no han sido luego encontradas fuera del Puerto de Granadilla. Algunos ejemplos se muestran en la Figura 125.

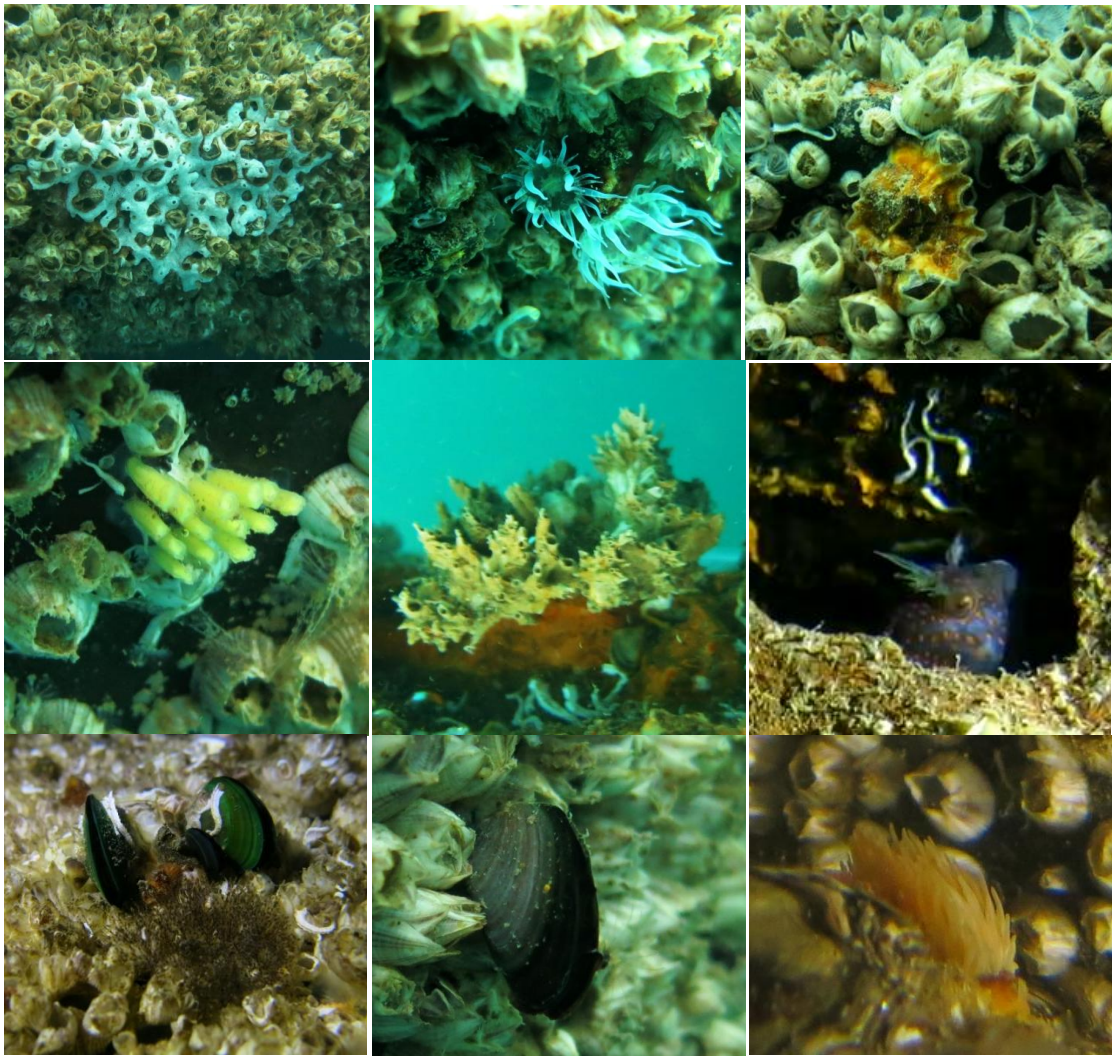


Figura 125. Fotos de algunas especies encontradas en la inspección del Palumbo de las que no se ha determinado la especie

También se observó lo que posiblemente fueran ejemplares de *Abudefduf saxatilis* (Figura 126), una especie tropical introducida en el ámbito de Canarias. Esta especie tampoco se ha observado en las inmediaciones exteriores del puerto.

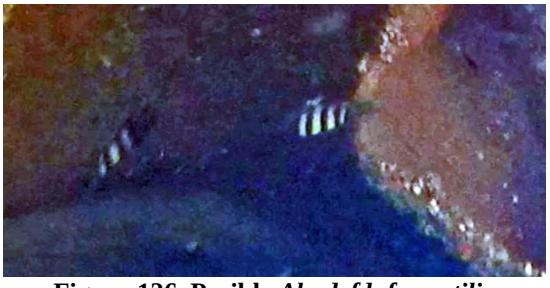


Figura 126. Posible *Abudefduf saxatilis*

Del mismo modo, y en el mismo año, se procedió a la inspección de la cajonera "*Mar del Teide*". Algunas de las especies no identificadas que se encontraron se muestran en las siguientes figuras. Ninguna de ellas se ha encontrado fuera del puerto (Figura 127).

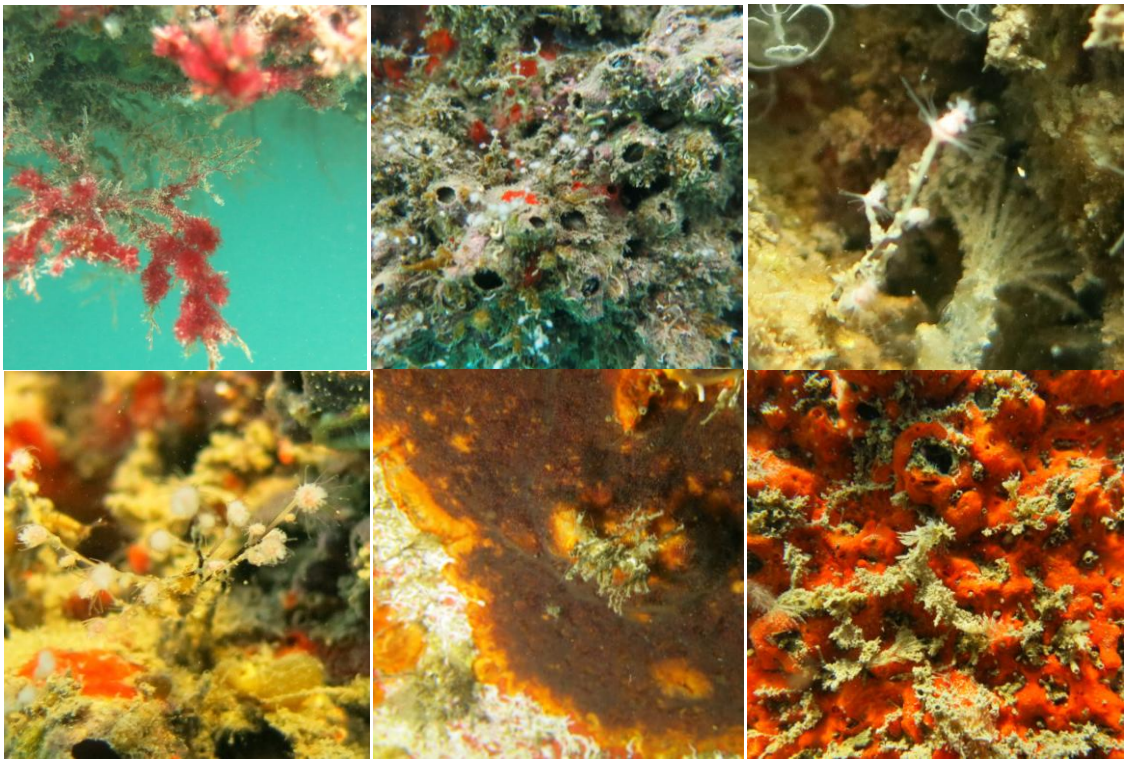


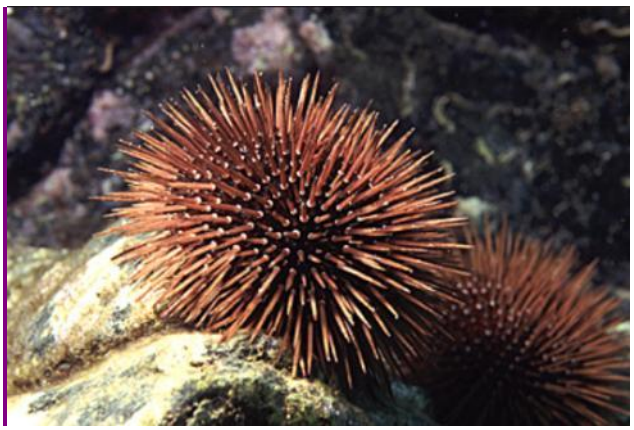
Figura 127. Fotos de especies no identificadas en el fouling de la cajonera Mar del Teide

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.

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 lividu*s 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, hasta ahora, se han tomado los promedios obtenidos por el Observatorio entre el 28 de noviembre y el 12 de diciembre de 2011 (Tabla 36). 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. Estos valores se tomaban porque se entendía que reflejaban mejor una situación normal y menos contaminada de las aguas, que aquellos otros disponibles de análisis previos realizados en la zona (Hernández *et al*. 2009[7], SEMALL[8]).

Ahora bien, debido al incremento en los últimos años de la cantidad de metales pesados obtenido en los tejidos se ha tratado de incluir también en el presente informe los valores obtenidos en el informe realizado por el SEMALL anteriormente mencionado. Dicho informe expone valores del 2002 al 2009. Los valores mostrados en el mismo son medianas. Por lo tanto para poder realizar comparaciones hemos puesto también medianas en los datos obtenidos por el OAG en los últimos años. Los valores se expresan en microgramos (10^{-6} gr) por kilo, o

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

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

en miligramos (10^{-3} gr) por kilo. Los valores indicados como 0,00 están por debajo del límite de detección (0,01 µg/k).

Tabla 36. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2018 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior)

MUESTRAS 2018		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**	**5,94**
PRIMER SEMESTRE	TGr03 La Jaca	---	0	1,3	144,9	4,9	0,2	2,2	0,9	1,2	0,2
	TGr06 Embarcadero	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr12 Punta Tancón	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr16 Rajita	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr17 Punta Brava	---	0	2,0	119,7	3,7	0,1	1,7	0,2	1,3	0,1
	TGr20 Bocinegro	---	0	2,2	117,2	3,6	0,1	2,6	0,7	1,1	0,2
	TGr23 Montaña Roja	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr24 Las Lisas	---	0	1,7	156,3	2,9	0,1	2,0	0,3	0,8	0,1
	Promedio	**---**	**0**	**1,8**	**134,5**	**3,8**	**0,1**	**2,1**	**0,5**	**1,1**	**0,2**
	Mediana			**2,0**	**119,7**	**3,6**	**0,1**	**2,0**	**0,7**	**1,2**	**0,2**
SEGUNDO SEMESTRE	TGr03 La Jaca	---	0	2,2	177,2	2,2	0,1	3,1	5,2	1,1	0,1
	TGr06 Embarcadero			-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr12 Punta Tancón	---	0	1,1	65,6	0,6	0,1	1,7	0,4	0,3	0,0
	TGr16 Rajita	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr17 Punta Brava	---	0	1,7	137,6	4,1	0,2	2,3	0,8	0,6	0,1
	TGr20 Bocinegro	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr23 Montaña Roja	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr24 Las Lisas	---	0	1,5	107,8	3,4	0,5	2,8	0,7	0,9	0,0
	Promedio	**---**	**0**	**1,6**	**122,1**	**2,6**	**0,2**	**2,5**	**1,8**	**0,7**	**0,0**
	Mediana		**0**	**1,8**	**136,1**	**3,3**	**0,1**	**2,1**	**0,6**	**0,9**	**0,1**

Tabla 37. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2019 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior)

MUESTRAS 2019		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**	**5,94**
PRIMER SEMESTRE	TGr03 San Felipe	---	0	1,96	105,8	1,4	0,47	1,9	1,1	0,6	0,22
	TGr06 Embarcadero	---	0	1,32	347,2	2	0,43	3	2,1	1,1	0,38
	TGr12 Punta Tancón	---	0	1,1	176,1	2,3	0,39	1,9	1,3	0,92	0,5
	TGr16 Rajita	---	0	0,98	83,7	0,79	0,42	2,7	2,6	0,89	0,28
	TGr17 Punta Brava	---	0	2,01	171,4	5,8	0,27	2,5	1,7	0,98	0,58
	TGr20 Bocinegro	---	0	1,06	30,9	0,3	0,97	3,4	2,8	1,4	0,41
	TGr23 Montaña Roja	---	0	1,76	117,5	3,4	0,41	2,5	1,6	0,83	0,36
	TGr24 Las Lisas	---	0	1,89	322,2	5	0,49	3	0,89	0,98	0,54
	Promedio	**---**	**0**	**1,51**	**169**	**2,62**	**0,48**	**2,61**	**1,76**	**0,96**	**0,41**
	Mediana			**1,76**	**127**	**2,15**	**0,43**	**2,5**	**1,65**	**0,95**	**0,4**
SEGUNDO SEMESTRE	TGr03 San Felipe	---	0	1,28	67,7	1,34	0,2	1,89	0,66	0,51	0,61
	TGr06 Embarcadero	---	0	1,87	109,9	1,69	0,21	1,45	0,85	1,2	0,82
	TGr12 Punta Tancón	---	0	2,15	47,6	0,86	0,91	1,9	7,73	1,49	0,46
	TGr16 Rajita	---	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	TGr17 Punta Brava	---	0	1,89	62,9	1,25	0,09	1,84	0,71	1,49	0,7
	TGr20 Bocinegro	---	0	2,22	60,4	2,82	0,16	2,47	0,93	1,01	1,08
	TGr23 Montaña Roja	---	0	1,45	32,8	2	0,9	2,7	7,74	1,52	2,26
	TGr24 Las Lisas	---	0	1,38	52,6	2,23	0,12	1,1	0,85	0,51	0,46
	Promedio	**---**	**0**	**1,75**	**62**	**1,74**	**0,37**	**1,91**	**2,78**	**1,08**	**0,91**
	Mediana	**---**	**0**	**1,81**	**61,7**	**1,85**	**0,21**	**1,9**	**0,89**	**1,11**	**0,66**

Tabla 38. Tabla con valores obtenidos en periodo de 2008. Fuente: SEMALL (2011). *Informe "Control de vertidos del medio receptor - Características químicas de los efluentes líquidos y del medio marino receptor (Granadilla, Tenerife). La Laguna, Tenerife.*

METALES EN ERIZOS	V (mg(kg)		Zn (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Ni (mg/kg)		Cr (mg/kg)	
Mes-año muestreo	May-09	Sep-09	May-09	Sep-09	May-09	Sep-09	May-09	Sep-09	May-09	Sep-09
ESTACIÓN PUNTA CAZONES										
Muestreo 2009	25,4	14,8	148	111	4,62	4,3	4,25	3,84	1,34	3,32
2003-2009 (n=12). Intervalo	6,68-40,1		91,3-290		1,06-5,32		1,09-14,2		0,71-17,0	
Mediana	25,3		125		4,1		3,15		1,77	
ESTACIÓN PUNTA NEGRA										
Muestreo 2009	24,3	18	138	138	4,27	5,6	5,36	7,53	8,08	6,31
2002-2009 (n=14)*. Intervalo	<0,45-36,2		70,3-231		2,68-5,60		0,84-6,03		<0,333-5,21	
Mediana	13,9		121		3,35		2,64		1,6	

ESTACIÓN ESCOLLERA CENTRAL (=TGr06)										
Muestreo 2009	6,99	18,6	124	180	3,8	4,39	0,74	8,32	1,07	6,53
2002-2009 (n=15)*. Intervalo	<0,45-18,6		65,4-185		2,73-6,27		0,74-4,14		<0,333-4,82	
Mediana	8,21		134		3,8		1,92		1,6	
ESTACIÓN PUNTA CAMELLO										
Muestreo 2009	19,6	18,1	125	185	3	4,65	5,14	6,84	6,56	6,06
2002-2009 (n=15)*. Intervalo	<0,45-32,5		75,4-232		0,33-15,2		1,05-10,8		<0,33-6,72	
Mediana	18,1		150		3,42		2,72		1,90	
ESTACIÓN PUNTA DE VIDRIO (=TGr12)										
Muestreo 2009	9,54	15,7	106	114	3,53	4,69	4,19	6,13	7,1	3,36
2002-2009 (n=15)*. Intervalo	<0,45-39,5		79,7-399		2,36-31,4		0,63-7,52		<0,33-7,10	
Mediana	23,6		152		4,3		3,25		2,59	

*=número de muestras analizadas en el periodo

**=Sin muestra

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).

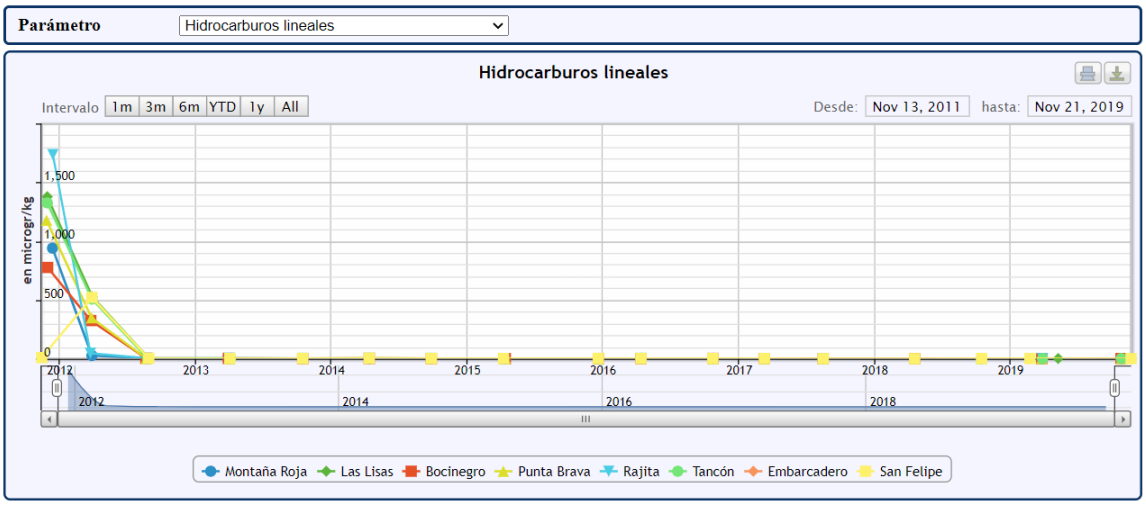


Figura 128. Hidrocarburos lineales (gr/kg) en gónadas de Diadema en de Granadilla (2011-2019)

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 (Figura 128). Parece 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).

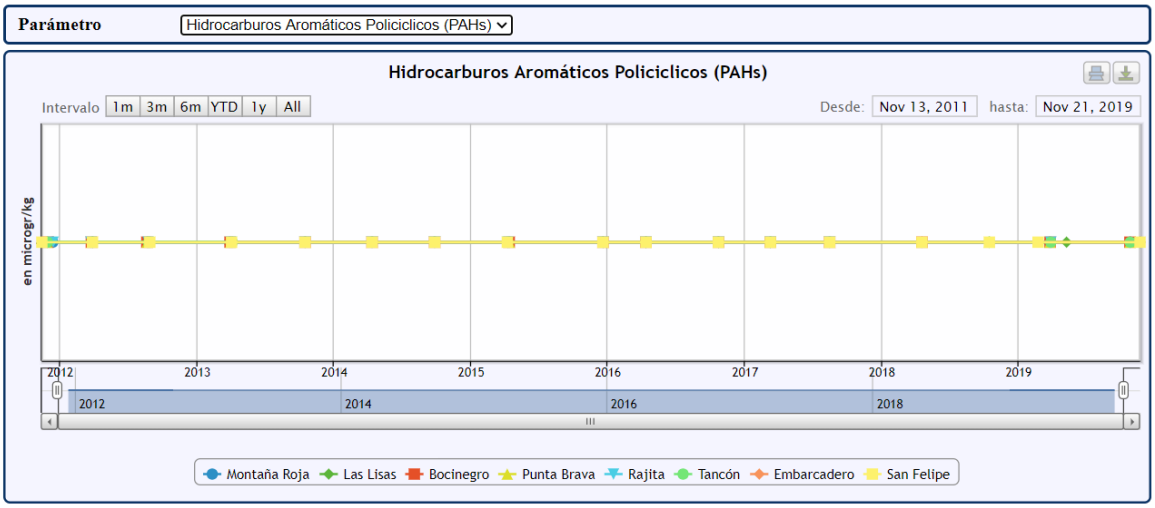


Figura 129. Ausencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en gónadas de *Diadema africanum*

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 concentraciones de zinc, plomo, cromo, mercurio e hidrocarburos lineales, con un ligero aumento en las de cobre, respecto de los valores de referencia (2011).

En 2016 se detectó que las concentraciones de los metales que estaban presentes en las gónadas disminuían en el primer semestre del año y luego se incrementaban. Esta pauta está posiblemente relacionada con el ciclo gonadal de *Diadema*, aunque en Gran Canaria[9] 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" 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 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 dónde se mantiene estable respecto al año 2017. Además, en la estación de San Felipe se

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

detecta un incremento repentino en las concentraciones de níquel del segundo semestre, alcanzando valores equivalentes a los detectados en 2011 (> 5 mg/kg) (Tabla 39).

En este año 2019, los valores de plomo, cobre, cadmio y cromo continúan estabilizados al alza respecto al 2018. Destacar la tendencia ascendente del cinc, níquel y mercurio en la mayoría de las estaciones. También cabe destacar los incrementos de níquel y mercurio en todas las estaciones respecto a los años anteriores (solamente superado por valores del 2011 y 2012). En la Tabla 39, se muestran los valores picos obtenidos para cada uno de los metales.

Tabla 39. Valores pico obtenidos para los distintos metales en muestreos de 2019

Metales en erizo (2019)	Zn (mg/kg)		Cd (mg/kg)		Pb (mg/kg)		Cu (mg/kg)		
Valores Pico (mg/kg)	347,20	322,2	5,80	5	0,97	0,49	3,40	3,00	3,00
Estación	TGr06	TGr24	TGr17	TGr24	TGr20	TGr24	TGr20	TGr24	TGr06
Fecha muestreo (2019)	22-feb	09-may	26-mar	09-may	26-mar	09-may	26-mar	09-may	22-feb

Metales en erizo (2019)	Ni (mg/kg)		Cr (mg(kg)		Hg (mg/kg)	
Valores Pico (mg/kg)	7,74	7,73	1,52	1,49	2,26	1,08
Estación	TGr23	TGr12	TGr23	TGr12	TGr23	TGr20
Fecha muestreo (2019)	26-oct	26-oct	26-oct	26-oct	26-oct	25-oct

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. Es necesario prestar atención a su bioacumulación, por si superan niveles que justificasen hacer un seguimiento de sus concentraciones en la columna de agua.

Si se comparan los datos de muestras recolectadas antes de la construcción del puerto (SEMALL 8) con los de las tablas 36 a 38, es posible relacionar los datos de los metales cinc, cobre, níquel y cromo. Como norma general se detectan valores inferiores en la actualidad respecto a los valores expuestos en dicho informe. Se deben exceptuar los valores de cinc, que tanto para el 2018 como para el 2019, están por encima de los valores recogidos con anterioridad a la construcción del puerto. La referencia que se tomaba hasta ahora (primer muestreo realizado por el OAG en 2011) parece más restrictiva para el caso de los metales cinc y cobre, y menos para el caso del cromo y el níquel.

De las 5 estaciones muestreadas para el informe que la empresa Unelco encargó al SEMALL, únicamente dos se corresponden exactamente con el lugar de recolecta de erizos que se realiza actualmente. Son la estación "Escollera central" que se correspondería con la TGr06 "Embarcadero" y la estación "Punta de Vidrio" que sería la actual TGr12 "Tancón". Los datos de estas estaciones, arrojan valores inferiores en la actualidad, a excepción del cinc y, puntualmente, en una de las mediciones, de níquel (TGr23 Montaña Roja = 7,74 mg/kg). Esta estación es las más alejada a la ubicación del puerto, en La Tejita. En las inmediaciones de esta estación se realiza las descargas de los buques de queroseno para el aeropuerto de Tenerife Sur. Dicho combustible puede ser fuente de contaminación por emisión de metales pesados, especialmente plomo, mercurio y cadmio.

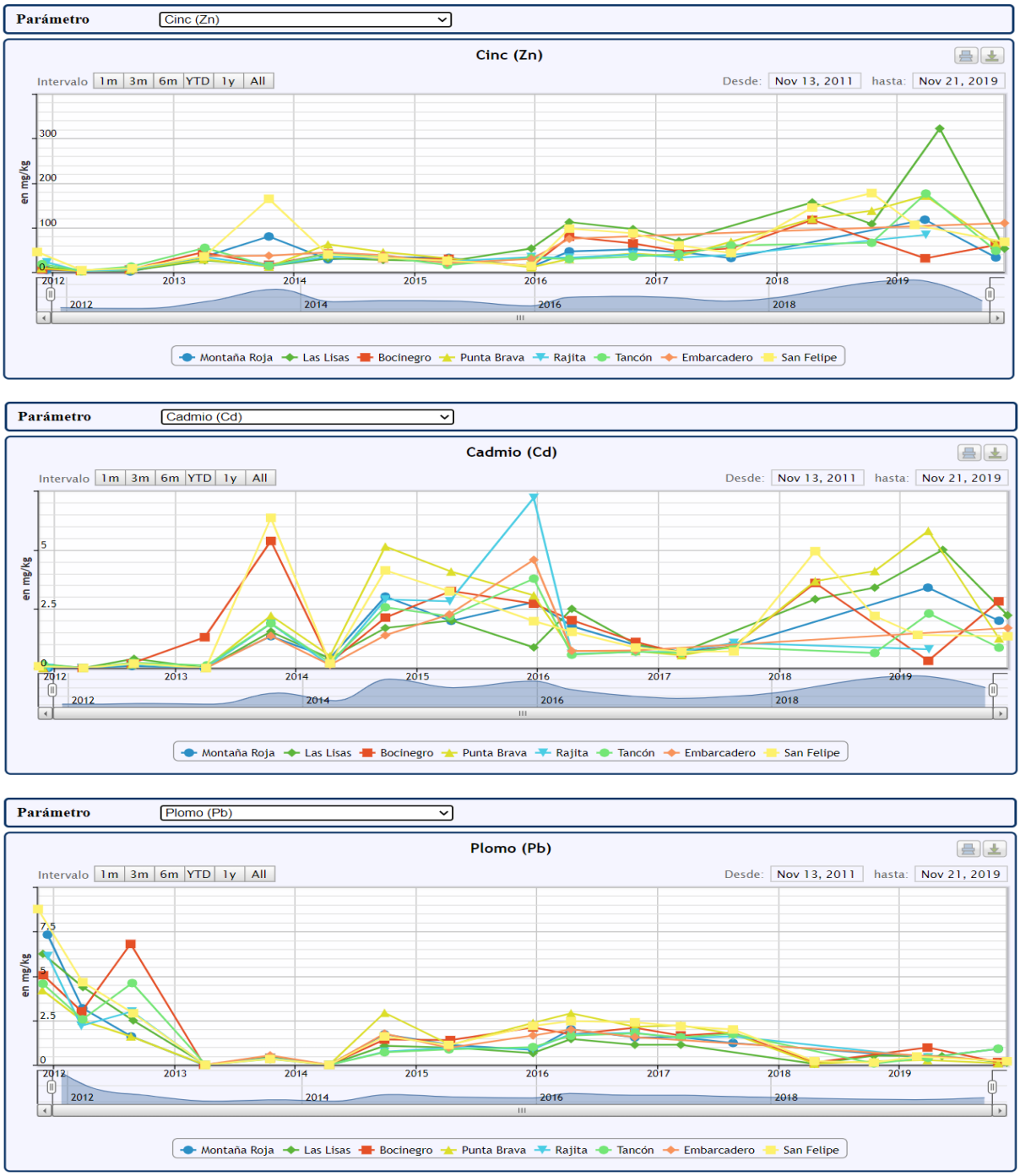


Figura 130. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de Diadema africanum en la costa de Granadilla (2011-2019)

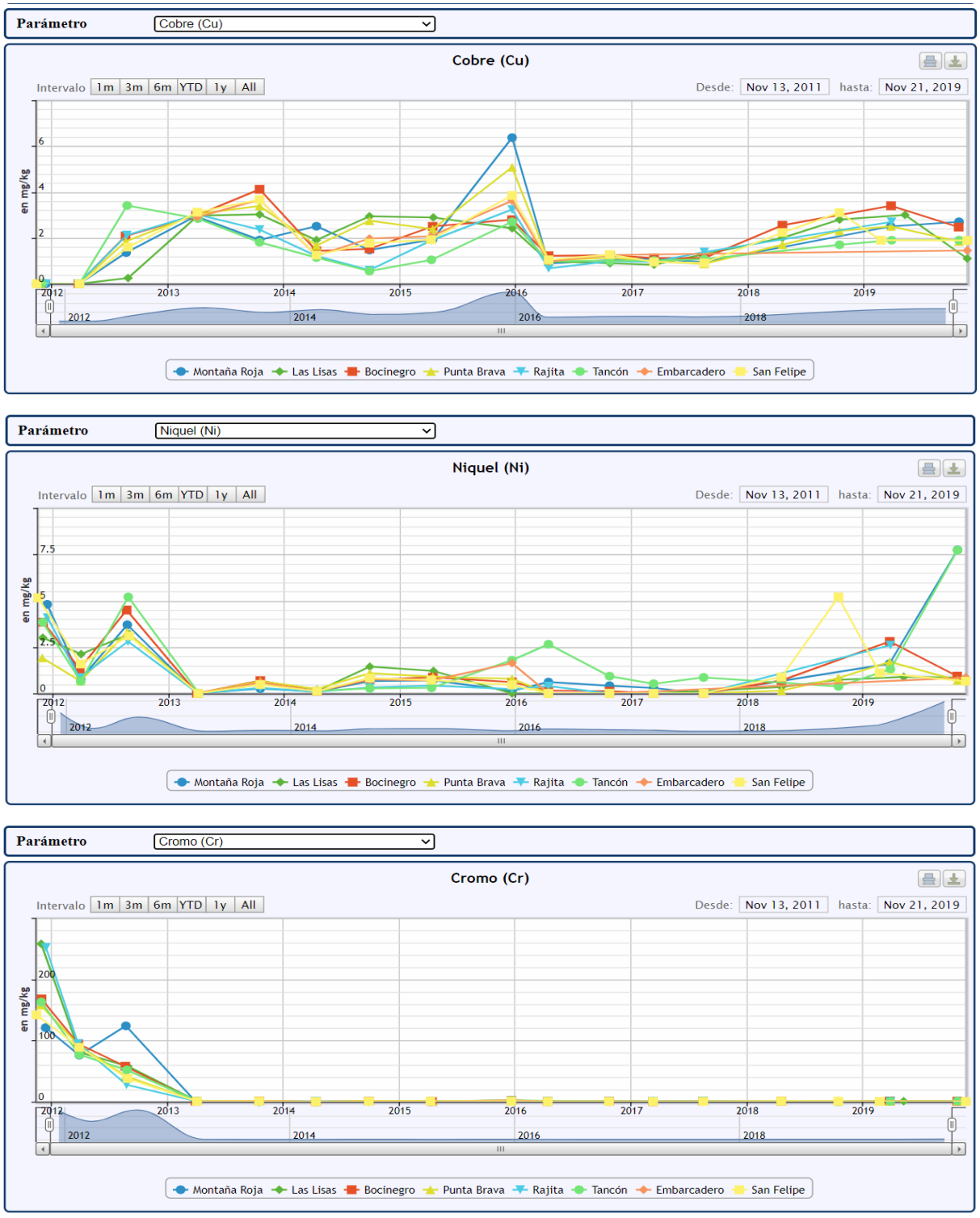


Figura 131. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de Diadema africanum en la costa de Granadilla (2011-2019)

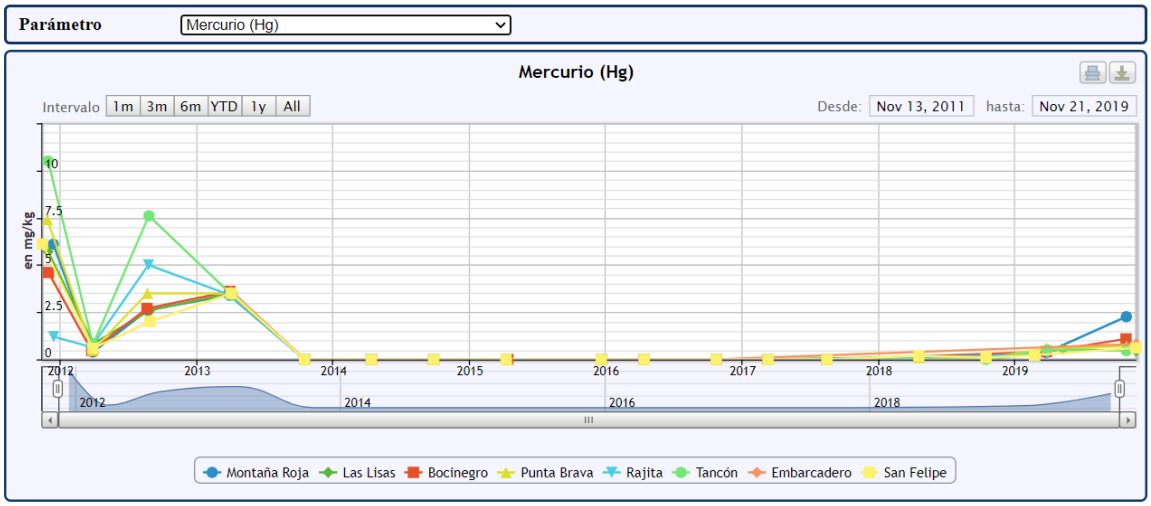


Figura 132. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de Diadema africanum en la costa de Granadilla (2011-2019)

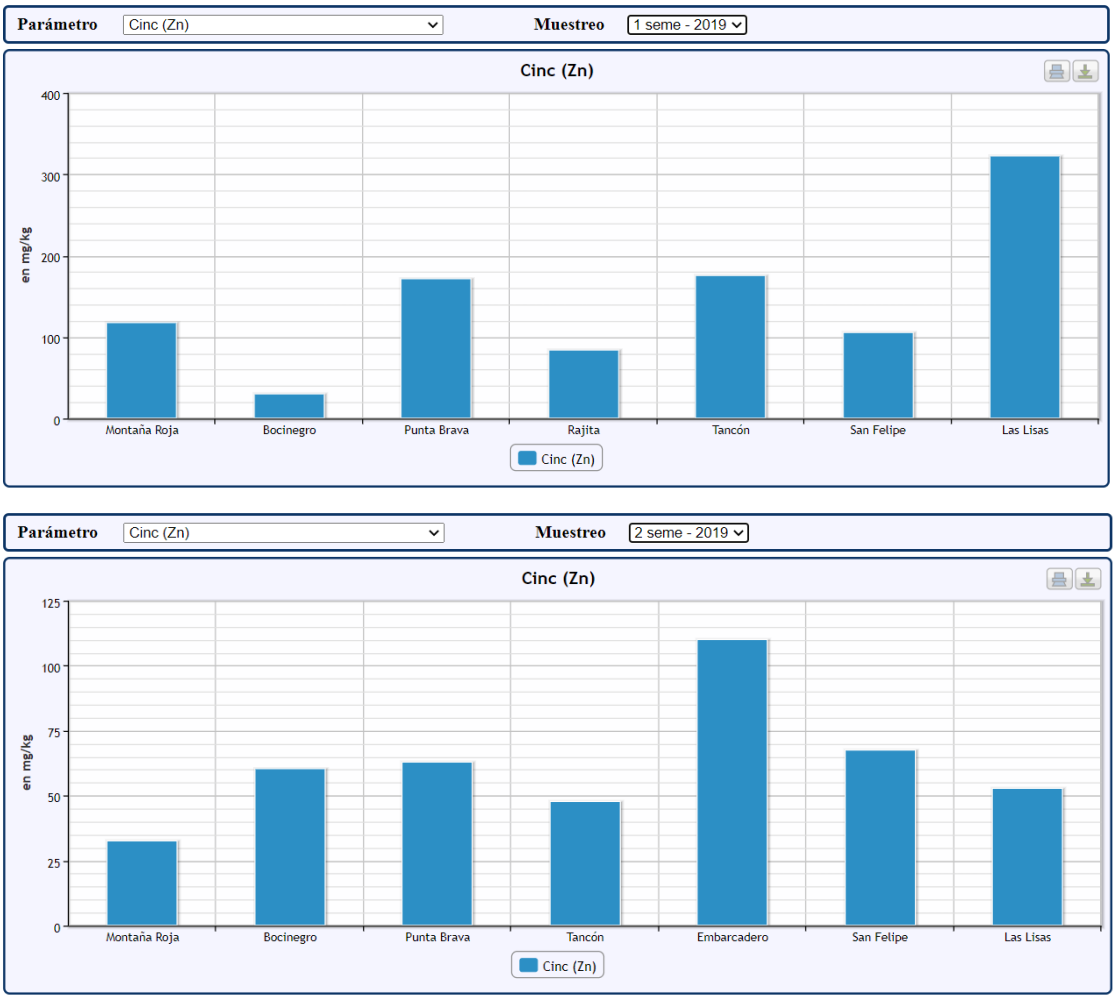


Figura 133. Concentración de Cinc en gónadas de Diadema africanum a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2019. Abajo: segundo semestre 2019

3.6.11 Desarrollo del *maërl*

El control del *maërl* 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 *maërl* en las imágenes. El 2015 se incorporaron dos focos de luz (>5.600 ºK) para evitar este problema, y en el segundo semestre de 2016 las fotos se tomaron directamente mediante buceadores. Las algas coralináceas (género *Lithotamnion* y otros) que conforman el *maërl* 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 *maërl* en la costa de Granadilla, su eventual disminución repercutiría en toda la zona por su relevancia como fuente de bioclastos (arena *organógena*).

Los datos obtenidos en 2019 indican un mantenimiento general de las comunidades del *maërl* en todas las estaciones. El estado de la estación TGr28 sigue siendo mejorable, ya que continúan los vertidos del emisario submarino que se encuentra a 400 m. El *bloom* de *Lyngbya sp.* continúa apareciendo, aunque con unas densidades mucho menores. En muchas zonas sirve de sustrato para especies como *Halophila decipiens, Caulerpa prolifera* e incluso *Cymodocea nodosa*, en estaciones más someras.

3.6.12 Estado del sebadal

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

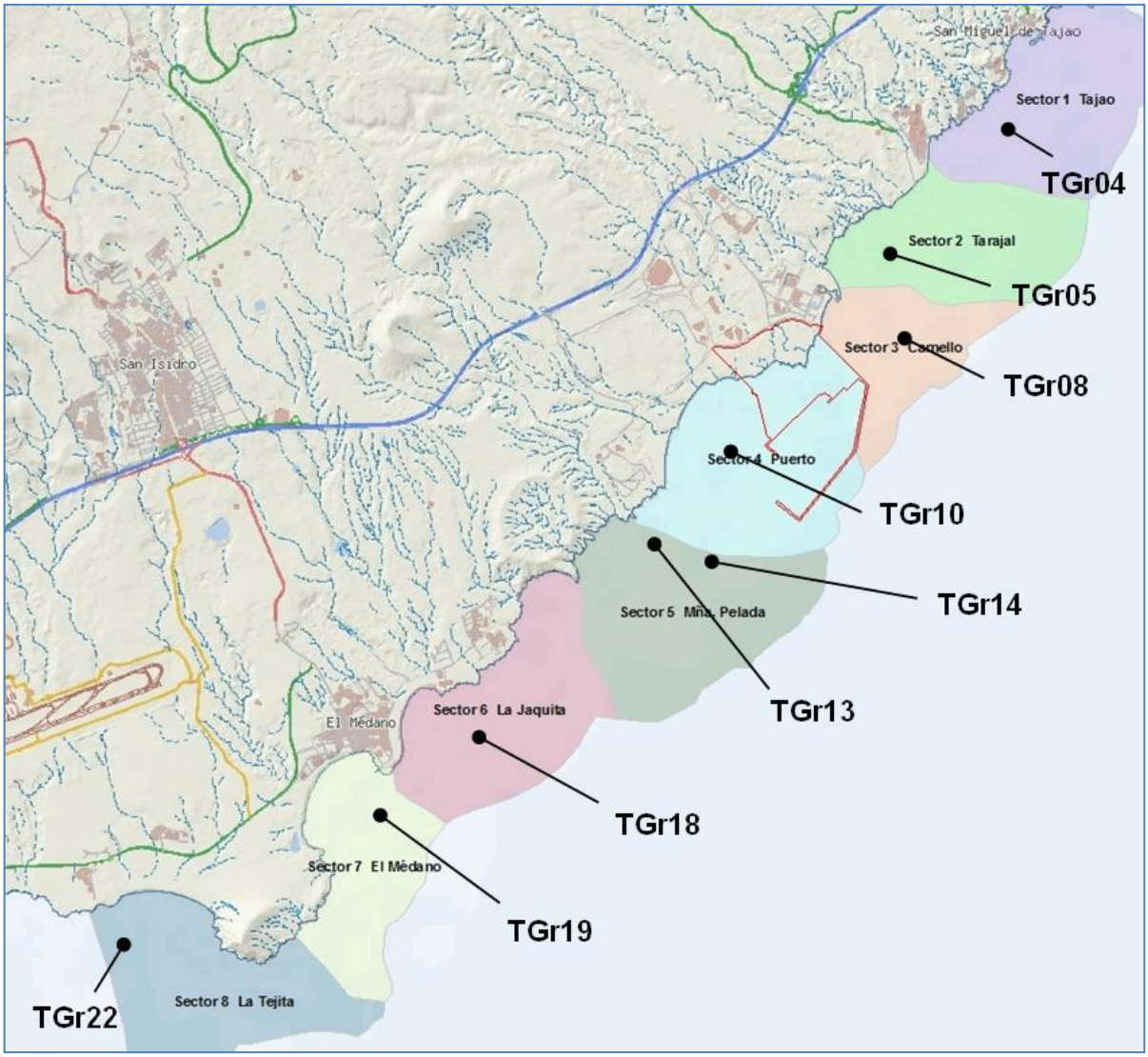


Figura 134. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas

Para hacer un seguimiento del estado de desarrollo de los sebadales y conocer sus variaciones naturales y aquéllas atribuibles a las obras del puerto de Granadilla, se ha establecido una estación de muestreo en cada sector ambiental, a excepción del sector 5 "Montaña Pelada" donde se han ubicado dos estaciones (TGr13 y TGr14), junto al límite oriental de la ZEC Sebadales del Sur de Tenerife (Figura 134). Tres estaciones (TGr18, TGr19, TGr22) caen dentro de esta área protegida.

La metodología usada se detalla 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 2019 tuvieron lugar en los meses de enero y febrero (invernal) y de septiembre (estival).

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 40. Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal).

Tabla 40. 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 peciolos	>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, aproximadamente, 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.

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 colapso[10].

Tabla 41. Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011)

Estación	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura de hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Sedimentación
TGr. 4	539	1.312	21,1	0,397	17,54	3	2	1	2	1
TGr. 5	536	1.264	21,6	0,433	17,748	2	1	2	2	0
TGr. 8	509	1.125	27,6	0,502	24,121	1	2	2	3	-1
TGr. 10	1.213	2.586	24,9	0,697	30,901	1	2	2	1	0
TGr. 13	1.338	2.842	41,6	1,399	75,728	1	1	2	2	0
TGr. 14	1.280	2.800	32,8	0,9	52,858	1	2	1	3	-1
TGr. 18	669	1.482	19,9	0,404	18,688	1	2	2	1	0
TGr. 19	680	1.525	22,3	0,456	18,858	2	1	2	1	0
TGr. 22	592	1.233	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 41 se han incluido los datos del 2º semestre de 2011 que son los de referencia, y en la Tabla 42se muestran los datos 2019, resaltándose en color verde los parámetros del periodo estival, que han aumentado respecto de su referente, y en color rojo, los que han disminuido.

Comparando la fase invernal de 2018 con la de 2019 (Tabla 42), se aprecia un aumento generalizado en la densidad de haces y longitud del peciolo (con excepción de la TGr18). Menos patente es el aumento en la densidad de hojas y longitud foliar, aunque también aumenta en un gran número de estaciones. El área foliar disminuye en todas.

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

Tabla 42. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2019. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo

Ene/febr. 2019	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	464	747	11,38	0,2	12,84	1	1	3	1	1
TGr. 05	314,67	592	10,03	0,2	8,896	1	1	3	1	1
TGr. 08	666,67	938,67	8,83	0,1	11,344	2	1	3	1	1
TGr. 10	613,33	874,67	14,44	0,21	14,357	1	1	3	1	1
TGr. 13	842,67	1.077,33	13,32	0,22	19,728	2	1	3	1	1
TGr. 14	682,67	1.072	12,37	0,18	18,459	1	1	3	2	1
TGr. 18	666,67	1.077,33	3,69	0,12	11,733	1	1	3	3	1
TGr. 19	693,33	1.162,67	13,16	0,29	29,051	2	1	3	3	1
TGr. 22	762,67	1.256,33	13,53	0,24	49,259	1	3	3	3	1

Septiembre 2019	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	778,67	1.594,67	19,31	0,46	39,221	2	1	3	3	1
TGr. 05	330,67	917,33	15,76	0,41	17,744	1	1	3	1	1
TGr. 08	1.114,67	2.384	20,70	0,76	80,366	3	1	3	3	1
TGr. 10	1.120	1.818,67	25,51	1,91	58,67	2	1	3	2	1
TGr. 13	1.946,67	3.253,33	19,17	0,62	126,812	3	3	3	2	1
TGr. 14	1.498,67	2.986,67	20,77	0,65	113,003	3	1	3	2	1
TGr. 18	1.205,33	2.122,67	18,23	0,49	53,779	3	1	3	3	1
TGr. 19	1.237,33	2.042,67	24,21	0,83	136,132	3	2	3	3	1
TGr. 22	954,67	1.786,67	23,88	0,84	89,117	3	1	3	3	1

En el período estival destaca, por disminuir en todos los parámetros de control, la estación TGr05, al norte del puerto.

Parece haber una recuperación en las estaciones TGr04, TGr08 y TGr10, que continúan con un incremento de muchos de los parámetros, continuando con la apreciada mejoría detectada en el periodo invernal. Sin embargo, las estaciones ubicadas dentro de la ZEC sufren un decremento en todos los parámetros. Habrá que seguir esta evolución con mucho detenimiento.

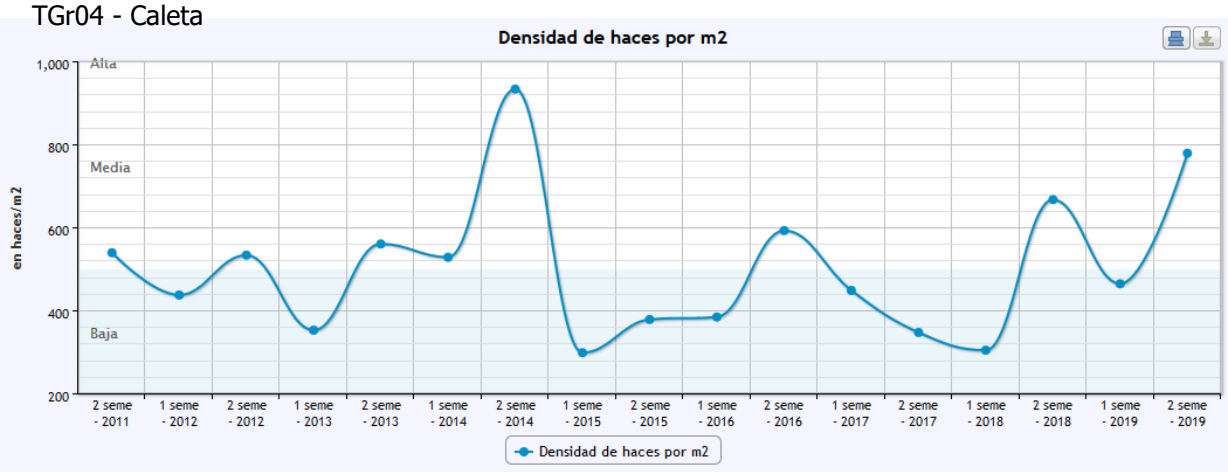
Tabla 43. Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2018 con 2019. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo

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

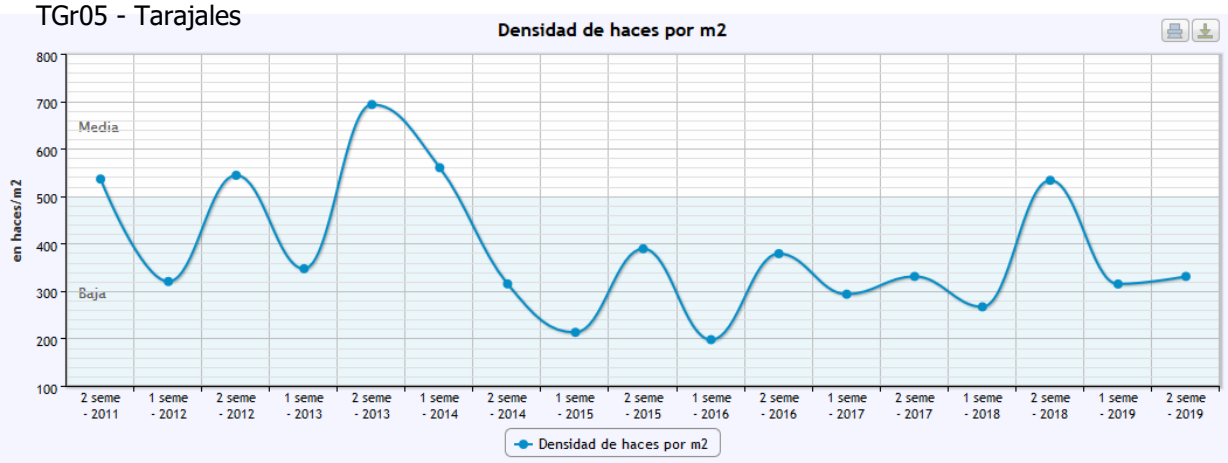
Con respecto a las condiciones iniciales tomadas como referencia (Figuras 126 a 128), con respecto a las densidades de haces, parámetro más representativo, todas las estaciones presentan valores por encima de los iniciales, a excepción de la estación TGr10, con un ligero decremento, y la TGr05, con una más marcado.

Son las estaciones por encima del puerto y la que queda en la zona aplacerada, al sur del contradique, las que han sufrido mayores variaciones. Por encima del puerto, el sebadal se mantiene en muy buen estado, de forma generalizada, a cotas por debajo de los -10m, o por encima de los -20m. Entre estas dos profundidades, en las estaciones más próximas a la obra de abrigo, el sebadal únicamente está constituido por “islas” de seba, y *runners* que tratan de expandirse, por los canales de arena de la zona.

TGr04 - Caleta



TGr05 - Tarajales



TGr08 - Lajón

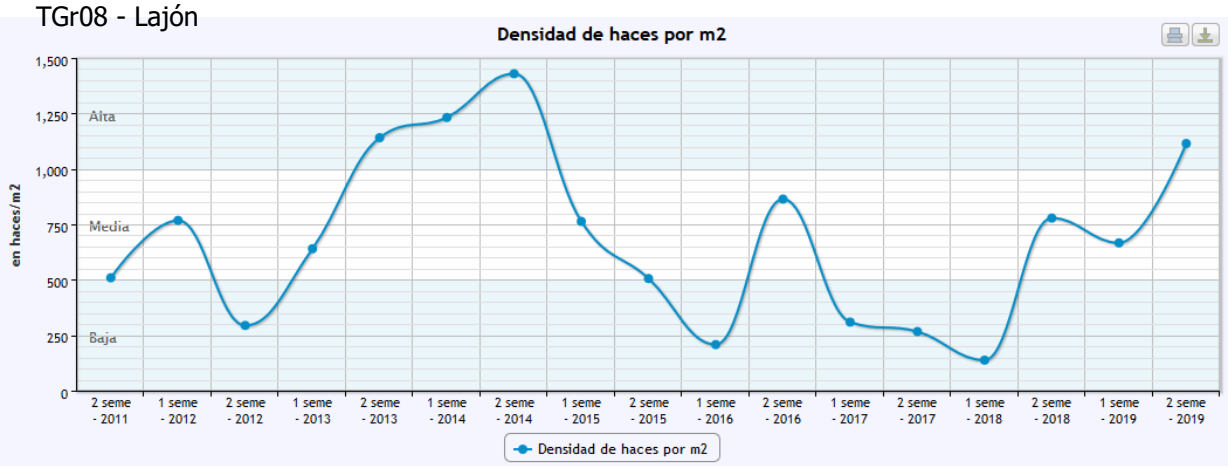
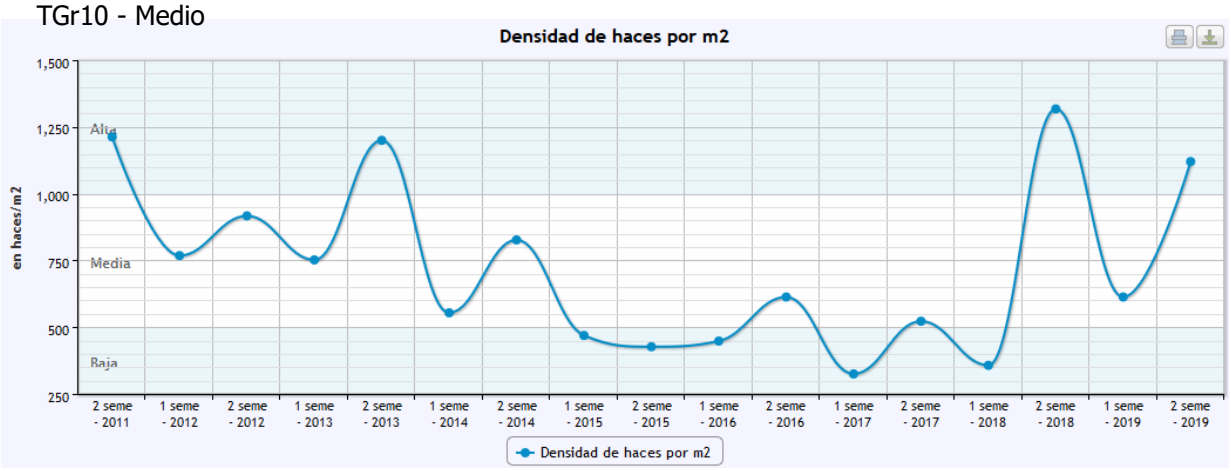
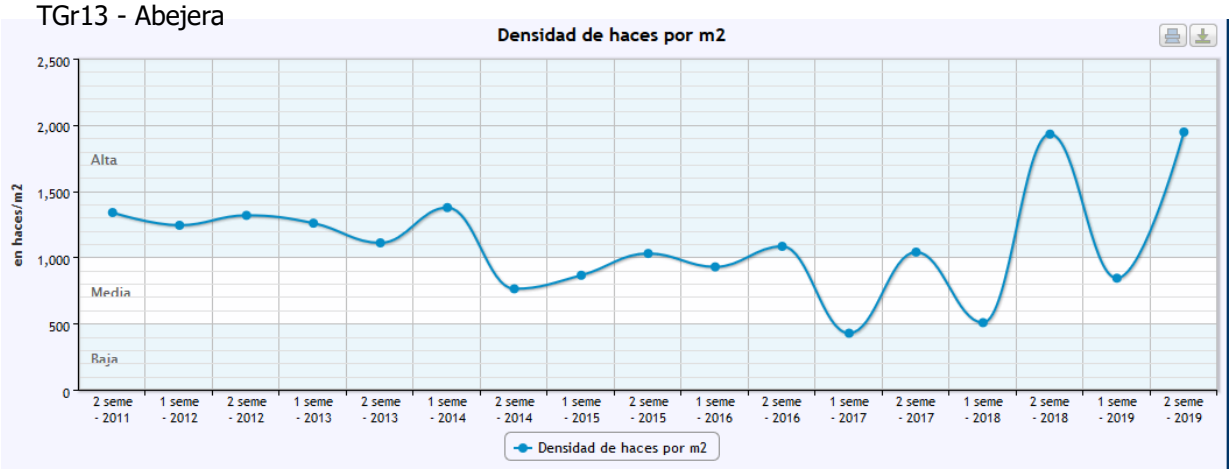


Figura 135. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto

TGr10 - Medio



TGr13 - Abejera



TGr14 - Charcón

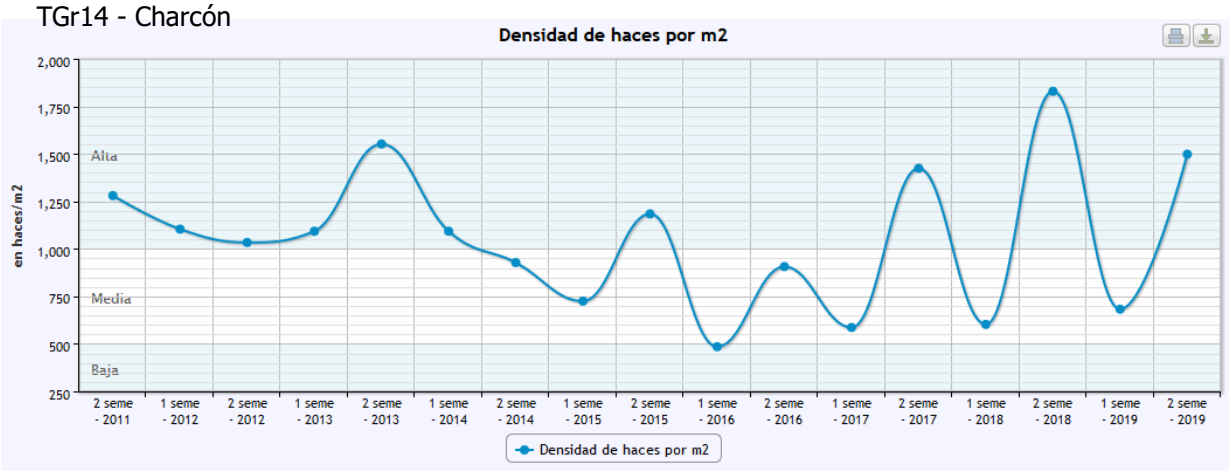
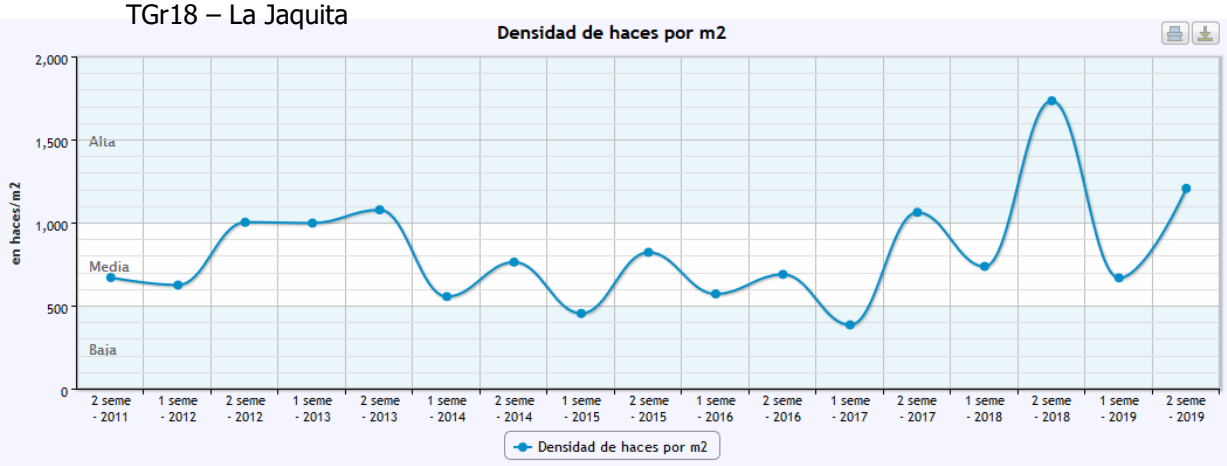
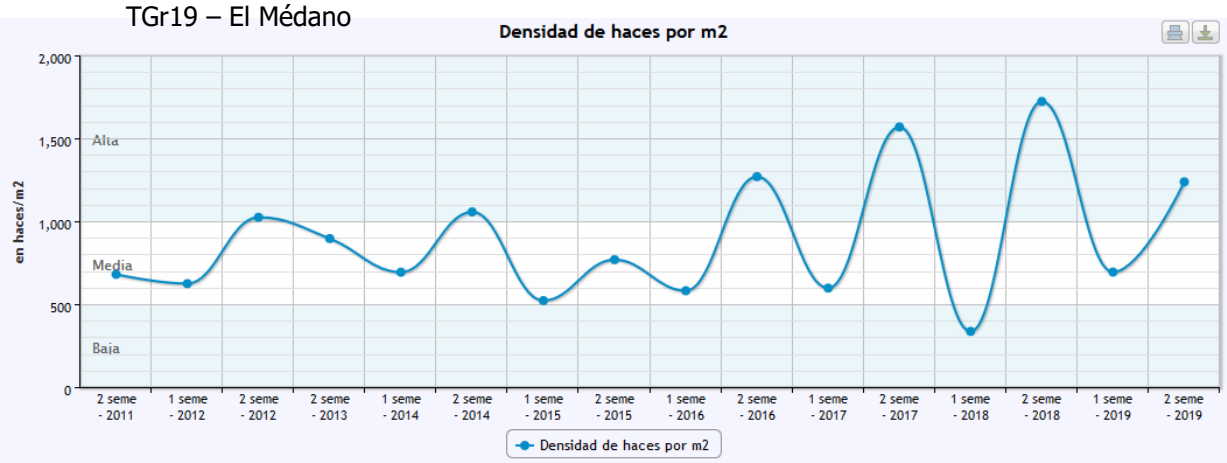


Figura 136. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto

TGr18 – La Jaquita



TGr19 – El Médano



TGr22 – Tejita

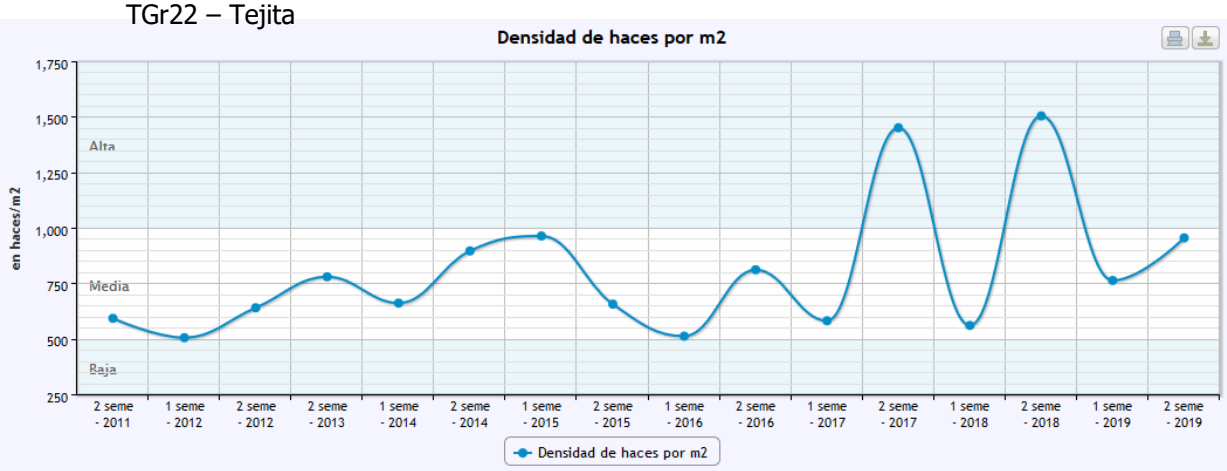


Figura 137. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones de la ZEC

La biomasa foliar se continua analizando separadamente de la biomasa subterránea, formada por el rizoma y las raíces. En la 43 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

1,241-11,454 en invierno y 0,286-2,928 en verano. El índice RWR varía entre 0,176-0,551 en invierno y 0,073-0,439 en verano.

Tabla 43. Biomasa de la campaña de 2019 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	12,843	50,629	44,907	95,536	108,379	7,439	0,414
	TGr05	8,896	30,144	23,883	54,027	62,923	6,073	0,380
	TGr08	11,344	60,528	69,403	129,931	141,275	11,454	0,491
	TGr10	14,357	14,549	35,509	50,059	64,416	3,487	0,551
	TGr13	19,728	32,277	11,115	43,392	63,120	2,200	0,176
	TGr14	18,459	47,387	27,019	74,405	92,864	4,031	0,291
	TGr18	11,733	40,752	34,805	75,557	87,291	6,440	0,399
	TGr19	29,051	75,504	117,499	193,003	222,053	6,644	0,529
	TGr22	49,259	31,600	29,552	61,152	110,411	1,241	0,268

Estaciones		A	C	D	B	E	A/B	RWR
Fase estival	TGr04	39,221	65,280	62,843	128,123	167,343	0,306	0,376
	TGr05	17,744	15,770	13,859	29,629	47,373	0,599	0,293
	TGr08	80,366	58,979	73,282	132,261	212,628	0,608	0,345
	TGr10	58,670	14,718	16,524	31,242	89,913	1,878	0,184
	TGr13	126,812	30,860	12,445	43,305	170,117	2,928	0,073
	TGr14	113,003	47,365	40,797	88,162	201,165	1,282	0,203
	TGr18	53,779	31,257	42,106	73,363	127,142	0,733	0,331
	TGr19	136,132	206,946	268,779	475,725	611,857	0,286	0,439
	TGr22	89,117	35,246	35,111	70,357	159,474	1,267	0,220

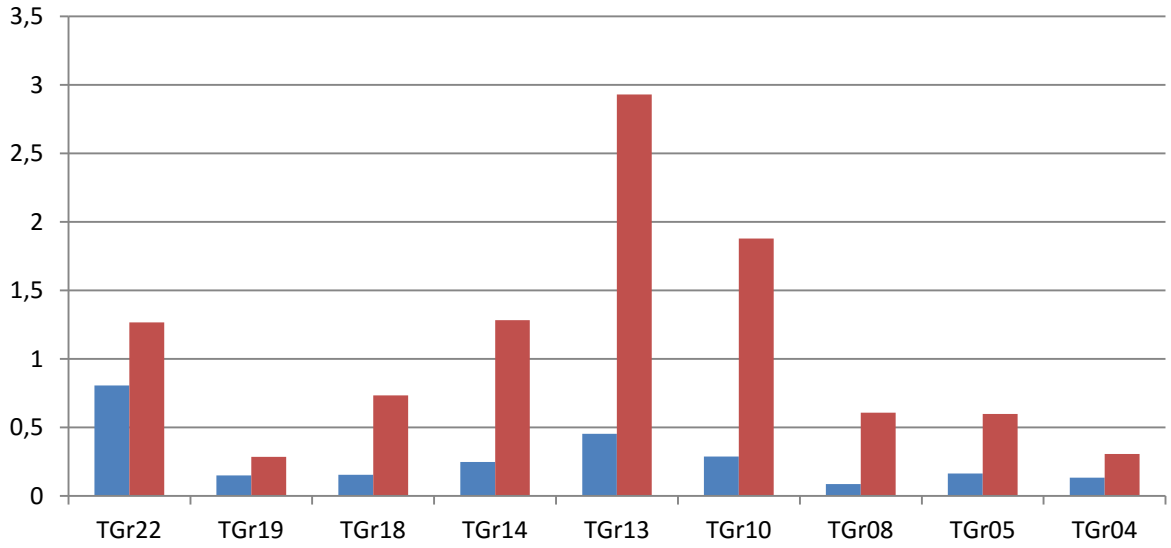


Figura 129. Relación de masa epigea/hipogea (A/B) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2019

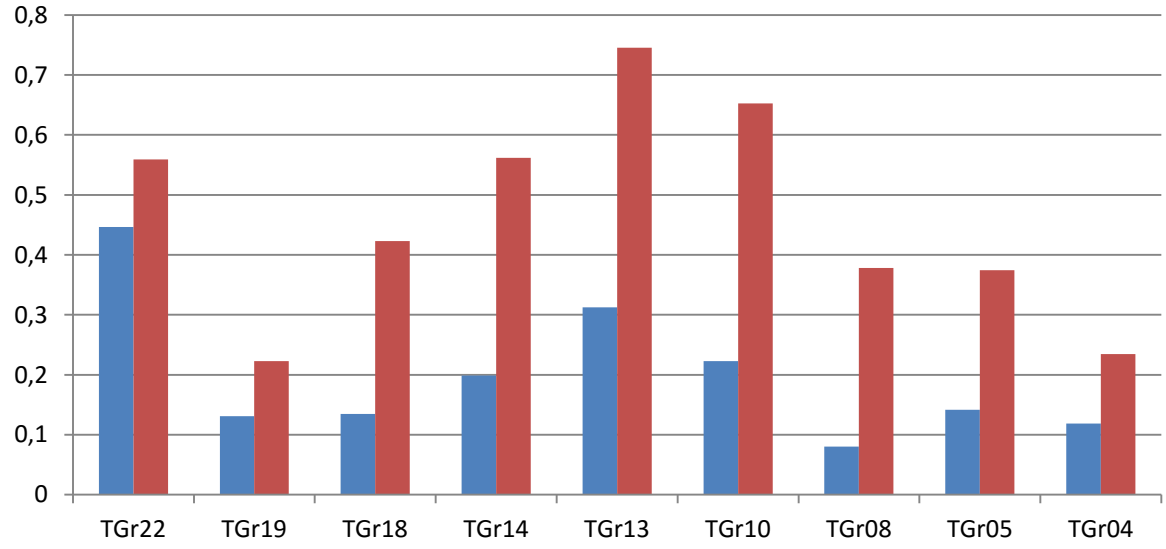


Figura 130. Relación de masa epigea/total (RWR) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2019

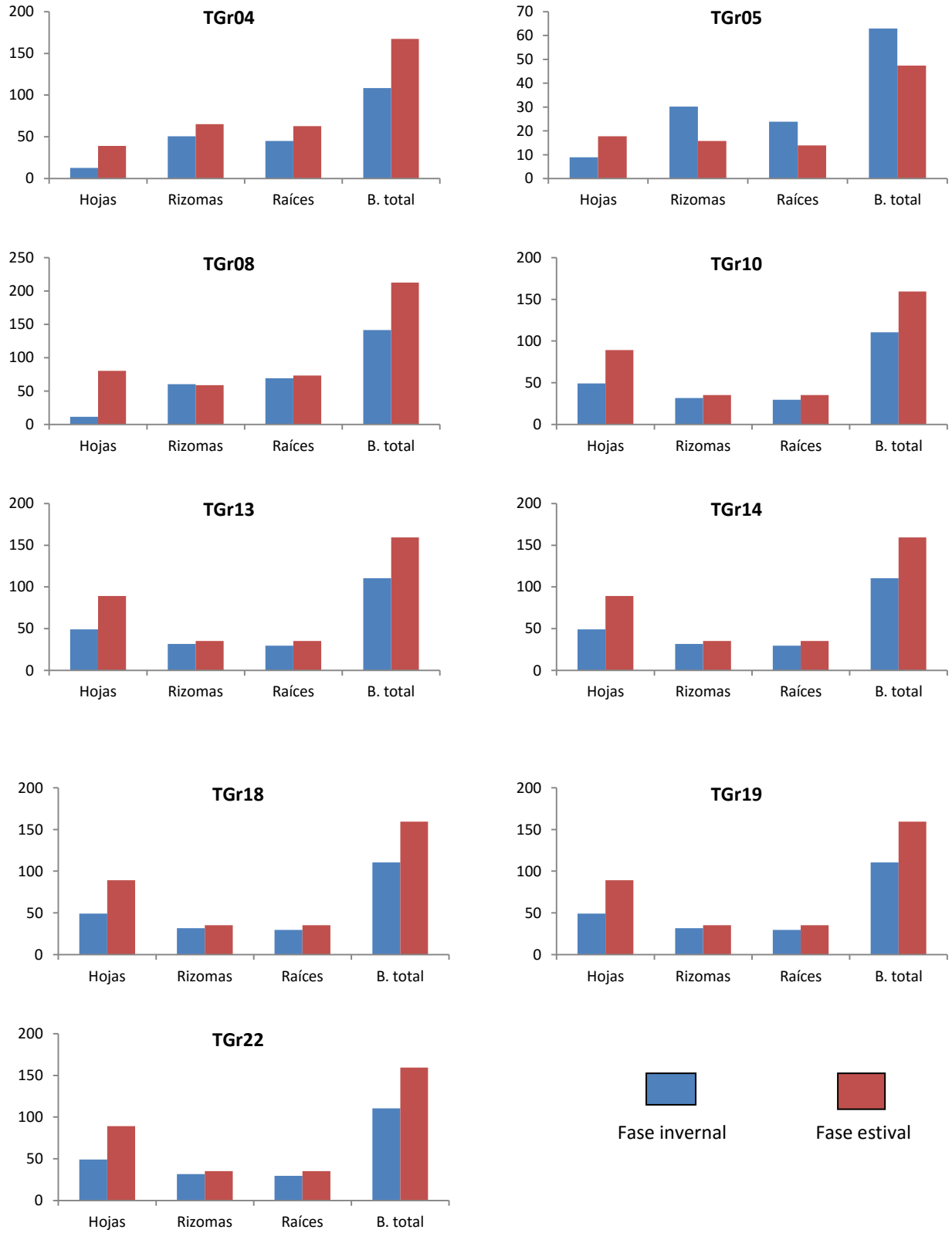


Figura 131. Biomasa (gramos de peso seco/m^2) en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla

3.6.13 Evaluación general del sebadal

El mapa adjunto (Figura 132) muestra la valoración general de la situación de los sebadales en relación con la situación de referencia. En 2012 los sectores 3 y 4 habían disminuido, y en 2013 eran donde el sebadal se desarrolló más, pero también había desarrollo notable en los sectores 4 y 5, inmediatamente al sur del puerto. En 2014 estos dos sectores caían por debajo de los valores de referencia de 2011, pudiendo tratarse de un efecto pasajero del impacto recibido en el temporal de finales de 2013 o de algo más persistente atribuible a las obras. En 2015, al norte y sur del puerto, las estaciones reflejaban un aumento en densidad y todo indicaba que el sistema se había recuperado del temporal de diciembre de 2013. No cabe duda que los sectores 4 y 5 son los que han recibido más materiales (zona de carga de gánguiles y de vertidos) y, consecuentemente, donde el aporte de sedimentos y la turbidez han sido mayores.

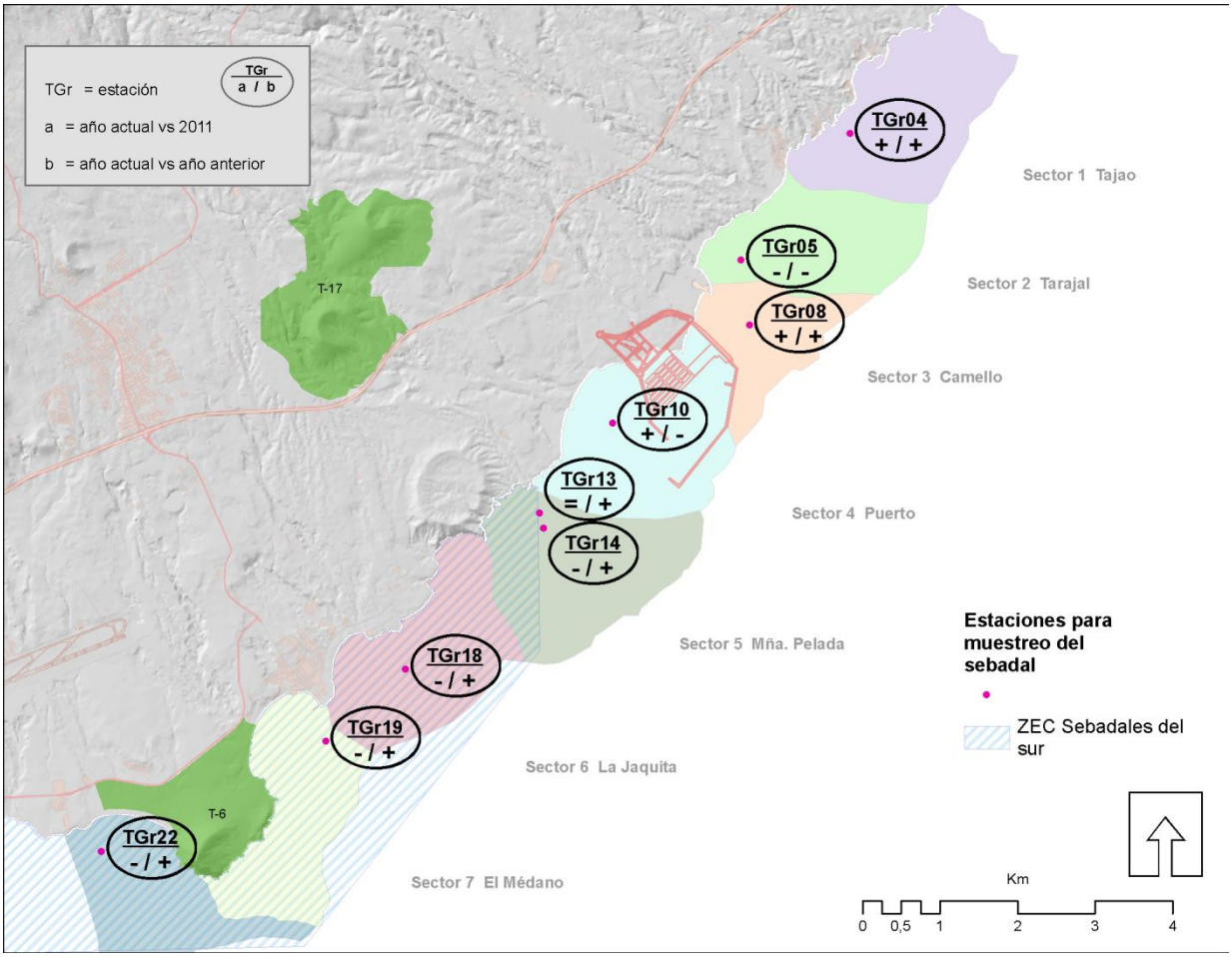


Figura 132. Valoración general de los sebadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2019 en relación al 2018 / y la situación de 2019 en relación con 2011 (referencia)

En 2019, las estaciones de la ZEC, las próximas (TGr14 y TGr13) y las estaciones TGr08 y TGr04 se mantienen con respecto a las condiciones iniciales tomadas como referencia, con valores medios de muchos de los parámetros de control por encima de los iniciales. Las

estaciones TGr05 y TGr10, al igual que el año pasado, se mantiene por debajo de estos valores iniciales.

Con respecto al año pasado, de forma generalizada, todas las estaciones presentan un decremento en los parámetros de estudio, salvo la TGr13, que se mantiene, y la TGr10, TGr08 y TGr04 que, en general, los incrementan.

3.6.14 Evaluación general de la biodiversidad

Los sectores La Tejita, El Médano, La Jaquita y Montaña Pelada se han valorado como "favorables mantenidos". Se mantiene esta calificación por los parámetros generales, pero habrá que vigilar de cerca la evolución del sebadal, al estar dentro de la ZEC los 4 sectores. El sector intrapuerto sigue siendo valorado como "parcialmente destruido" porque se tiene 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*, *Lyngbya sp.* y la degradación del fondo hace que obtenga esta calificación. El sector Puerto y Camello, son catalogados como "desfavorable en declive", ya que se están detectando cambios en las comunidades. La disminución de la seba en estas zonas sigue siendo preocupante. Los sectores Tarajal y Tajao han sido catalogados como desfavorable recuperándose, ya que se ha detectado una importante mejoría en ellos. 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 133).

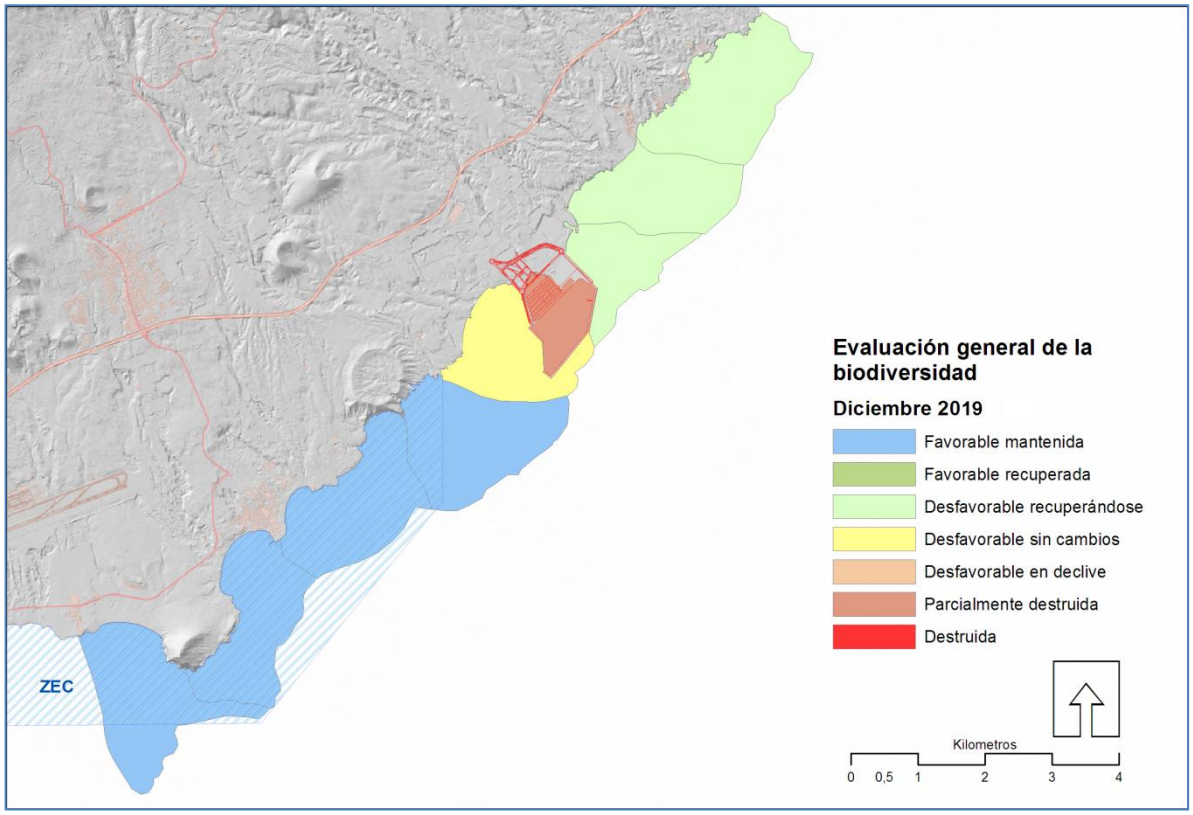


Figura 133. Valoración general de la biodiversidad de 2019

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 134. 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 sebadales 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 sebadal.

Año 2015 **Favorable mantenido:** No se registraron cambios significativos en la columna de agua, sedimentos o comunidades bénticas. Los sebadales 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 sebadal es espléndido, pues recibe los nutrientes disueltos que aportan las obras sin sufrir un exceso de sedimentación adicional como ocurre con los sebadales 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 sebadales 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 sebadales 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 sebadal.

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 zona han ganado en cobertura y densidad, no habiendo sido, a priori, afectados por la presencia de los *blooms* algales.

Año 2019 **Favorable mantenido:** Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados, sin superar los valores que suponen un peligro para el medio ambiente. El sebadal por encima del puerto y la que queda en la zona aplacerada, al sur del contradique, es el que ha sufrido mayores variaciones. Por encima del puerto, el sebadal se mantiene en muy buen estado, de forma generalizada, a cotas por debajo de los -10m, o por encima de los -20m. Entre estas dos profundidades, en las estaciones más próximas a la obra de abrigo, el sebadal únicamente está constituido por "islas" de seba, y *runners* que tratan de expandirse, por los canales de arena de la zona. La zona aplacerada al sur del contradique, en función de la tasa de renovación del agua circundante y de los "tiempo sur", varía bastante, aunque ha sufrido una notable mejoría. El sebadal de la ZEC, aunque disminuye en algunos parámetros con respecto al año anterior, se mantiene en buen estado.

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 formato escrito.

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 explanadas y los viarios, al existir nuevos 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 vuelve a proponer que sea la Autoridad Portuaria quien adopte esta estrategia de mitigación de impactos y se las comunique a los operadores de las plataformas.
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. Como las nuevas imágenes adquiridas son del satélite WW3, es necesario adaptar los algoritmos de interpretación del WW2 a este nuevo satélite.
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 O o —

EN SANTA CRUZ DE TENERIFE, A 24 DE OCTUBRE DE 2020

43799627Z JOSE MARIA ESPINOSA (R: G38951836)

Firmado digitalmente por 43799627Z JOSE MARIA ESPINOSA (R: G38951836)
Nombre de reconocimiento (DN): 2.5.4.13=Notario: NICOLAS QUINTANA PLASENCIA/Núm Protocolo: 211/Fecha Otorgamiento: 10-06-2019, cn=43799627Z JOSE MARIA ESPINOSA (R: G38951836), givenName=JOSE MARIA, sn=ESPINOSA GUTIERREZ, serialNumber=IDCES-43799627Z, title=APODERADO, 2.5.4.97=VATES-G38951836, ou=ADMINISTRACION, o=FUNDACION OBSERVATORIO AMBIENTAL GRANADILLA, c=ES
Fecha: 2020.10.27 14:52:17 Z

Dr. José María Espinosa Gutiérrez

Responsable de la Unidad Técnica

EL EQUIPO DE TRABAJO:

Dr. José María Espinosa Gutiérrez
Biólogo marino

Víctor Barrios Padilla
Biólogo marino

Ninoska Adern Febles
Bióloga marina

José Andrés Sevilla Hernández
Experto GIS

Índice de tablas

Tabla 1. Especies avistadas durante las últimas campañas de tortuga boba T = Tenerife, C = Gran Canaria y F = Fuerteventura 14
Tabla 2. Valores de referencia para el ruido. El OAG emplea un sonómetro Cesva SC160 (tipo2) 18
Tabla 3. Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto /quincena) en 2018 y 2019 19
Tabla 4. Tipos de basuras recogidos en 2019 23
Tabla 5. Datos obtenidos con cálculos para los años 2017, 2018 y 2019 y el acumulado 27
Tabla 6. Media de la velocidad de la corriente según cuadrante y la residual ponderada, medida en la boya de Granadilla en el periodo 2016 – 2019. 32
Tabla 7. Evolución de la corriente residual en la boya de Granadilla 33
Tabla 8. Estacas de 0 a 4 en cada una de las estaciones de control. 39
Tabla 9. Retranqueo de la línea de playa por metro de desnivel de marea y evolución de su desplazamiento neto en los extremos sur y norte registrados el 2 de febrero 2013, el 22 de septiembre 2014, el 1 de julio 2015, el 1 de agosto 2016 y el 22 de diciembre de 2019 49
Tabla 10. Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas de reloj. En Pelada se considera solo una alineación (extremo Sur) 56
Tabla 11. Campañas de muestreo 69
Tabla 12. Valores oceanográficos 69
Tabla 13. Valores de Temperaturas medias, máximas y mínimos obtenidos en las distintas anualidades 70
Tabla 14. Valores de pH medios, máximos y mínimos obtenidos en las distintas anualidades 71
Tabla 15. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla 74
Tabla 16. Hidrocarburos aromáticos policíclicos, herbicidas, plaguicidas y otras sustancias de nueva determinación en aguas. 78
Tabla 17. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2019. Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior 92
Tabla 18. Evolución de la concentración de materia orgánica en sedimentos a en la costa de Granadilla. 93
Tabla 19. Evolución de la concentración de hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos en la costa de Granadilla. 94
Tabla 20. Evolución de la concentración de nitrógeno total en sedimentos en la costa de Granadilla. 95
Tabla 21. Evolución de la concentración de fósforo total (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla 96
Tabla 22. Evolución de la concentración de fosfatos (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla. 97
Tabla 23.Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018 y 2019 (mg/kg). 98
Tabla 24. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2019 99
Tabla 25. Valores recomendados en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995) 105
Tabla 26. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2018 107
Tabla 27. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2019 107
Tabla 28. Campaña de peces litorales (demersales) en la costa de Granadilla (2019) 121
Tabla 29. Muestreo de especies bentónicas indicadoras de los principales hábitats en la costa de Granadilla en 2019 124
Tabla 30. Régimen trófico de las especies de poliquetos encontradas en Granadilla con tamiz de 0,5 mm 127
Tabla 31. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla: 2011 y 2016 129
Tabla 32. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla: 2017 y 2019 129
Tabla 33. Tipos de hábitats bentónicos y su código 133
Tabla 34. Extensión de las distintas clases para el sebadal según síntesis por teledetección (En hectáreas) 153
Tabla 35. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en Ha) de las clases de comunidad de *Cymodocea* 156
Tabla 36. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2018 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior) 162
Tabla 37. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2019 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior) 163

Tabla 38. Tabla con valores obtenidos en periodo de 2008. Fuente: SEMALL (2011). *Informe "Control de vertidos del medio receptor - Características químicas de los efluentes líquidos y del medio marino receptor (Granadilla, Tenerife). La Laguna, Tenerife.* 163
Tabla 39. Valores pico obtenidos para los distintos metales en muestreos de 2019 166
Tabla 40. Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal 172
Tabla 41. Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011) 173
Tabla 42. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2019. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo 174
Tabla 43. Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2018 con 2019. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo 175

Índice de figuras

Figura 1. Panorámica general del puerto industrial de Granadilla desde la obra de abrigo (Fuente: Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife) 5
Figura 2. Modelo ambiental del puerto de Granadilla (ver Anexo I en formato A-3) 6
Figura 3. Parte de la canalización de pluviales perimetral (14 de junio de 2019) 7
Figura 4. Salida del desvío de pluviales en la base de la obra de abrigo (6 de junio de 2019) 8

Figura 5. Porcentaje de obra realizada a final de año 2019 8
Figura 6. Ubicación del depósito de arena y punto de vertido de la alternativa adoptada 10
Figura 7. Punta Brava de la Cueva del Trigo 11
Figura 8. ES7020128 Sebadales de Antequera (izquierda) y ES7011005 Sebadales de Güí-Güí (derecha) 12
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) 13
Figura 10. Estaciones de medición de partículas en suspensión (GrAT) y de ruido (Er) 18
Figura 11. Medición del ruido diario en 2019 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones ER 20
Figura 12. Gráfico de cantidad (número de unidades) de basuras recogidas en la playa de El Medio en 2019. 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) 24
Figura 13. Acopio de callaos en su ubicación actual 25
Figura 14. Franja de transporte eólico de arenas desde la bahía de 27
Figura 15. Rosa anual de corrientes en la boya de Granadilla. La rosa de corrientes de 2019 se presenta en otro formato por adaptación del software de salida del gráfico en tiempo real. 30
Figura 16. Aspecto de la boya de deriva 34
Figura 17. Perfilador SonTex ADP 500 Khz fondeado 35
Figura 18. Evolución temporal de la tasa de sedimentación mineral en la costa de Granadilla (2011-2019) 37
Figura 19. Variación espacial de la sedimentación anual (kg/m²) de material mineral en la costa de Granadilla a lo largo del periodo de 2013 a 2019 37
Figura 20. Evolución del contenido en materiales volátiles en el sedimento capturado (2013-2019) 38
Figura 21. Estaca pentametrada y pizarra indicadora del número de estaca para la toma de foto 38
Figura 22. 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 (m³/s/m) (IH Cantabria, 2011) 40
Figura 23. Variación media total por estacas (cm). Cinco estacas por estación (eje horizontal) 41
Figura 24. Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación 44
Figura 25. Variación media de las estacas en cada estación desde que fueron instaladas en 2012 hasta la actualidad. La flecha roja representa la posición del puerto con respecto a las estaciones 45
Figura 26. Diferencias batimétricas (> -2 m) entre 2011 y 2015 46
Figura 27 48
Figura 28 48
Figuras 29 y 30. Playas de los Tarajales (arriba) y La Caleta (abajo) a 21 de diciembre de 2019 50
Figuras 31 y 32. Playas del Medio (arriba) y Tanque del Vidrio (abajo) a 21 de diciembre de 2019 51
Figuras 33 y 34. Playas de La Pelada (arriba) y la Jaquita (abajo) a 21 de diciembre de 2019 52
Figuras 35 y 36. Playas de El Médano (arriba) y Tejita (abajo) a 21 de diciembre de 2019 53
Figura 37. Nuevo modelo de playa con articulación para medir basculamiento. Playa de Punta del Vidrio, 2011 (rojo) y 2019 (norte amarillo y sur púrpura). Ángulo a medir se ha marcado con un arco rojo 54
Figura 38. Playa de Punta del Vidrio, 2011 (amarillo discontinuo) y 2019. La rompiente de 2011 está marcada en azul claro y las sucesivas mediciones en tonos del rojo al malva 55
Figura 39. Cambios de orientación en el eje de las playas 55
Figura 40. Playas objeto del levantamiento batimétrico. 57
Figura 41. Buque oceanográfico "CALIMA" e instalación de equipos de navegación 58
Figura 42. 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. 59
Figura 44. La Tejita (detalle). En rosa/rojo, muestreo de 2018, y en verde el de 2017. El crecimiento es de alrededor de 2 m. En el período 2018-2019 las diferencias han sido de poco más de 1 m como máximo. 60
Figura 43. Ejemplos de levantamiento en tiempo real y de nube de puntos (MBMAX, de Hypack) 60
Figura 45. Histogramas de distancias en el eje Z. Pelada, y La Jaquita. 61
Figura 46. Histogramas de distancias en el eje Z. El Médano y La Tejita. 62
Figura 47. Planos de las diferencias entre los barridos de 2018 y 2019. Rojo, pérdida de profundidad. Azul, ganancia. De arriba abajo e izquierda derecha, La Pelada, La Jaquita, El Médano, La Tejita 63
Figura 48. Perfiles en los que se ha medido la cota respecto al cero establecido en el trabajo. 64

Figura 49. Pérdidas y ganancias entre 2017 y 2019 en el perfil 1 de La Tejita. 65
Figura 50. Resultados del análisis de superficies provenientes de la interpolación kriging 66
Figura 51. Histograma de frecuencias de pérdidas y ganancias en la medición de los perfiles (2019-2018). Número de celdas de 2x2 m (eje vertical) y porcentajes de cada intervalo de variación 67
Figura 52. Sectores y estaciones de muestreo de aguas y boya oceanográfica del OAG 68
Figura 53. Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (Charcón) (medición con sonda) 2011-2019 70
Figura 54. Saturación de oxígeno (%) en la estación Charcón (TGr14) a 3 profundidades, (2012-2019) 71
Figura 55. Registro del pH en La Dársena (TGr09) a seis profundidades (2012-2019) 72
Figura 56. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a diciembre de 2019 72
Figura 57. Turbidez (NTU) registrada en 2019 con sonda multiparamétrica en las estaciones ubicadas en el interior del puerto: Dársena (TGr09) y Martillo (TGr40) 73
Figura 58. Arriba: evolución de la concentración de clorofila medida con sonda multiparamétrica entre 2011 y 2019 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2019 75
Figura 59. Evolución 2011-2019 de la clorofila a en la estación Tejita (arriba), Dársena (medio) y Tarajales. Equivalencia 1 µg/l = 1 mg/m³ de clorofila A 76
Figura 60. Distribución de la concentración de clorofila 2016, 2017 y 2018. 77
Figura 61. Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla y desde 2011 hasta 2019, inclusive 80
Figura 62. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2019 según las estaciones. Abajo: datos del 2017 a 2019 81
Figura 63. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2019) 81
Figura 64. Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2019. 82
Figura 65. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2019) 82
Figura 66. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2019) 83
Figura 67. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2019 en la costa de Granadilla 83
Figura 68. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017 - 2019 a lo largo de la costa de Granadilla 84
Figura 69. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 "Dársena" 84
Figura 70. Evolución de concentraciones de *Escherichia coli* y de *enterococos* fecales en la TGr09-Dársena 87
Figura 71. Evolución de concentraciones de Escherichia coli y de Enterococos fecales en la TGr10-Medio 88
Figura 72. Clasificación D50 de los sedimentos muestreados en 2019 89
Figura 73. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia) 89
Figura 74. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia) 90
Figura 75. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2019: arriba 1er muestreo realizado, abajo 2ª muestreo. 90
Figura 76. Variación temporal (2011-2019) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de Granadilla. Arriba: gráfica general. Abajo: gráfica sin mostrar los dos picos obtenidos en 2019 en la TGr10 (Dársena) 94
Figura 77. Variación temporal (2011-2019) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla 94
Figura 78. Variación temporal (2014-2019) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla 95
Figura 79. Variación temporal (2011-2019) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla 96
Figura 80. Variación temporal (2011-2019) del fósforo total en las estaciones en Granadilla 97
Figura 81. Variación temporal (2011-2019) de fosfatos en sedimentos Granadilla 98
Figura 82. Concentración de cinc, cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla 102
Figura 83. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla 103
Figura 84. Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla 104
Figura 85. Concentración de Zn y Cd en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2017-2019 105
Figura 86. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2019 109
Figura 87. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2019 110
Figura 88. Estaciones de muestreo intermareales, demersales, bentónicas y pelágicas 111
Figura 89. Cobertura y mortandad de Chthamalus en las estaciones: TGr03 San Felipe y TGr12 Tancón 112

Figura 90. Cobertura y mortandad de Chthamalus en las estaciones: TGr16 Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro. 114
Figura 91. Cobertura y mortandad de Chthamalus a lo largo de la costa de Granadilla en 2019; 1º semestre (arriba) entre febrero y mayo y 2º semestre (abajo), en noviembre. La posición del puerto marcada en rojo. 114
Figura 92. Cobertura algar a lo largo de la costa de Granadilla en 2019; 1º semestre (arriba.) entre febrero y mayo y 2º semestre (abajo), en noviembre. La posición del puerto marcada en rojo. 115
Figura 93 A. Evolución 2011-2019 cobertura algar en la estaciones 116
Figura 94. Evolución 2011-2019 cobertura algar en la estación TGr17 Punta Brava 117
Figura 95. Evolución 2011-2019 cobertura algar en la estación TGr20 Bocinegro 118
Figura 96. Sucesión ecológica en TGr03 San Felipe: 2011 (arriba izquierda), 2018 (arriba derecha) y 2019 (abajo) 119
Figura 97. *Cystoseira humilis* en la TGr12 119
Figura 98. Evolución de la diversidad de peces litorales en la costa de Granadilla. 122
Figura 99. Especies indicadoras de las comunidades bentónicas 123
Figura 100. Evolución de las comunidades bentónicas en 5 estaciones de la costa de Granadilla (2012-2019) 125
Figura 101. Perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en estaciones a lo largo de la costa 128
Figura 102. Evolución de los perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en el periodo 2011-2019: al norte del puerto (arriba = Tarajales) y al sur del puerto (abajo = Medio) 130
Figura 103. Transectos con su espectro bionómicos; invierno de 2019 (abril). 131
Figura 104. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2019 (noviembre) 132
Figura 105. Aspecto de los distintos hábitats tipificados 134
Figura 106. Simbología empleada en los diagramas bionómicos 135
Figura 107. Espectros detallados con distancias de los transectos obtenidos en 2019. Arriba- transectos considerado de invierno 2019 (abril). Abajo- transecto considerado de verano (noviembre) 136
Figura 108 . Transecto Bocinegro 2019. Perfil bionómico estival 137
Figura 109. Transecto Pelada en 2019. Perfil bionómico estival 138
Figura 110. Transecto Lajón en 2019. Perfil bionómico estival 138
Figura 111. Transecto Embarcadero en 2019. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo) 139
Figura 112. Transecto Toscón 2019. Perfil bionómico invernal y estival (abajo) 140
Figura 113. Espectros bionómicos de los transectos realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2019) 142
Figura 114. Espectros bionómicos del transecto Lajón y Pelada al sur de Granadilla (2011-2019) 143
Figura 115. Espectros bionómicos del transecto Bocinegro, el más alejado al sur del puerto de Granadilla (2011-2019). 144
Figura 116. Espectros bionómicos del transecto Travieso (2017-2019) 145
Figura 117. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG) 147
Figura 118. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG) 148
Figura 119. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG) 149
Figura 120. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG) 150
Figura 121. Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG) 151
Figura 122. Mapa bionómico de “2017” (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG) 152
Figura 123. Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. Fuente OAG) 154
Figura 124. Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. Fuente OAG) 155
Figura 125. Fotos de algunas especies encontradas en la inspección del Palumbo de las que no se ha determinado la especie 159
Figura 126. Posible *Abudefduf saxatilis* 159
Figura 127. Fotos de especies no identificadas en el fouling de la cajonera Mar del Teide 160
Figura 128. Hidrocarburos lineales (gr/kg) en gónadas de Diadema en de Granadilla (2011-2019) 164
Figura 129. Ausencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en gónadas de *Diadema africanum* 165
Figura 130. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de Diadema africanum en la costa de Granadilla (2011-2019) 167

Figura 131. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de Diadema africanum en la costa de Granadilla (2011-2019)..... 168
Figura 132. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de Diadema africanum en la costa de Granadilla (2011-2019)..... 169
Figura 133. Concentración de Cinc en gónadas de Diadema africanum a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: primer semestre de 2019. Abajo: segundo semestre 2019 169
Figura 134. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas 171
Figura 135. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto 176
Figura 136. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto 177
Figura 137. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones de la ZEC 178

ANEXOS

ANEXO I:

Reposición del flujo de arena en la costa de Granadilla (Tenerife). Tercera prueba de vertido

Reposición del flujo de arena en la costa de Granadilla (Tenerife). Tercera prueba de vertido

1 Antecedentes

Durante la tramitación del proyecto del puerto de Granadilla, iniciada en el año 1999, se plantearon numerosas quejas ante la Comisión Europea relacionadas, entre otros aspectos, con las repercusiones de dicha infraestructura sobre de las áreas protegidas de la red Natura 2000 y las playas situadas a sotavento. Según el estudio de impacto ambiental realizado, el impacto negativo más importante del nuevo puerto corresponderá a la alteración de los patrones naturales de retirada y depósito de arenas, cuyo flujo natural se dirige hacia el SW según la corriente dominante, repercutiendo sobre la ZEC ES7020116 Sebadales del Sur de Tenerife y la ZEC ES7020049 Montaña Roja, a 1,8 km y 7,1 km de distancia del puerto, respectivamente (figura 1). Esta última es una ZEC terrestre contigua que cuenta con un modesto sistema dunar alimentado por las arenas que provienen de la primera. Las obras de abrigo del nuevo puerto pueden interrumpir el flujo de arena procedente del NE, y ésta se pierde en las profundidades.

Figura 1. Ubicación del nuevo puerto de Granadilla y de las áreas protegidas de la red Natura 2000 en la costa SE de la isla de Tenerife

En 2004 y a sugerencia de La Comisión Europea, las Autoridades Españolas asumieron realizar un trasvase permanente de arena de norte a sur para mitigar el impacto del nuevo puerto en la dinámica litoral. Esta propuesta, conocida como "del baipás", planteaba recoger la arena depositada en la parte septentrional de las obras de abrigo mediante un sistema de bombeo y canalización, y trasladarla más allá del extremo meridional del mismo, de modo que la arena pueda seguir su trayectoria normal. Las instalaciones eólicas a construir en la zona del puerto producirían la electricidad necesaria para alimentar las bombas. Consecuentemente, en el Dictamen de la Comisión Europea (C (2006) 5190 aptdo. V) el trasvase de arena norte-sur se considera que "constituye una parte esencial del proyecto portuario", convirtiéndose en una más de las medidas correctoras formales del Proyecto.

En 2008, la Autoridad Portuaria de S/C de Tenerife elaboró y licitó un anteproyecto de baipás con seis alternativas respecto de la obra de toma e impulsión, conducción terrestre y la conducción marina, basándose fundamentalmente en los estudios de hidrodinámica litoral y clima marítimos disponibles: *WL/Delfts Hydraulics 1999* e *Hidtma 2004*, respectivamente. El flujo natural de partículas interrumpido fue estimado por *Delfs Hydraulics* entre 0 a 50.000 m^3 de arena al año, cifra bastante imprecisa que, no obstante, motivó que el caudal de bombeo proyectado fuese de 50.000 m^3/año.

En 2008, se constituye la presente fundación con el cometido de vigilar ambientalmente la construcción y gestión del puerto de Granadilla, además del cumplimiento de las medidas correctoras y compensatorias estimadas. Al estudiar la presente medida correctora, el OAG apreció indicios de que el transporte costero inducido por el oleaje pudiera no ser muy relevante y sí el de plataforma generado por la corriente, circunstancia que afectaría a las zonas de acumulación y succión teórica de las arenas. Por ello, y de cara a aumentar la probabilidad de acertar con una buena solución, se propuso a la Autoridad Portuaria que se actualizara el estudio de dinámica litoral aprovechando la información registrada *in situ* en la última década (antes inexistente), así como la significativa mejora de los programas de modelización de última generación.

El nuevo estudio –elaborado esta vez por el IH Cantabria– evidenciaba que la dinámica costera en Granadilla no es equiparable al de las costas mediterráneas o atlánticas, que pudiera haber inspirado la solución del 'baipás'. Tras la construcción del puerto, el transporte de fondo se vería incrementado aguas arriba y disminuiría aguas abajo, justo al contrario de lo que se había planteado siguiendo la idea de un transporte de oleaje. La estima del volumen de sedimentos interrumpido es del orden de 800 a 2.000 m^3 –en vez de los 0 a 50.000 m^3–, y dichos sedimentos no se acumularán al pie del dique norte del puerto, sino que se repartirán en una zona mucho más amplia (23 ha), haciendo prácticamente inviable su succión desde tierra.

El OAG desarrolló otras alternativas con el mismo objetivo de reponer el flujo de arena interrumpido, y fueron expuestas en Bruselas ante la Comisión Europea en febrero de 2012. La alternativa finalmente escogida por la Autoridad Portuaria y aceptada por La Comisión (diciembre 2012) consiste básicamente en reponer unos 2.000 m^3 anuales de arena mediante descargas puntuales en la costa, aguas abajo del puerto (en el sentido de la corriente NE > SW), y a un ritmo acorde con la resiliencia del ecosistema.

La ubicación del punto de vertido de las arenas en la costa es una cuestión crítica. Se pretende que las arenas liberadas sigan la corriente hacia el suroeste, hacia la ZEC, pero podrían verse arrastradas hacia el noreste debido al vórtice que provoca el espigón, con lo que las arenas se depositarían en la bahía a sotavento del puerto, comprometiendo la operatividad del propio puerto y sin resolver el problema planteado.

Los modelos de dinámica litoral de IH Cantabria, aun contando con bastante resolución (50 m), definen el área del Morro del Iter como la zona donde se produce este cambio de dirección en la corriente.

El 25 de octubre de 2013 se realizó una prueba de vertido de 45 m³ de arena directamente en el mar, frente al Morro del Iter (28º3´46,34´´N 16º30´29,69´´W) a unos 275 m de distancia de la costa, con ulteriores visitas de control para cuantificar la tasa de dispersión de la duna submarina generada, que duró hasta el 23 de diciembre de 2013. Dos tercios de la arena vertida se dispersaron con el efecto de la descarga, y el tercio restante formó una duna de 105 cm de altura, que tardo 59 días en desaparecer por completo. La tasa media de remoción de la arena fue de 1,7 cm/día, con máximos de 3,4 y mínimos de 0,7 cm/día en función de las variaciones en la velocidad de la corriente, cuya residual con orientación SW fluctuó bastante según los ciclos de marea, con una media de 6,3 cm/s, que duplica la media conocida de la zona (2,61 cm/s).

En diciembre de 2016, una vez fondeado del último cajón del martillo de la obra de abrigo, se procedió a una segunda prueba (figura 2), vertiéndose 18 m^3 de arena en dos puntos del Morro del Iter (Punta del Cargadero del Trigo). Con la ayuda de operarios, se vaciaron a marea baja 600 sacos de 25-30 kg en el punto A y 300 en el punto B en un primer día, y 390 sacos únicamente en el punto A al segundo día. La dispersión de la arena fue inmediata en el punto A, donde rompen las olas al subir la marea, mientras que en el punto B se forma en el fondo un pequeño acopio de unos 35 cm de altura y 1,25×1,00 m de base, que tarda como máximo un día en dispersarse.

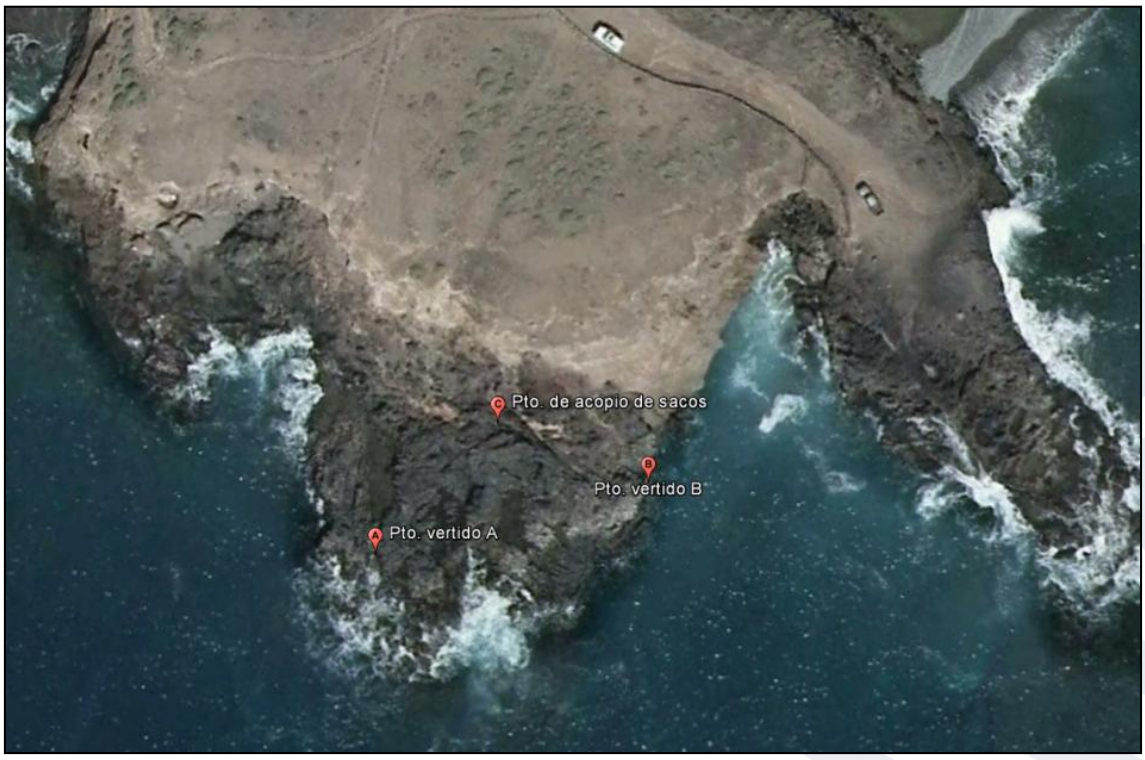


Figura 2. Localización de los vertidos de prueba en la Punta del descargadero del trigo, en el Morro del Iter.

Esta ubicación se ensayó por ser la más alejada del puerto con acceso rodado y sin adentrarnos en la vecina ZEC, suponiendo además que no sería muy complicado organizar una infraestructura mínima para facilitar los vertidos, siempre que se obtenga la preceptiva autorización de la Demarcación de Costas.

Esta actuación no parece compatible con las Normas de Conservación del Monumento Natural de Montaña Pelada (T-18), por lo que desde el Cabildo de Tenerife se instó a la Autoridad Portuaria de Santa Cruz a desplazar el punto de vertido un poco más hacia el morro del ITER.

2 Objetivo

El objeto del presente documento es exponer los resultados de la prueba de vertido de arena llevados a cabo el día 13 de noviembre de 2019 en el saliente de terreno denominado Punta del Vidrio o Punta Brava de la Cueva del Trigo (figura 3). Aunque también se encuentra dentro del espacio natural protegido mencionado, la intervención a realizar tendría un impacto visual menor que en los puntos del segundo vertido de prueba.

Figura 3. Localización del punto de la prueba de vertido.

3 Descripción de la prueba

En torno a las 9:30 horas del 13 de noviembre de 2019, se descargaron 8 m^3 de arena recogida previamente en el depósito ubicado en la base de la obra de abrigo (figuras 4 y 5). Este depósito está operativo desde mayo de 2016, fecha en la que se trasladaron los 6.000 m^3 de arena acopiados por la Autoridad Portuaria durante 2013 y que seguían depositados en una explanada de la obra, cubiertos con un plástico protector. El volumen acopiado es suficiente para cubrir las necesidades operativas de reposición de arena durante tres años (2.000 m^3 × 3 = 6.000 m^3).

Figura 4. Depósito de arena.

Figura 5. Acopio de arena listo para ser vertido de forma gradual.

El día anterior, de manera muy eficiente, los adjudicatarios del contrato menor (Zona Verde) dispusieron de una estructura de madera sobre la que apoyaron una conducción de PVC 50 cm de embocadura, de tal manera que los operarios llenaban cubos de arena en la parte alta del montículo, donde la arena estaba acopiada, y la vertían por el tubo, cayendo ésta al mar (figura 6).

Figura 6. Estructura para el vertido de la arena.

El fuerte oleaje (figura 7), junto con el inicio de la marea llenante hicieron que la arena se dispersara de manera inmediata, no produciéndose acopio alguno. Así, con un vertido lento pero continuo (3 operarios con cubos de 10 litros), se produjo el vertido de la arena y su dispersión inmediata en 3 horas.

Figura 7. Condiciones meteorológicas el día de la prueba. Al fondo, boya del OAG.

Se podría dejar de manera fija una pequeña estructura de tubos de acero, convenientemente mimetizados con su entorno, de tal manera que cuando haya que hacer vertidos de arena, se apoye el tubo en éstos, se vierta y luego se desmonte el tubo de vertido, quedando así únicamente la estructura de apoyo fija. O incluso, para minimizar el impacto aún más, se podría dejar fijo, únicamente las placas de fijación de las estructuras.

4 Granulometría

Se tomaron 3 muestras de 0,5 litros cada una, al inicio, periodo intermedio y final del vertido, obteniéndose los resultados de granulometría que se recogen en la tabla 1 y en la figura 8, siendo el D50 de arena media.

Tamiz	Luz (mm)	Masa retenida (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% no retenido
nº4	4,5	1,9078	0,12%	0,12%	99,88%
nº10	2	5,3749	0,35%	0,47%	99,53%
nº18	1	50,1174	3,26%	3,74%	96,26%
nº25	0,71	110,9485	7,22%	10,96%	89,04%
nº35	0,5	351	22,85%	33,81%	66,19%
nº40	0,425	220	14,32%	48,13%	51,87%
nº60	0,25	601	39,13%	87,26%	12,74%
nº80	0,18	93,9447	6,12%	93,38%	6,62%
nº120	0,125	64,8366	4,22%	97,60%	2,40%
nº230	0,063	28,4956	1,86%	99,45%	0,55%
Finos	<0,063	1,7885	0,12%	99,57%	0,43%

Tabla 1. Granulometría de la muestra tomada.

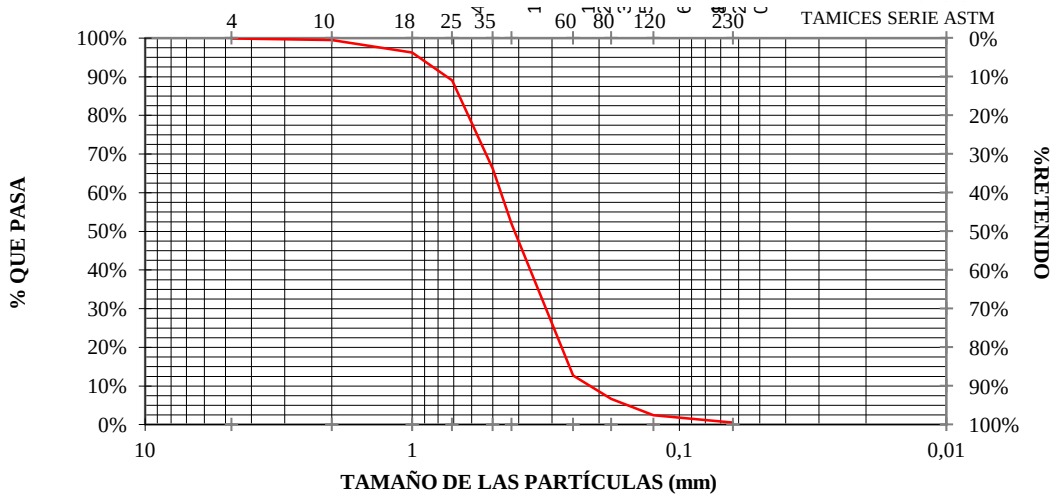


Figura 8. Gráfico granulométrico.

5 Corriente y condiciones meteorológicas

En el momento de la prueba se iniciaba el periodo de marea llenante. El viento era muy fuerte, con un valor medio de 30 nudos y picos de 35-40 nudos y olas de 2-3 metros.

Los datos obtenidos con el correntímetro 2D-ACM (*Falmouth Scientific*), que lleva la boya oceanográfica del OAG a un metro de profundidad, fondeada frente a Montaña Pelada (coordenadas 28º3´40,230´´N 16º30´32,076´´W), desde las 9:00 hasta las 13:00 horas del día 13 de noviembre de 2019 se muestran en la figura 9.

La predominante es la corriente NE al estar en marea llenante por lo que el transporte, aunque bueno, es hacia el puerto. Este transporte se ve luego compensado con la siguiente marea vaciante. La velocidad de la corriente se muestra en la figura 10.

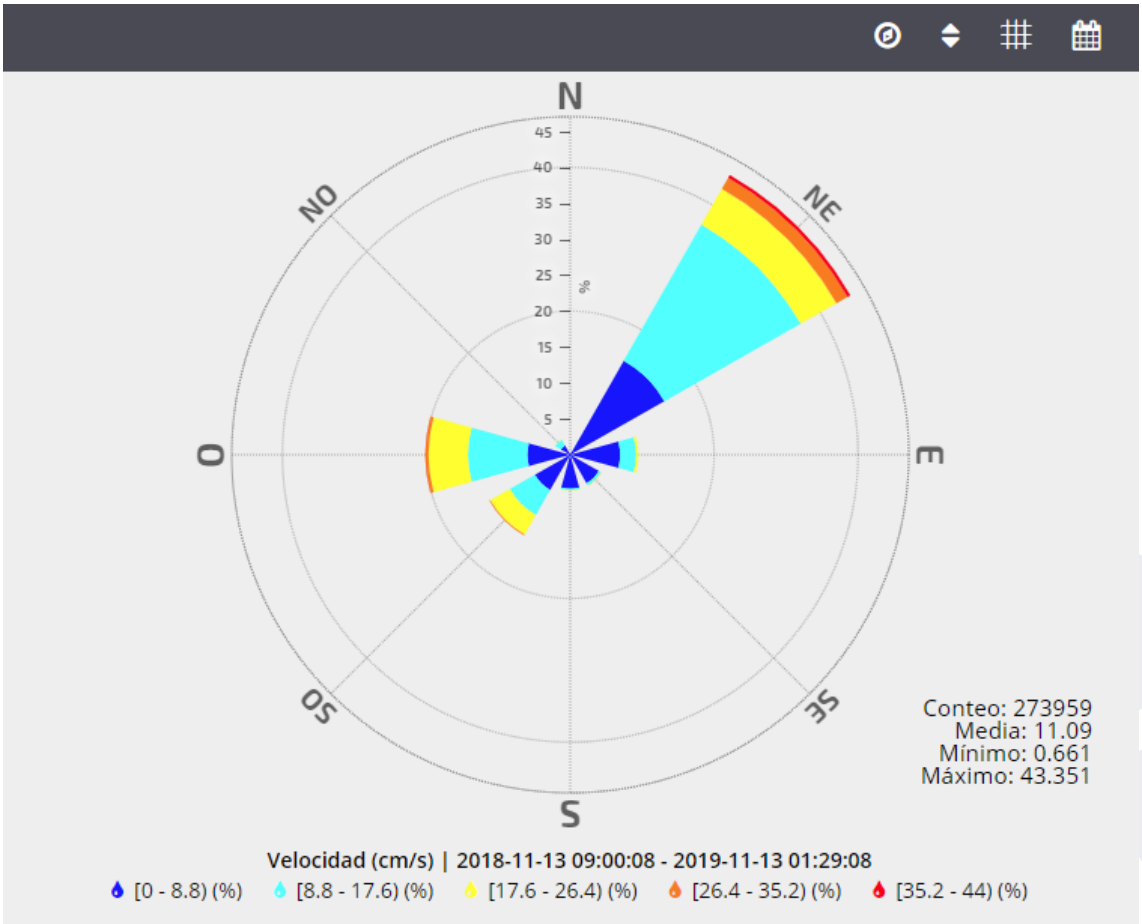


Figura 9. Rosa de corriente entre las 9:00 – 13:30 horas del 13 de noviembre de 2019.

Figura 10. Gráfico de velocidad de la corriente entre las 9:00 – 13:30 horas del 13 de noviembre de 2019.

6 Conclusiones y recomendaciones

1.- El punto de vertido parece cumplir con los objetivos perseguidos, dispersando la arena de manera rápida en llenante, compensándose esta dispersión hacia el NE con la siguiente marea vaciante, produciendo un desplazamiento neto hacia el SW.

2.- Es un punto de fácil acceso por vía rodada, no suponiendo un gran esfuerzo por parte de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife el acondicionamiento de la zona.

3.- La solución ideada de un tubo de dispersión parece muy acertado, pudiéndose dejar fijo únicamente los anclajes, siendo la parte móvil colocada al inicio del vertido periódico y retirada después.

- - - - - - - - - -

En Santa Cruz de Tenerife, a 16 de diciembre de 2019

El Técnico del OAG

Dr. José María Espinosa Gutiérrez

ANEXO II:
El clima local en Granadilla (actualización).

EL CLIMA LOCAL EN GRANADILLA
(ACTUALIZACIÓN)

Mayo 2020
SANTA CRUZ DE TENERIFE

Edificio Puerto–Ciudad, oficina 1B - 38001 Santa Cruz de Tenerife.
Teléfono 922 298 700· Fax: 922 298 704. www.oag-fundacion.org

TABLA DE CONTENIDO

EL CLIMA LOCAL EN GRANADILLA *3*
1- Introducción 3
2- Radiación global 6
3- Presión atmosférica 8
4- Temperatura del aire: 8
5- Precipitaciones 10
6- Viento 14
7- Mareas 21
8- Corrientes 25
9- Oleaje 31
10- Efectos del cambio climático 36

EL CLIMA LOCAL EN GRANADILLA

Compilación elaborada por el Observatorio Ambiental Granadilla (2020)

1- Introducción

El clima marítimo de la zona de Granadilla no está sujeto a determinación de valores de referencia ni a seguimiento de posibles impactos de la obra sobre el mismo. No obstante, el PVA contempla su oportuno seguimiento para conocer las circunstancias ambientales, su evolución natural y, sobre todo, las variaciones fenológicas que pudieran afectar no solo a los otros parámetros objeto de seguimiento, sino a la propia operatividad del puerto o al desarrollo de situaciones especiales de emergencia (derrames accidentales, etc.).

En el informe anual de 2010 se incluyó una parte de condiciones climáticas locales. De cara a completar la información necesaria para la actualización del Plan Interior Marítimo, el presente informe tiene como objetivo actualizar la serie de datos expuesta en su día.

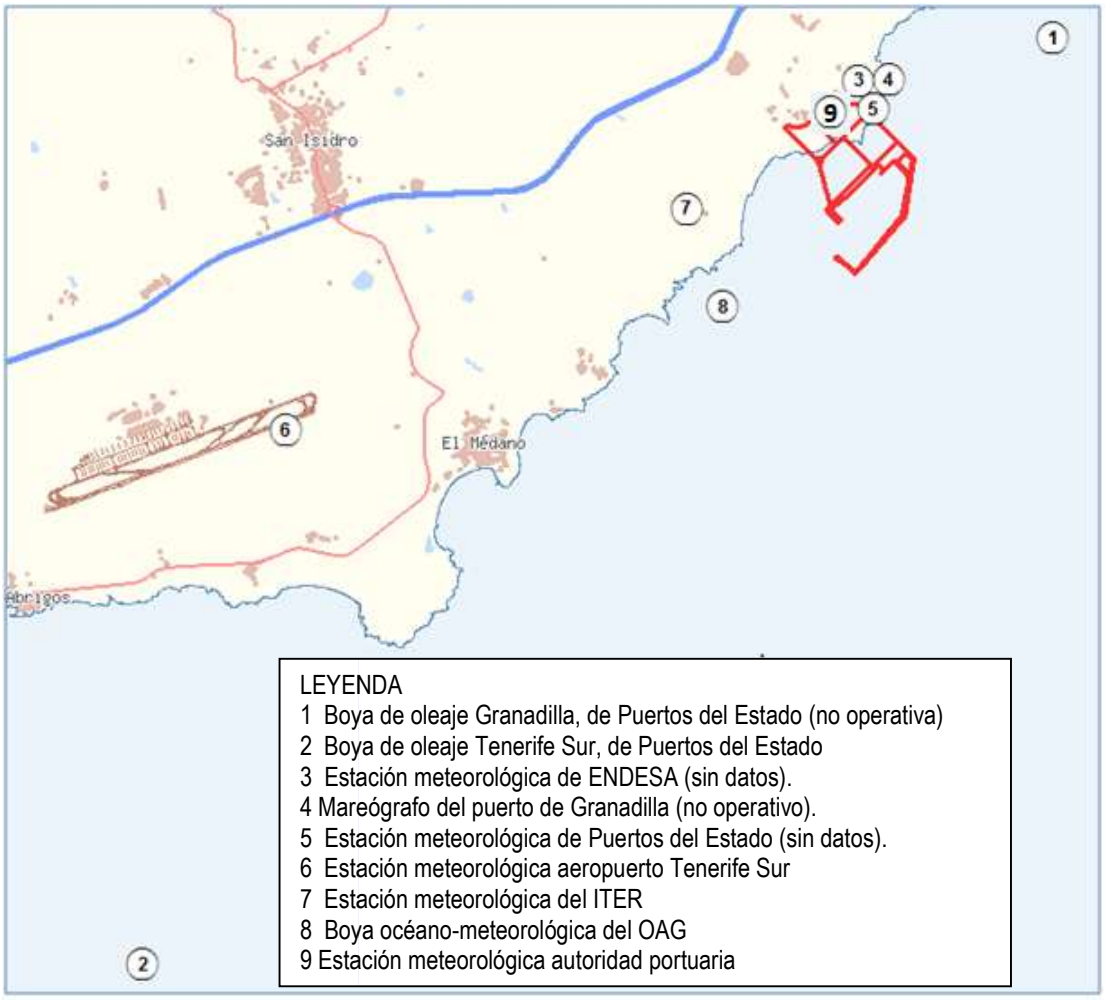


Figura 1. Estaciones registradores del clima atmosférico y marítimo próximas a la ubicación del puerto de Granadilla (en rojo).

De la misma forma que en el informe anual de 2010, se ha procurado caracterizar el clima marítimo de la costa de Granadilla lo mejor posible a partir de la información disponible.

Las fuentes disponibles para conocer directamente los valores de los parámetros climáticos reinantes en la zona o proximidades son (Figura 1):

1. Boya de oleaje "Granadilla" (Cod. 1440) de Puertos del Estado, fondeada a latitud 28º5'23,989"N y longitud 16º28'12,002"W, a -22 m de profundidad y a 1.200 m frente a la desembocadura del barranco de El Río. Series de oleaje desde junio de 2007-enero2014. Desde Enero de 2014 esta boya fue retirada
2. Boya de oleaje "Tenerife Sur" (Cod. 2446) de Puertos del Estado, fondeada a latitud 27º59'127,571"N y longitud 16º34'37,265"W, a -700 m de profundidad y a 4.300 m frente a la costa de Los Abrigos. Series de oleaje desde abril 1998 a diciembre 2019.
3. Estación meteorológica de ENDESA, ubicada en la central térmica de Granadilla. Al igual que en el informe anterior se han solicitado los datos a personal de Endesa, sin obtener respuesta.
4. Mareógrafo de Granadilla (código 3461, 28°5' 7,00"N 16°29' 22,67"W) de Puertos del Estado. Ubicado en muelle de servicios de DISA a unos 800 metros al NE del dique de abrigo del puerto de Granadilla. Series 2004-2006 con cero a -1,989 m bajo AP1 (clavo geodésico), y a partir del 11/7/ 2007 con cero a -3,850 m. Serie total de enero 2004 a octubre 2013. Mareógrafo retirado en Octubre de 2013 (Figura 2).

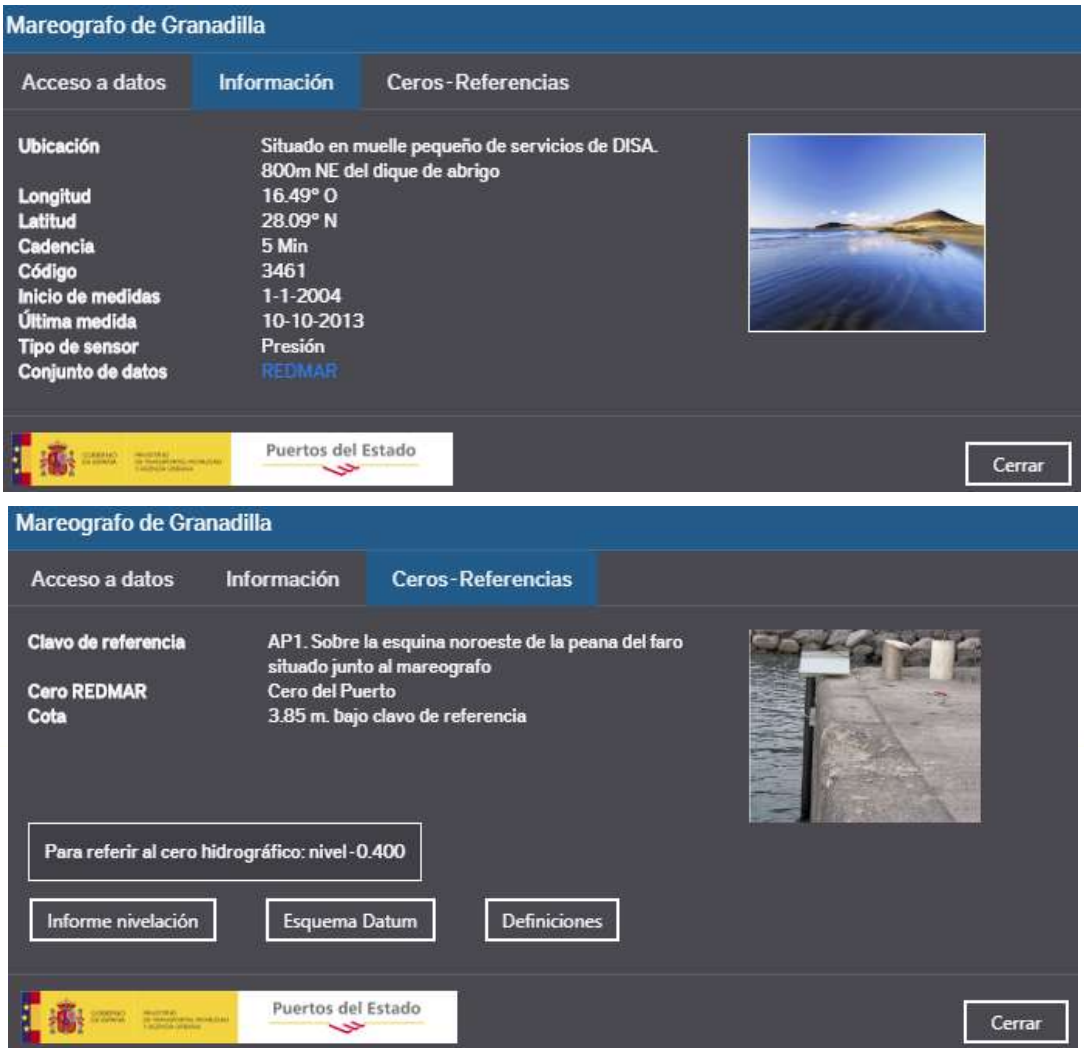


Figura 2. Capturas de pantalla de la web de puertos del estado referentes a la información y ceros de referencia del mareógrafo. *http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx*

5. Estación meteorológica de la Autoridad Portuaria en Granadilla (Cod. 4481; 28°5'7"N 16°29'22"W, cota 15 m). Datos de velocidad y dirección del viento. Se han solicitado estos datos, estando pendientes de recibir. Según los datos recogidos en el informe anterior, está ubicado en las inmediaciones del mareógrafo.
6. Estación del aeropuerto Tenerife Sur, de la AEMET- Agencia Estatal de Meteorología (coordenadas 28º02'34" N 16º34'14"W), a cota 64 m y a 8,5 km al SW del puerto. Datos meteorológicos completos desde 1980.
7. Estación del ITER, Instituto Tecnológico de Energías Renovables.

   Para el periodo comprendido entre 2000-2010 (informe de clima anterior) se recibieron datos de la estación ***Euclides*** situada a 28° 4' 17,23"N, 16°30' 48,18"O. Dicha estación aporta datos de dirección, velocidad del viento, radicación solar y temperatura.

   En este informe se muestran datos de 2 estaciones más actuales y con sensores más fiables para algunos parámetros:

   - ***Solten*** situada a 28° 4'24.45"N,16°31'31.18"O
   - ***Torre*** 28° 4'12.90"N, 16°30'51.06"O.

   La estación *Solten* aporta datos de insolación, dirección y velocidad del viento desde 2011 (con intervalos sin datos). En esta estación, el termo-higrómetro, termómetro, anemómetro y veleta están situados en un mástil aproximadamente a 10 metros de altura.

   La estación *Torre* aporta datos de dirección y velocidad del viento a dos alturas (45 y 25 metros).

   Técnicos del ITER nos confirman que los demás datos que aportan ambas estaciones (temperatura y humedad relativa) no son del todo fiables, por lo que no se han tenido en cuenta en la elaboración del presente informe.
8. Boya océano-meteorológica del OAG, fondeada a latitud 28°3'40,230"N y longitud 16°30' 32,076" W , a -14 m de profundidad y a 420 m frente al ITER. Series de temperatura, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento desde 16-10-2010 hasta Julio de 2019. Existen algunos periodos sin datos debido a problemas técnicos o por labores de mantenimiento. A los datos brutos obtenidos se les ha realizado un control de calidad para retirar posibles mediciones anómalas.
9. Estación meteorológica: (código 4423, 28.08ºN, 16.49ºO) de Puertos de Tenerife. Datos de velocidad y dirección del viento a tiempo real. Cadencia 10 minutos. Estación situada sobre mástil ubicado en el arranque del dique de abrigo junto al puesto de control de acceso de la autoridad portuaria. Parámetros: Velocidad, dirección del viento. Medidas iniciadas el 19/06/19. Esta estación figura en la web de puertos del estado pero no se observan datos volcados. Debido a la reciente instalación de la misma no la tendremos en cuenta para la realización del presente informe.

El tramo de costa que se referencia se encuentra en la fachada meridional de la isla, en un ambiente de costa baja con orientación NE-SW, y clima marcadamente árido (Figura 3).

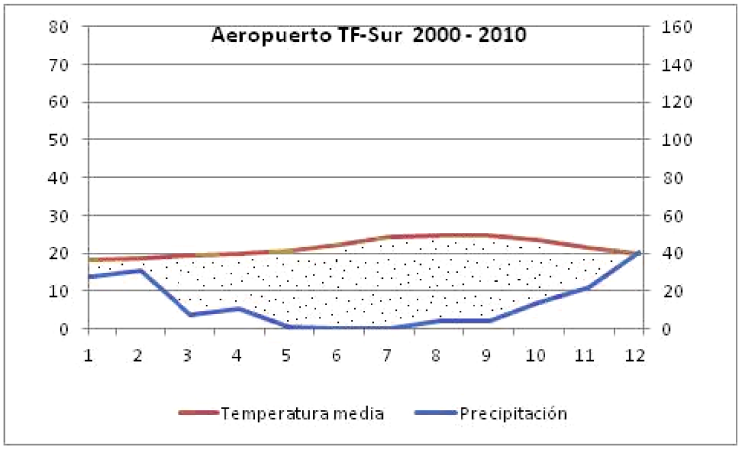


Figura 3. Diagrama ombrotérmico del clima de la costa sur (aeropuerto Tenerife Sur) en la última década (Temperaturas en ºC y precipitación en litros por metro cuadrado)

2- Radiación global

Durante el periodo de 2000-2010, los datos de radiación aportados por el ITER provienen de la estación Euclides, en cambio, para el periodo 2011-2019 son de la estación SOLTEN.

Los resultados de radiación promedio mensuales son:

1) Periodo 2000-2010 (sombreado azul. Tabla 1).
   Valor promedio=217 w/m^2.
   Valor mínimo (sombreados amarillo) = 131 w/m^2 en diciembre 2010.
   Valor máximo (sombreado en rojo) = 315 en Julio 2008.

2) Periodo 2011-2019 (sombreado verde. Tabla 1).
   Valor promedio= 407 w/m^2.
   Valor mínimo (sombreados amarillo)= 285 w/m^2 en diciembre 2011 y 2013.
   Valor máximo (sombreado en rojo)= 522 en Agosto 2018.

Desde el ITER se advierte que los datos no son comparables debido a que ambos periodos corresponden a datos tomados en estaciones distintas. Esta misma entidad está detectando una tendencia al alza de la radicación solar.

Tabla 1. Radiación global media por meses (w/m^2) en la zona de Granadilla (estaciones del ITER: EUCLIDES (azul) y SOLTEN-(verde)).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENE		167	136			140	121	144	150	153	150		288	340	332	340	358	351	378	346
FEB		201	199		167	162	141	187	178	175	170		338	361	371	344	380	384	354	449
MAR		221	222		239	231	239	229	229	208	237		396	367	452	429	392	446	441	468
ABR		261	236		220	250	235	258	268	269	260		354	455	426	429	412	469	468	418
MAY		269	277		249	287	287	291	267	293	276	444	395	405	458	486	402	419	354	514
JUN		333	284		315	281	268	264	308	291	273	458	421	479	445	443	464	461	432	353
JUL		314	313		314	296	307	284	315	306	304	445	461	483	444	483	490	494	513	520
AGO		242			287	257	288	282	271	288	281	481	429	428	503	431	512	506	522	504
SEP		180			217	240	221	229	223	222	231	432	417	435	389	399	507	468	492	464
OCT	210	170			181	184	199	198	209	213	201	363	328	388	379	340	395	402	412	394
NOV	124	130			143	150	138	159	148	175	145	331	298	327	351	349	357	355	321	385
DIC	144	107			136	127	152	149	129	135	131	285	303	285	300	322	294	344	372	354
media	**159**	**216**	**238**		**224**	**217**	**216**	**223**	**224**	**227**	**222**	**405**	**369**	**396**	**404**	**399**	**414**	**425**	**422**	**431**

Sombreado en azul datos recibidos en periodo anterior para informe del 2011. ESTACIÓN EUCLIDES

Sombreado en verde datos recibidos en periodo anterior para informe de 2019. ESTACIÓN SOLTEN

Los datos de la estación propiedad de AENA ubicada en el aeropuerto de Tenerife sur muestran que la radiación mensual del periodo 2008-2019 presenta mínimos de 111,5 kJ/m^2 en diciembre de 2010 y máximos de 296,7 kJ/m^2 en julio de 2019. Esto parece denotar una tendencia de aumento de la radiación media en la mayoría de los meses (Ver Tabla 2).

1) Periodo 2008-2019 (Tabla 2).
   Valor promedio= 203,17 Kj/m^2
   Valor mínimo (sombreados amarillo) = 111,5 w/m^2 en diciembre 2010.
   Valor máximo (sombreado en rojo) = 315 en Julio 2008.

El promedio de las horas de sol diarias en el Aeropuerto Tenerife Sur en el período de 1980 a 2019 es de aproximadamente 7,5 h, y el total de horas anuales de insolación es de 2800 h, aproximadamente.

Tabla 2. Radiación global media (Kj/m^2) en el Aeropuerto Tenerife Sur.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENE	120,3	123,9	130,7	143,1		142,2	134,5	133,3	143,3	141,6	154,6	141,1
FEB	141,4	153,3	147,7	170,3		153,5	175,1	154,1	170,3	169,7	153,8	189,3
MAR	190,3	175	205	203,7		198,8	234	207	207,3	215,6	211,5	218,3
ABR	232,9	233,2	218,5	212,9	207,5	226,4	233,3	247,7	232,3	240,6	251,9	227,8
MAY	253,1	260,8	240,6	229,6	261,2	251,5	272,7		245,6	250,1	201,7	286,4
JUN	265,2	270,4	250,1	258,1	266,2	286,9	273,5	275,6	271,1	280,1	244,4	228,6
JUL	267,3	279,2	251,8	259,1	262,2	275,1	265	292,1	273,8	286,8	285,7	296,7
AGO	241,2	252,3	245,3	250,9	250,1	243,9	269,9	247,4	260,5	260	260,7	271,6
SEP	193,1	181,8	203,8	219,1	216,4	222,2	213,8	199,8	236,2	215,2	228,1	232,6
OCT	169,5	176,3	169,3	165,1	163	180,9	167,9	152,4	169,2	177,9	176,9	178
NOV	122,1	140,7	126,6	130,5	119,6	130	134,4	148,2	147,7	140,9	136,4	151,4
DIC		113	111,5	125,2	129,7	116,7	122,6	132,3	119,6	135,4	142,7	156,5
media	**199,67**	**196,66**	**191,74**	**197,30**	**208,43**	**202,34**	**208,06**	**199,08**	**206,41**	**209,49**	**204,03**	**214,86**

3- Presión atmosférica

La presión atmosférica máxima diaria entre los periodos de 2008 y 2019 en la zona (aeropuerto Tenerife Sur) fluctúa en el ámbito de los 987,2 a 1024,1 mbar (media de 1016 mbar).

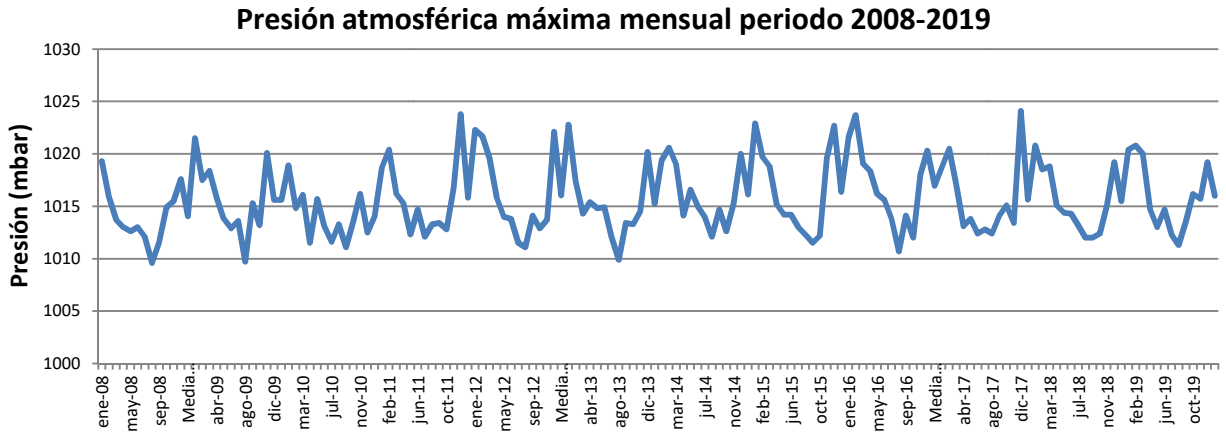


Figura 4. Presión atmosférica máxima mensual medida en el aeropuerto Tenerife Sur.

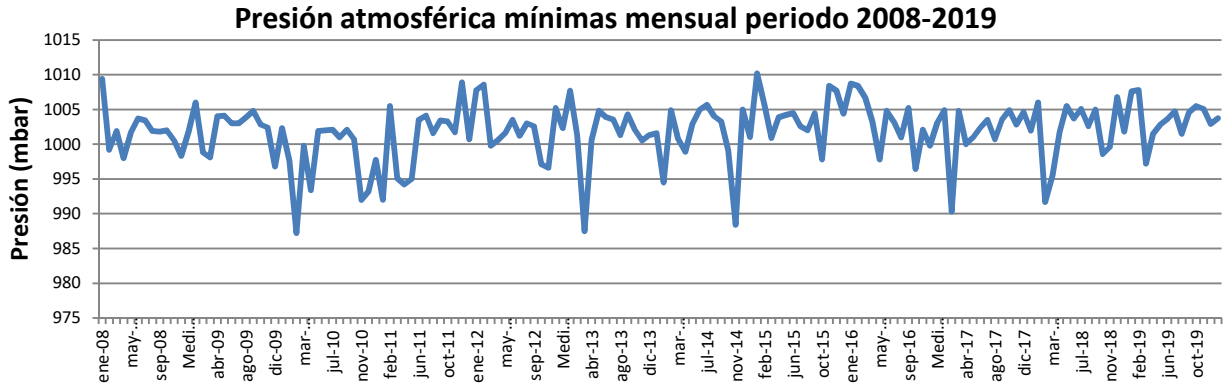


Figura 5. Presión atmosférica minima mensual medida en el aeropuerto Tenerife Sur.

4- Temperatura del aire:

No es posible unificar los datos de ambos periodos, por lo que se muestra los datos por periodos de elaboración de informes de clima. Por una parte, el periodo anterior que abarca de 1980 a 2010 y por otra, el periodo del presente informe de actualización desde 2011 a 2019.

a) Periodo julio 1980 –diciembre 2010:

Tª media = 21,4ºC
Tª media de las máximas mensuales = 24,8ºC
Tª media mínimas mensuales = 17,9ºC
Amplitud térmica diaria máxima = 19,8
Máxima absoluta registrada = 44,3ºC (1988)
Mínima absoluta registrada = 7ºC (2001)

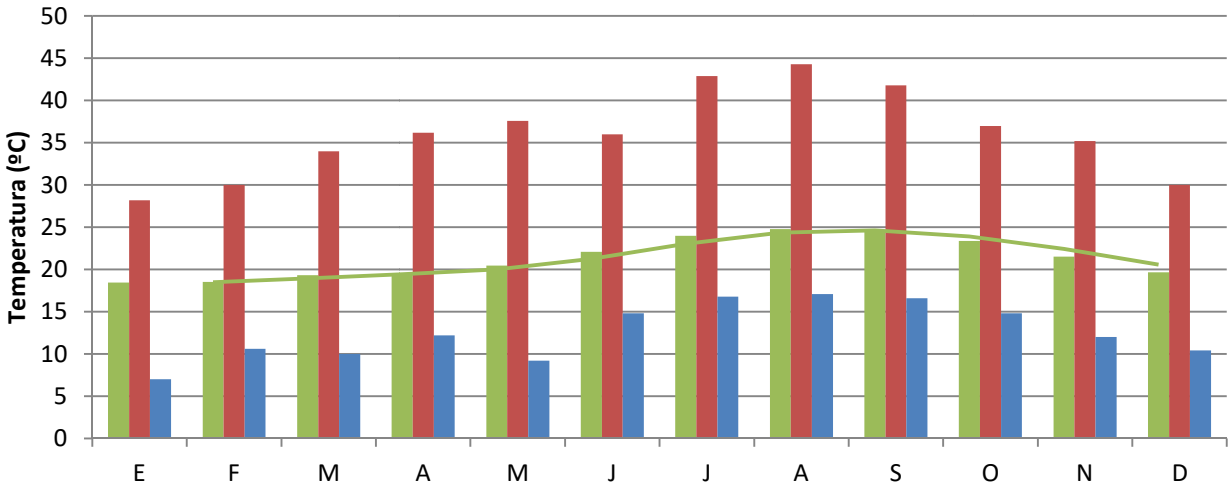


Figura 6. Variación anual de la temperatura en el periodo 1980-2010. Temperatura media (verde) con línea de tendencia, máxima mensual absoluta (rojo) y mínima absoluta (azul), en la estación de la AEMET ubicada en el aeropuerto Tenerife Sur.

b) Periodo enero 2011 –diciembre 2019

Tª media = 21,7ºC
Tª media de las máximas mensuales = 30,1ºC
Tª media mínimas mensuales = 15,2ºC
Amplitud térmica diaria máxima = 19,8
Máxima absoluta registrada = 40,5ºC (agosto 2016)
Mínima absoluta registrada = 9,6ºC (marzo 2011)

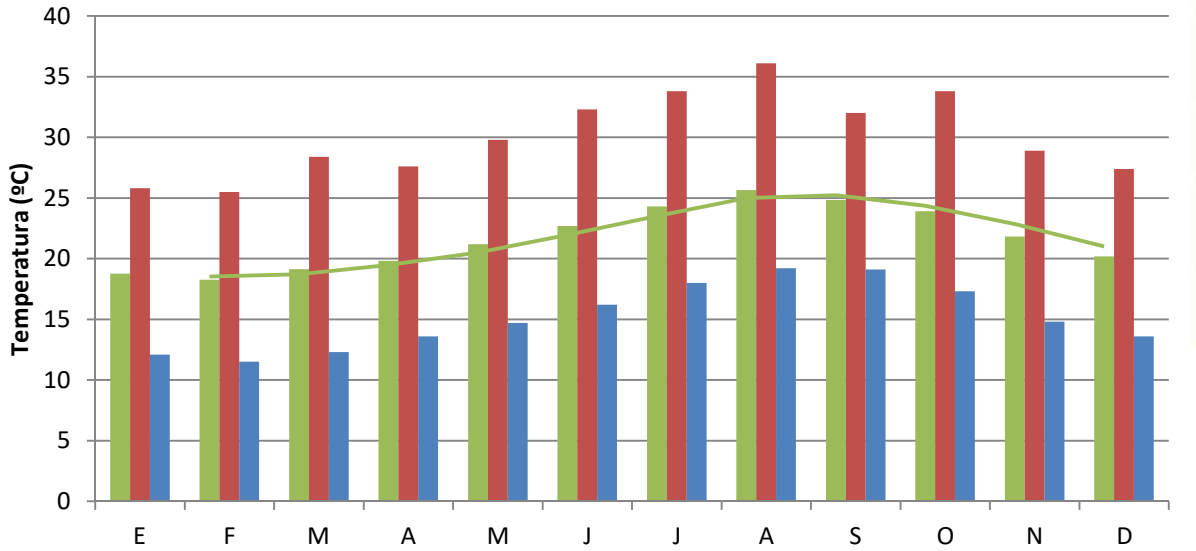


Figura 7. Variación anual de la temperatura en el periodo 2011-2019. Temperatura media (verde) con línea de tendencia, máxima mensual absoluta (rojo) y mínima absoluta (azul), en la estación de la AEMET ubicada en el aeropuerto Tenerife Sur.

5- Precipitaciones

Las lluvias en la zona sur de la isla son escasas e irregulares, concentradas en los meses de otoño – invierno, pero con grandes variaciones anuales (ver Figura 10, Figura 9 y Figura 10).

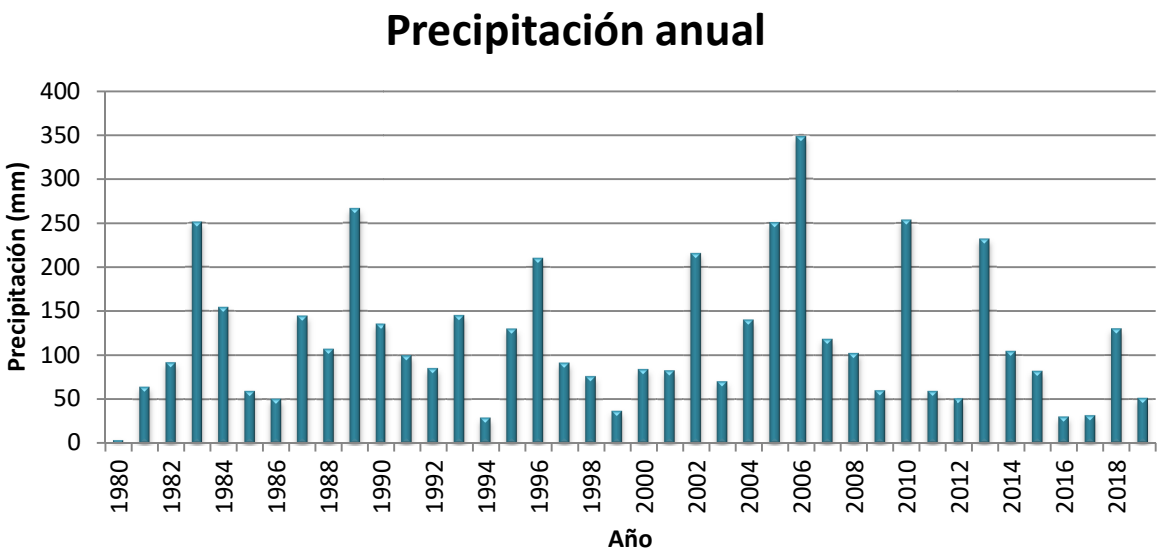


Figura 8. Precipitación anual registrada en estación de la AEMET-aeropuerto Tenerife Sur (1980-2019)

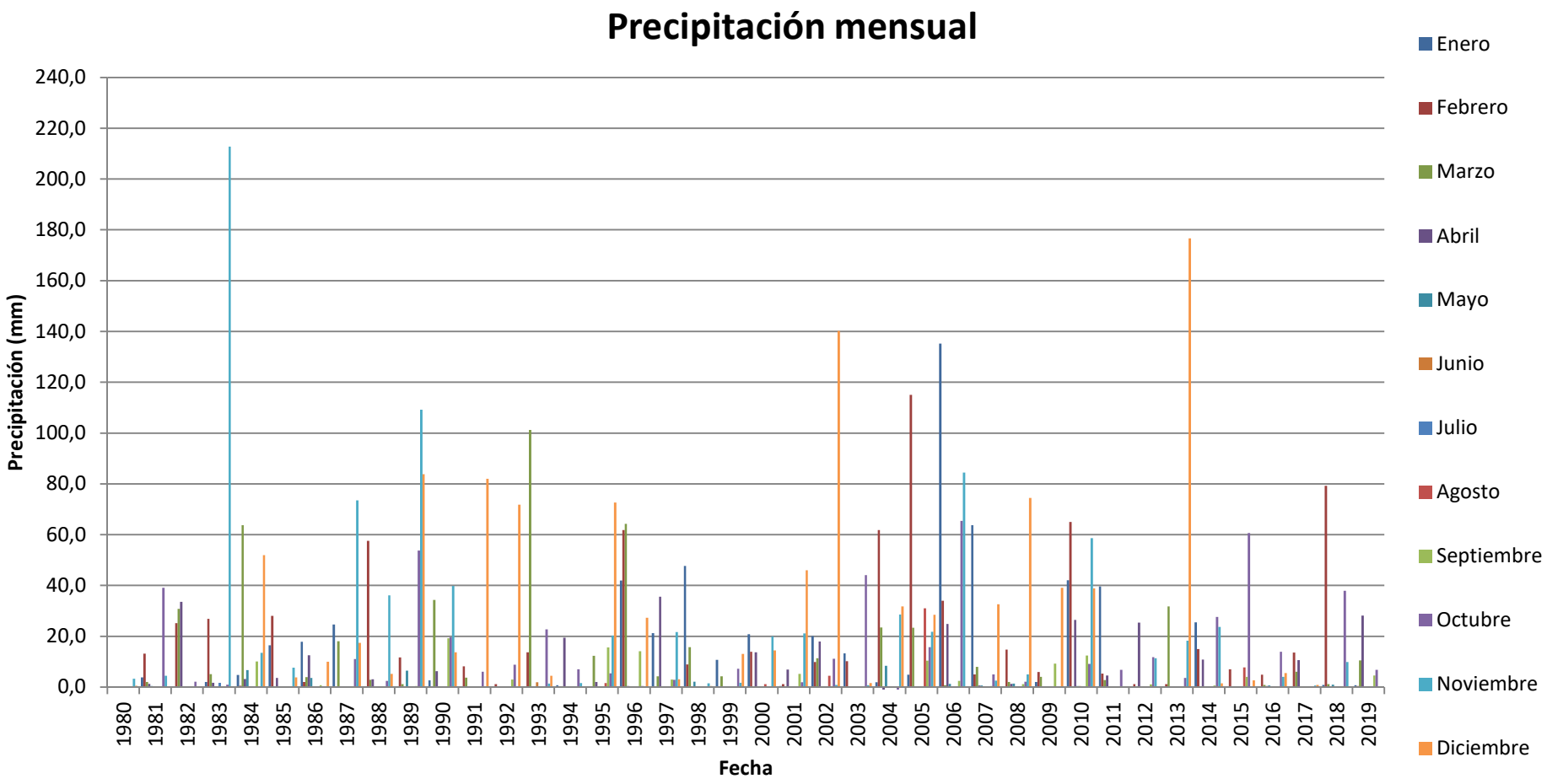


Figura 9. Precipitación mensual registrada en el Aeropuerto Tenerife Sur (1980-2019)

Los registros de pluviometría en el Aeropuerto Tenerife Sur revelan que en los últimos 39 años (1980-2019) se han producido 21 episodios de lluvias torrenciales (> 30 mm). Casi la mitad, se produjeron en la década de los 2000, a razón de una al año. Por el contrario, en la última década solo se produjeron tres episodios. Destacan los aguaceros de febrero de 2005, noviembre de 2006 y febrero de 2018 que alcanzaron los 56,8 mm, 81,2 mm y 109,0 mm respectivamente. El máximo diario registrado es de 136 mm, el 19 de noviembre de 1983. Estos aguaceros tienen particular importancia porque pueden hacer que corran los barrancos y haya aporte de nutrientes al mar.

Tabla 3. Episodios de lluvias torrenciales (aeropuerto Tenerife Sur)

Precipitaciones máximas diarias							
Fecha			**l/m²**	**Fecha**			**l/m²**
19	Nov	1983	136,0	19	Feb	2004	30,3
18	Mar	1984	45,4	23	Feb	2005	56,8
4	Nov	1987	38,3	9	Ene	2006	40,0
27	Feb	1988	30,7	28	Oct	2006	46,1
9	Dic	1989	45,0	1	Nov	2006	81,2
25	Oct	1989	47,0	27	Ene	2007	46,2
24	Nov	1989	96,5	31	Ene	2010	30,7
17	Mar	1993	53,2	29	Nov	2010	47,5
12	Dic	1995	31,9	11	Dic	2013	109,0
2	Feb	1996	61,0	25	Feb	2018	57,20
16	Dic	2002	42,1				

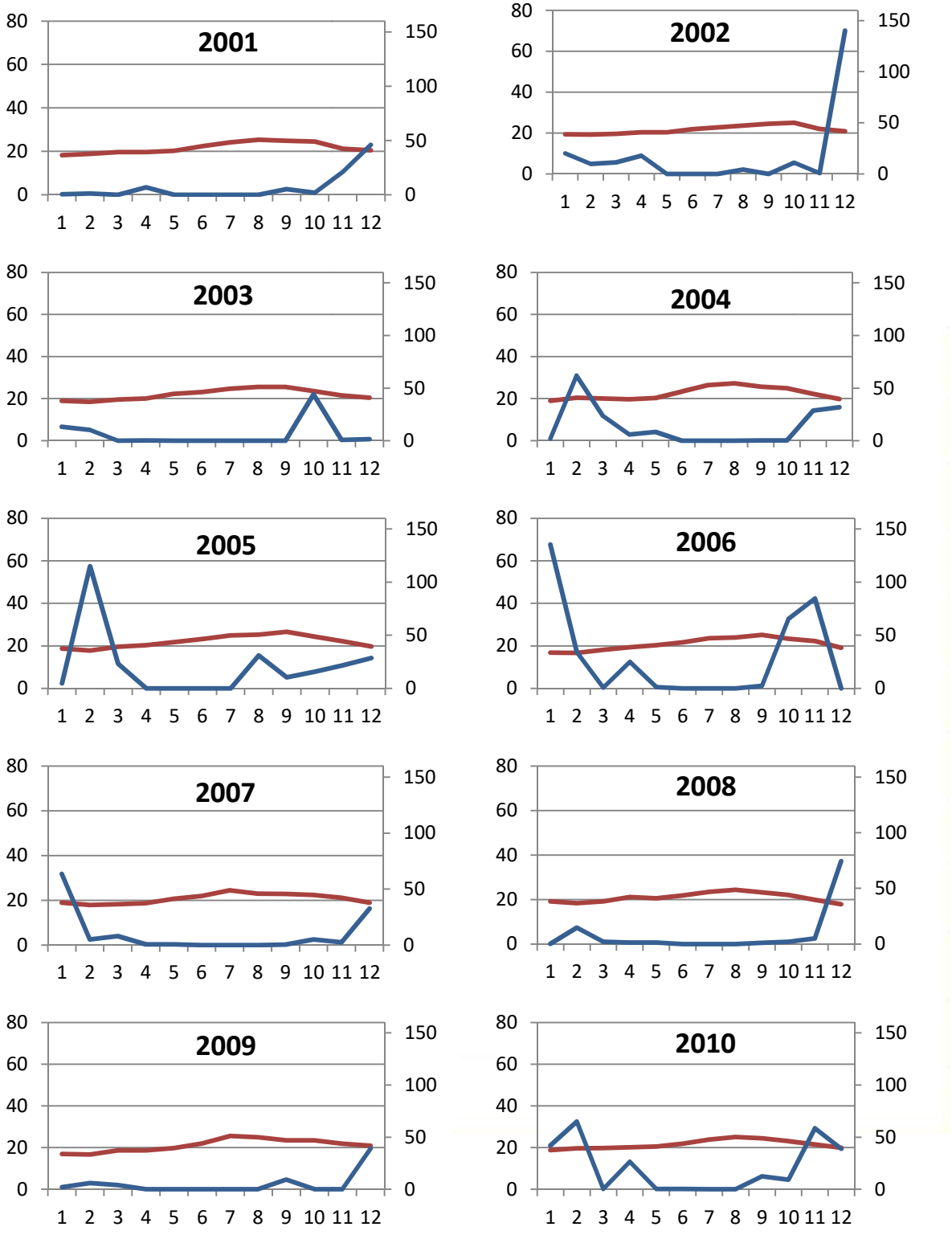


Figura 10. Diagramas ombrotérmicos anuales (aeropuerto Tenerife Sur). Temperatura (ºC) en rojo, pluviometría (mm) en azul. Puede apreciarse la irregularidad de las lluvias

6- Viento

La conformación del paisaje costero denota la constancia e intensidad de los vientos del primer cuadrante, y dada su orientación e intensidad, deber existir un aporte ecológicamente importante de polvo hacia las aguas litorales.

La zona de Granadilla puede calificarse de ventosa, con vientos dominantes del NE y ENE (alisios, con frecuencia superior al 50%) y un porcentaje de calmas por debajo del 3%, siendo el mes de julio el más intenso y noviembre el menos.

Tabla 4. Velocidades media mensual (m/s) del viento en la estación ECUCLIDES del ITER

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Media mensual
ENE	4,2	4,6	3.7	---	---	4.7	4.3	5.2	4.1	3.9	3.3	**4,4**
FEB	9	4.6	5.2	---	5.1	5.5	3.8	4.6	4.1	3.7	4.2	**9,0**
MAR	5,6	5.2	3.4	---	6.1	3.9	5.1	6.3	6.4	4.2	4.0	**5,6**
ABR	5,7	6.2	4.9	---	3.6	5.8	4.9	4.4	6.0	5.8	4.9	**5,7**
MAY	5,9	3.9	5.3	---	5.0	6.1	5.2	5.5	4.1	4.5	4.8	**5,9**
JUN	6,2	6.1	5.0	---	4.5	5.5	3.9	5.2	4.7	3.7	4.9	**6,2**
JUL	8,6	7.4	5.0	---	7.5	6.8	6.6	8.5	6.0	6.1	5.6	**8,6**
AGO	8,2	5.5	---	---	3.7	5.4	5.3	7.2	6.8	6.3	5.5	**8,2**
SEP	7,4	3.5	---	---	4.4	6.4	4.7	5.3	3.8	4.1	5.1	**7,4**
OCT	5,9	3.9	---	---	4.7	4.0	4.6	4.6	4.8	3.4	3.6	**5,9**
NOV	6,1	4.3	---	---	3.7	5.5	4.6	4.9	4.4	4.7	4.2	**6,1**
DIC	4,3	3.6	---	---	6.3	4.7	5.4	5.6	4.6	4.7	4.4	**4,3**
Media anual	**6,4**	**4.9**	**4.6**	**---**	**5.0**	**5.3**	**4.9**	**5.6**	**5.0**	**4,6**	**4,5**	

Tabla 5. Velocidades media mensual (m/s) del viento en la estación TORRE del ITER, a 25 m sobre el suelo.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Media mensual
ENE	-	5,7	5,7	5,6	7,9	-	4,7	6,8	4,8	**5,9**
FEB	-	7,1	6,2	5,8	7,5	-	5,4	6,3	5,0	**6,2**
MAR	-	6,5	4,5	7,2	6,9	3,6	6,4	6,5	5,8	**5,9**
ABR	-	5,8	5,7	5,5	-	5,0	5,0	4,9	4,0	**5,1**
MAY	4,6	4,8	5,8	6,3	-	4,9	4,8	5,5	5,3	**5,3**
JUN	6,0	6,3	6,7	4,5	-	6,0	6,0	5,5	4,8	**5,7**
JUL	7,4	8,5	5,4	5,2	-	7,1	6,2	8,2	6,5	**6,8**
AGO	7,0	8,3	6,6	-	-	7,1	6,6	6,5	7,0	**7,0**
SEP	5,5	4,1	5,4	-	-	6,9	5,9	5,9	5,6	**5,6**
OCT	5,9	4,9	5,0	-	-	4,2	4,4	4,6	5,1	**4,9**
NOV	4,8	5,1	5,3	3,9	-	5,6	4,9	4,8	6,6	**5,1**
DIC	7,7	5,0	5,7	3,4	-	5,0	6,3	5,0	5,0	**5,4**
Media anual	**6,1**	**6,0**	**5,7**	**5,3**	**7,4**	**5,6**	**5,6**	**5,9**	**5,5**	

Tabla 6. Velocidades media mensual (m/s) del viento en la estación TORRE del ITER, a 45 m sobre el suelo.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Media mensual
ENE	-	5,9	6,3	5,9	6,1	-	4,6	7,1	6,2	**6,0**
FEB	-	7,8	6,7	5,7	7,8	-	5,6	6,7	5,9	**6,6**
MAR	-	7,0	4,4	7,4	7,6	2,1	6,7	6,5	7,0	**6,1**
ABR	-	5,9	5,8	5,5	-	4,9	5,2	4,9	2,0	**4,9**
MAY	4,1	4,9	6,1	6,5	-	4,8	4,1	5,5	5,6	**5,2**
JUN	6,2	6,6	7,1	4,4	-	6,3	6,1	5,6	4,7	**5,9**
JUL	7,8	9,4	5,6	5,2	-	7,6	6,5	9,2	7,0	**7,3**
AGO	7,6	9,1	6,9	-	-	7,7	7,0	6,7	7,6	**7,5**
SEP	5,8	4,0	5,5	-	-	7,5	6,3	6,3	5,9	**5,9**
OCT	6,1	4,9	5,2	-	-	4,2	4,4	5,7	5,4	**5,1**
NOV	4,4	5,0	5,7	3,4	-	5,8	5,1	7,4	7,1	**5,5**
DIC	8,5	5,5	6,0	3,8	-	4,9	6,9	6,1	5,0	**5,8**
Media anual	**6,3**	**6,3**	**5,9**	**5,3**	**7,2**	**5,6**	**5,7**	**6,5**	**5,8**	

Tabla 7. Velocidades media mensual (m/s) del viento en la boya del OAG.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ENE	5,9	8,1	2,3	9,4	12,8	9,8	---
FEB	---	8,3	2,1	11,8	10,6	---	---
MAR	7,7	7,5	1,5	13,6	9,3	---	---
ABR	7,0	7,6	2,0	9,8	7,3	---	1,5
MAY	5,9	---	2,3	10,3	7,3	7,0	1,2
JUN	8,1	9,4	10,8	7,7	6,3	8,0	2,1
JUL	---	11,8	7,5	7,9	9,4	10,4	---
AGO	---	---	9,8	8,4	8,9	10,8	---
SEP	8,0	1,3	9,7	5,2	5,4	9,8	---
OCT	7,4	1,6	7,9	6,7	5,2	5,9	1,5
NOV	6,4	1,7	10,1	8,4	11,8	10,2	1,6
DIC	11,0	2,1	9,7	12,3	9,3	---	2,8
media	**7,5**	**5,9**	**6,3**	**9,3**	**8,6**	**9,0**	**1,8**

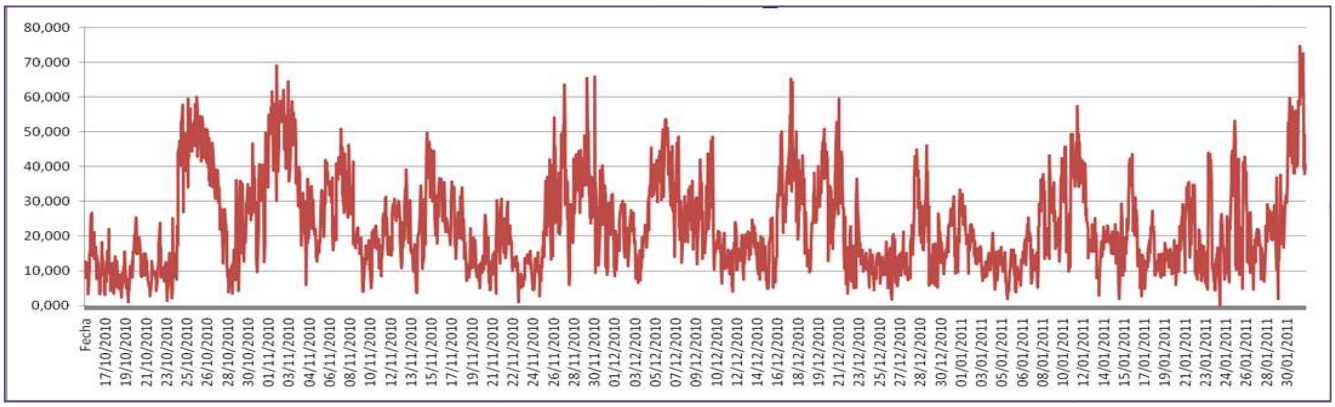


Figura 11. Variación de la velocidad del viento (m/s) medida en el anemómetro de la boya del OAG en Granadilla medida cada hora entre el día 17/10/2010 y el 20/1/2011.

Según las series registradas por el ITER (2000-2019), la velocidad media anual varía entre 6,5 m/s y 4,5 m/s con promedio de 5,8 m/s (20,88 km/h). La media mensual más alta corresponde al mes de julio de 2012, con 9,4 m/s (33,84 km/h). La ráfaga máxima registrada alcanzó 149 km/h, en julio de 2002, mayor que la registrada con ocasión de la tormenta tropical Delta (62 km/h) que en el aeropuerto Tenerife Sur alcanzó ráfagas de 134 km/h.

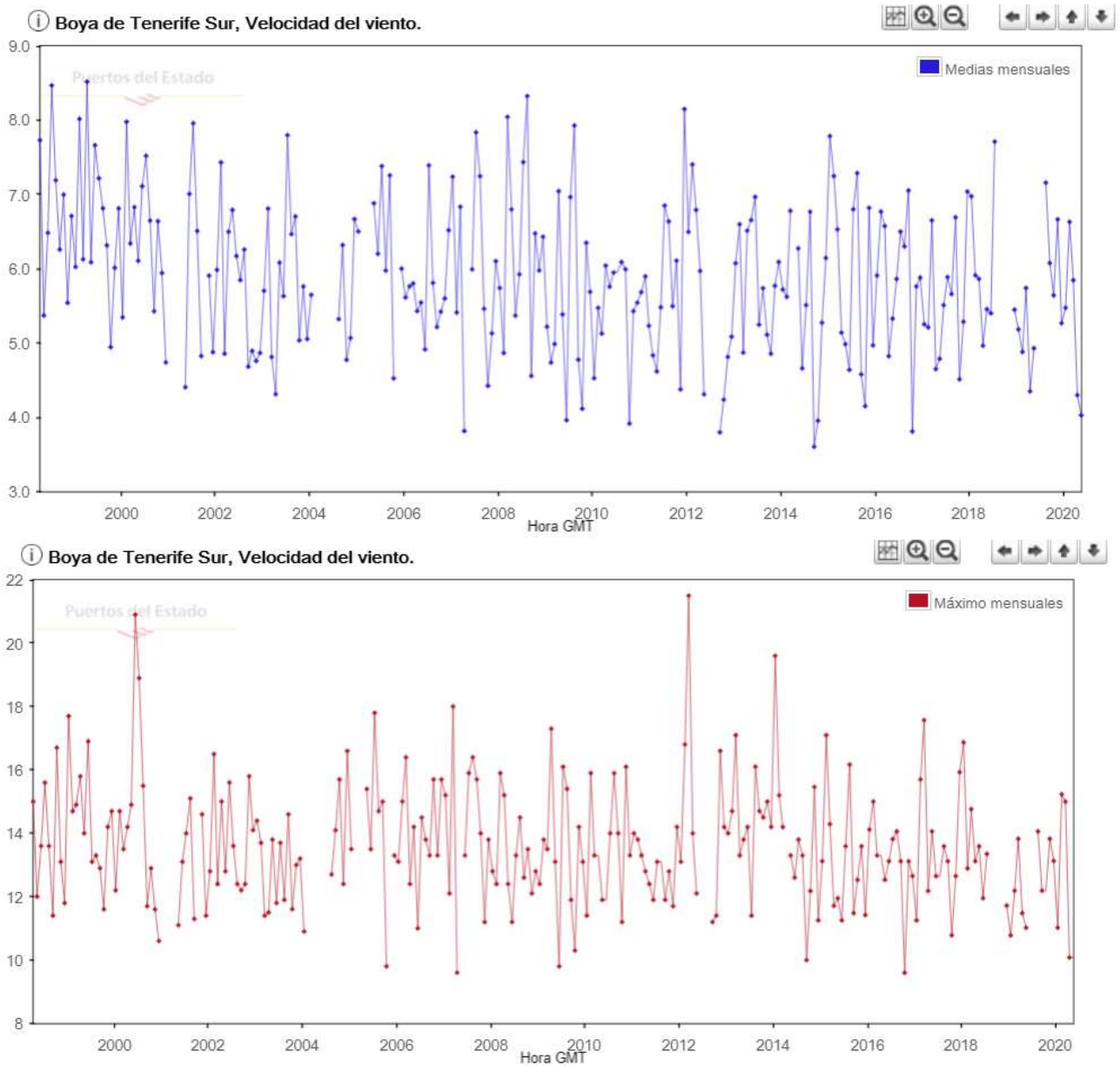


Figura 12. Velocidad media mensual (arriba-azul) y velocidades máximas mensuales (abajo –rojo) del viento (m/s). Periodo abril 1998-febrero 2020 registrado por la boya "Tenerife Sur" de Puertos del Estado.

Tabla 8. Velocidad máxima del viento registrada cada año en una década (datos de estaciones del ITER).

AÑO	Mes en que se produce	Velocidad máxima	
2000	Octubre (datos oct.- dic.)	31,7 m/s	114,12 km/h
2001	Junio	26,4 m/s	95,04 km/h
2002	Julio (datos ene.- jul.)	41,3 m/s	148,68 km/h
2003*	Enero	22,2 m/s	79,92 km/h
2004	Mayo (faltan datos de enero)	34,7 m/s	124,92 km/h
2005	Noviembre (huracán Delta)	17,2 m/s	61,92 km/h
2006	Diciembre	19,3 m/s	69,48 km/h
2007	Diciembre	21,6 m/s	77,76 km/h
2008	Enero	15,9 m/s	57,24 km/h
2009	Abril	17,6 m/s	63,36 km/h
2010	Febrero	20,3 m/s	73,08 km/h
2011	Junio	15,01 m/s	54,04 km/h
2012	Julio	16,97m/s	61,09 km/h
2013	Diciembre	15,53 m/s	55,91 km/h
2014	Enero	17,77 m/s	63,97 km/h
2015	Febrero	18,80 m/s	67,68 km/h
2016	Agosto	15,02 m/s	54,07 km/h
2017	Marzo	17,64 m/s	63,50 km/h
2018	Enero	17,06 m/s	61,42 km/h
2019	Noviembre	16,53 m/s	59,51 km/h

*Dato de 2003 del anemómetro de la estación Tenerife Sur

Tabla 9. Velocidad máxima del viento registrada cada año en el periodo 2011-2019 (datos de la estación del Aeropuerto Tenerife Sur).

AÑO	Mes en que se produce	Velocidad máxima	
2011	Febrero y Julio	21,1 m/s	76 km/h
2012	Febrero	23,6 m/s	85 km/h
2013	Marzo	26,7 m/s	96 km/h
2014	Enero	26,4 m/s	95 km/h
2015	Agosto	26,4 m/s	95 km/h
2016	Febrero	24,7 m/s	89 km/h
2017	Febrero	29,2 m/s	105 km/h
2018	Marzo	26,4 m/s	95 km/h
2019	Noviembre	24,7 m/s	89 km/h

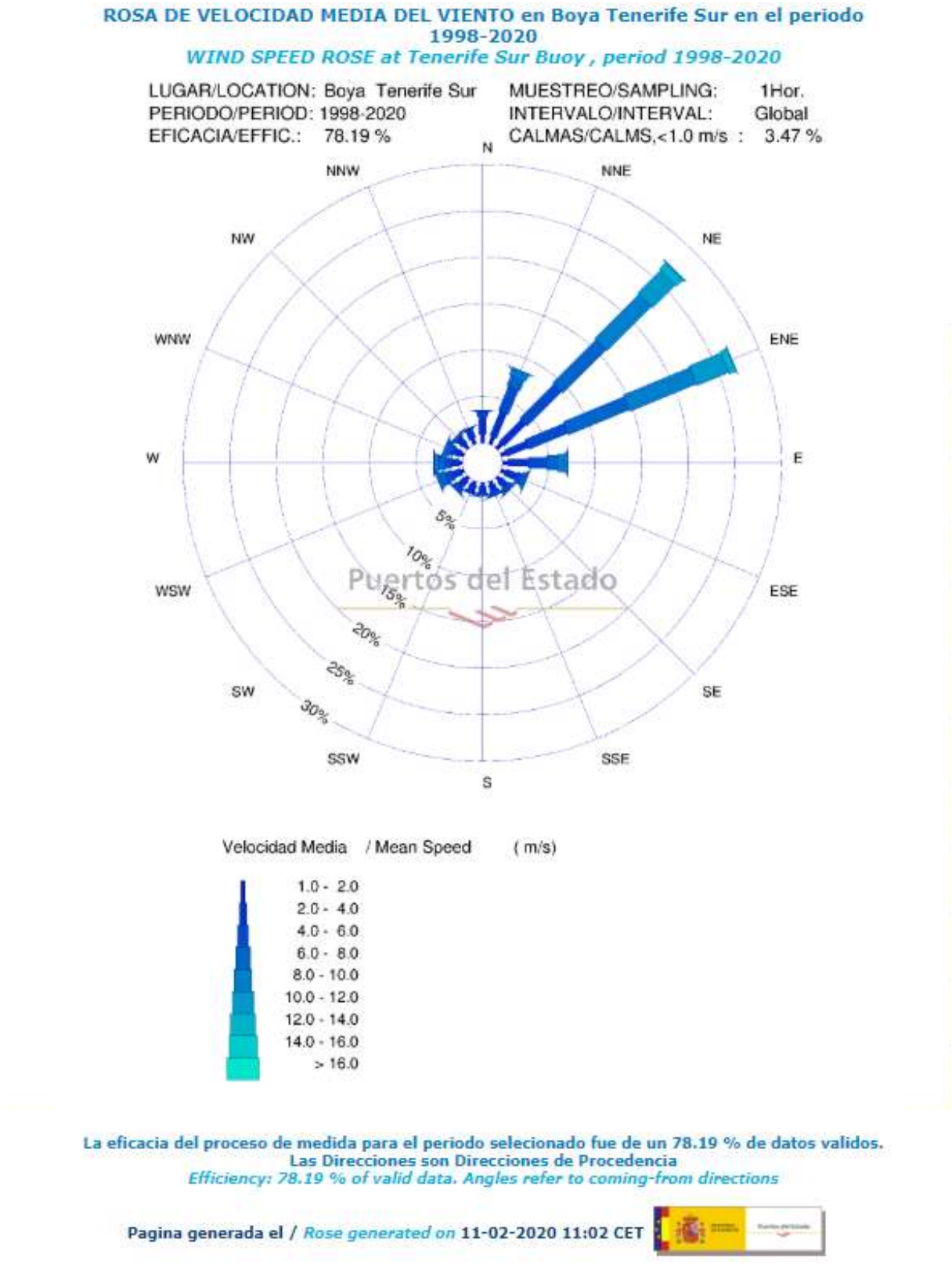


Figura 13. Rosa de velocidad media del viento (m/s) (procedencia) del periodo abril 1998-enero 2020 registrados por la boya Tenerife Sur (2446) de Puertos del Estado, emplazada en Granadilla (78,19% de datos válidos). Fuente: Puertos del Estado.

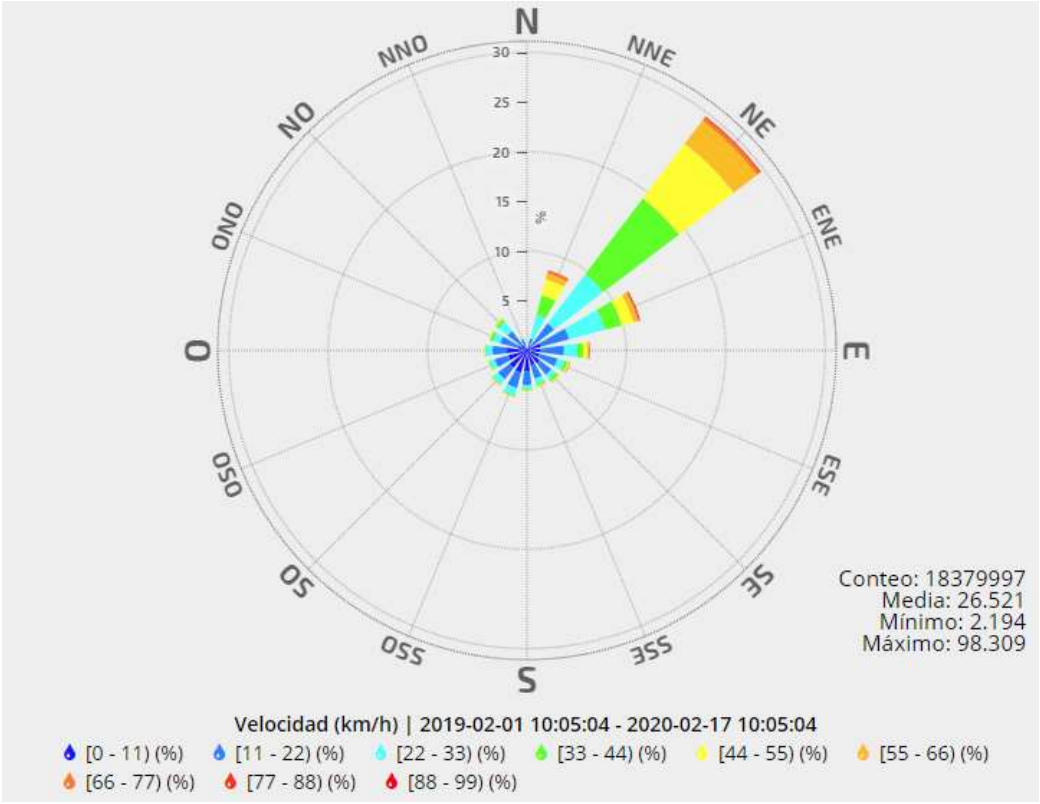


Figura 14. Rosa de velocidad media del viento (km/h) (procedencia) del periodo febrero 2019-febrero 2020 registrados por la boya OAG, emplazada en Granadilla.

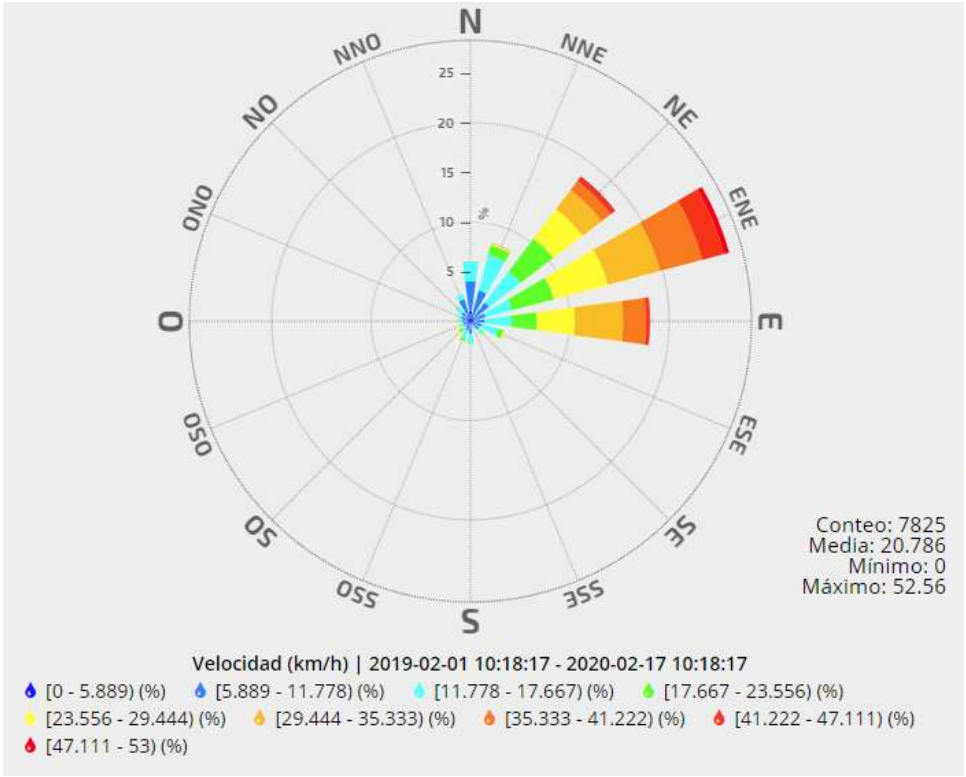


Figura 15. Rosa de velocidad media del viento /km/h) (procedencia) del periodo febrero 2019-febrero 2020 registrados por la estación del Aeropuerto Tenerife Sur de la AEMET.

Polvo sahariano: en Canarias pueden producirse invasiones de aire cálido seco proveniente del este (25% de los días del año), con la posibilidad de acarrear gran cantidad de polvo en suspensión desde el Sahara, cuya deposición anual puede alcanzar los 20 g/m^2 (Torres, 2000). La frecuencia de estos episodios es mayor en invierno (40%) y menor en primavera (17%). Este aporte de nutrientes y minerales (5% es hierro) incide favorablemente en la productividad marina, particularmente, en alta mar.

A continuación se muestran las fechas de episodios de calima mensualmente registrados en Canarias, recogidos en los informes de Episodios Naturales que viene realizando desde el 2009 el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Las tablas muestran las fechas de los episodios que con alta probabilidad pueden haber afectado a los niveles de partículas registrados en superficie, a partir de las ejecuciones de los modelos de pronóstico analizados. En las celdas pueden encontrarse fechas (una o varias) en dos formatos posibles:

- Días aislados: se han registrado episodios de aporte de partículas que en la mayoría de los casos pueden incrementar los niveles de PM en el aire ambiente. Si el episodio viene acompañado de lluvia este impacto en los niveles de PM puede ser poco evidente.
- Intervalos: Igual que en "días aislados", pero se muestran el primer y último día del episodio (separados por un guión y en azulado).

Datos propiedad de la 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)".

2009

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2-28-30	11-13-(22-28)	10-17-21-22 (9-22) (27-28)	5-9-23-25 (2-3)	4-9-27-31 (3-8) (28-31)	11-15-22-25 (15-18) (21-22)	5-11-18-31	1-2-18-25		4-6-(14-17)	11-16-20-21-24-29-(26-28)	9-11-(10)

2010

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
17-19	6-8	17-20	4-10-27-30	17-22-30-31	1-4	7-12-17-20-29-31	1-3 8-13-26-31	14-16-22-26	2-3-28-29	2-6	14-16-28-29

2011

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4-8-15-21	4-12-21-24	19-25	1-3-6-7-12-16	10-19-22-26	13-30	1-2-29-31	9-17	6-10-18-23	1-12-14-21	11-13-25-28	1-2-5-11-16-20-21

2012

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3-6-9-16-18-21-30-31	1-4-6-17-25-29	8-13-15-29	17-19	11-18	23-30	16-23-30-31	1-5-9-14-19-25	1-8-18-26	7-12-23	23-27	11-13-17-25-27-30

2013

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4-9-15-17-29-31	1-6-10-11-14-18		18-25	7-9	27-30	1-8-19	4-6-9-17-19-24		28-29	1-6-10-11-26-30	1-17-21-25-29-31

2014

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7-13-24	14	5-9 12-20 24-26	25-30	13-16	13-16	9-13	13-15-19-22 26-29		2-5 21-28 31	1-4	8-13 21-28 31

2015

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1-5-9-17-26		3-11-13-14-27-29	16-18	11-17	5-10-28-29	5-30	6-15-21-23	21-26	2-6-23	8-20-25-30	1-31

2016

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1-3-6-8-13-19-23-31	1-8-14-17-20-25	1-4-15-18			23-26	8-31	1-21-26-31	5-9-26-30	4-7-17-20-28-31	1-3-9-10-15-19	1-2-8-14-22-31-

2017

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1-18	6-7-15-19-21-28	1-2-6-13-17-21-30-31	1-5-8-11-14-21-24-26	17-21	17-27	13-28	5-10-16-17-20-28	3-9-14-19-23-30	1-7-10-18-23-30	7-13-20-30	1-4-9-13-14-18-19-21-26-30-31

2018

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	17-19-22-27		20-22	9-12-28-22-28-30	4-8-11-15-20-24	12-16-18-20-22-30	1-9-23-27	28-30	3-11-13-16-29-31

2019

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1-2-5-9-13-16	3-18-21-28	1-9-31	22-23-26-30	1-7-11-19-31	1-4	15-17-24-27	16-31	14-20-29-30	1-4-6-8-25-31	1-3-18-27-30	1-8-10-23-31

Mareas

Las mareas en Canarias son semidiurnas (pleamares y bajamares repetidas dos veces cada 12 horas 50 minutos a lo largo del día lunar). Puede haber variaciones según la isla y orientación, pero en general el nivel medio de su amplitud se mantiene en torno a los 1,2-1,3 m durante los doce meses del año, sin que experimenten marcadas oscilaciones.

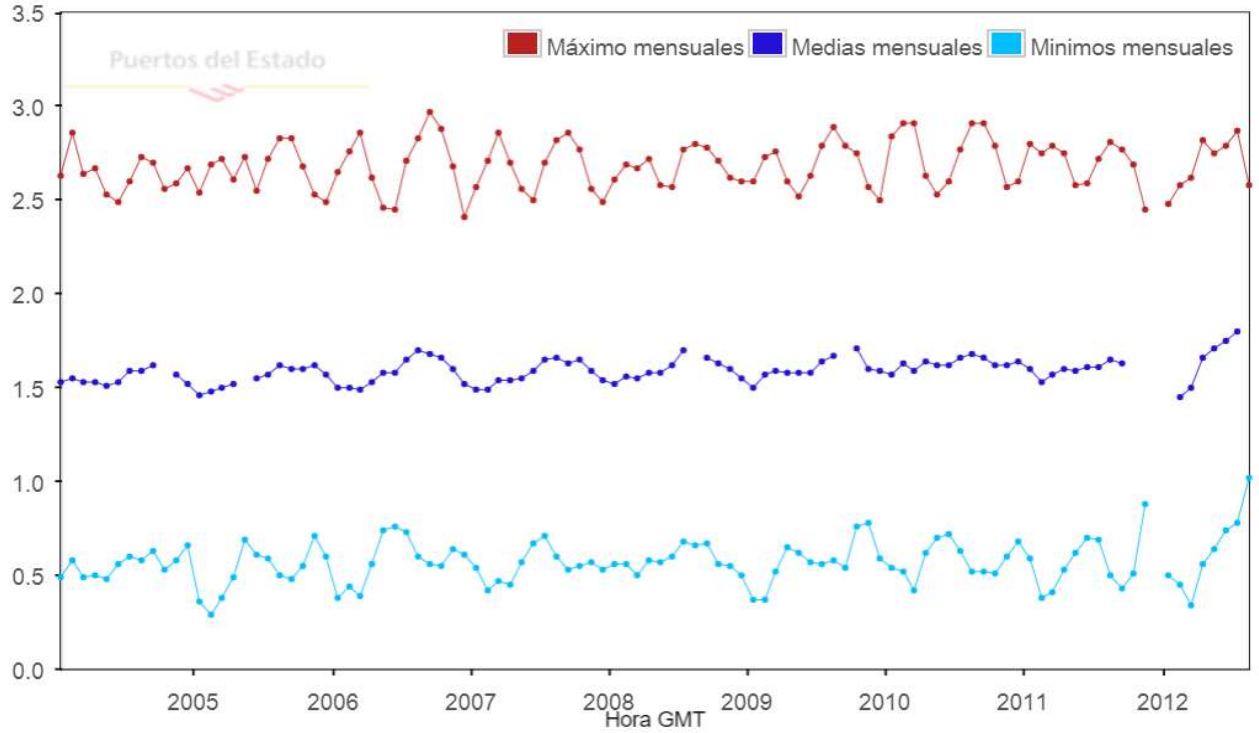


Figura 16. Niveles medios, máximos y mínimos del nivel del mar del periodo 2004-2013 registrado por el mareógrafo de Granadilla de Puertos del Estado

Según los datos facilitados por el mareógrafo emplazado en Granadilla, en funcionamiento desde enero de 2004 y hasta octubre de 2013, y a modo de ejemplo, se observa que:

Datos del 2009

- Amplitud máxima de la marea= 2,52 m.
- Amplitud media=1,6 m.
- Pleamar máxima=2,89 m (agosto).
- Bajamar máxima, medida a partir del cero local =0,37 m (enero y febrero).

Datos del 2010

- Amplitud máxima de la marea= 2,49 m.
- Amplitud media=1,63 m.
- Pleamar máxima=2,91 m (febrero, marzo, agosto, septiembre).
- Bajamar máxima, medida a partir del cero local =0,37 m (marzo).

Estos datos son de carácter orientativo, ya que, los ciclos mareales se desarrollan en 19 años y para caracterizarlos estadísticamente es preciso disponer al menos de una serie de 9 años. Este mareógrafo estuvo en funcionamiento desde enero de 2004 a octubre 2013.

Las pleamares y bajamares máximas en las islas occidentales suelen ocurrir entre marzo y abril. En Granadilla se aprecia la tendencia, pero la pleamar máxima absoluta se produce en agosto, alcanzando niveles próximos a los 3 m, también conocidos, por ejemplo, en el puerto de Santa Cruz[1].

Tabla 10. Datos de marea en cm registrados en Granadilla en el periodo de funcionamiento del mareógrafo (2004-2012). ***Fuente: Web puertos del estado*** ***http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx***

Mes	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)
	2004			2005			2006			2007			2008		
Enero	-	248	50	146	254	36	150	265	38	149	257	54	152	261	56
Febrero	145	145	10	148	269	29	150	276	44	149	271	42	156	269	56
Marzo	150	150	10	150	272	38	149	286	39	154	286	47	155	267	50
Abril	166	166	8	152	261	49	153	262	56	154	270	45	158	272	58
Mayo	171	171	7	-	273	69	158	246	74	155	256	57	158	258	57
Junio	175	175	6	155	255	61	158	245	76	159	250	67	162	257	60
Julio	180	180	5	157	272	59	165	271	73	165	270	71	170	277	68
Agosto	-	-	1	162	283	50	170	283	60	166	282	60	168	280	66
Septiembre	-	-	-	160	283	48	168	297	56	163	286	53	166	278	67
Octubre	-	-	-	160	268	55	166	288	55	165	277	55	163	271	56
Noviembre	-	-	-	162	253	71	160	268	64	159	256	57	160	262	55
Diciembre	-	-	-	157	249	60	152	241	61	154	249	53	155	260	50

Mes	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)	Nivel medio (cm)	Nivel max (cm)	Nivel mín (cm)
	2009			2010			2011			2012		
Enero	150	260	37	157	284	54	160	280	59	-	248	50
Febrero	157	273	37	163	291	52	153	275	38	145	258	45
Marzo	159	276	52	159	291	42	157	279	41	150	262	34
Abril	158	260	65	164	263	62	160	275	53	166	282	56
Mayo	158	252	62	162	253	70	159	258	62	171	275	64
Junio	158	263	57	162	260	72	161	259	70	175	279	74
Julio	164	279	56	166	277	63	161	272	69	180	287	78
Agosto	167	289	58	168	291	52	165	281	50	-	258	102
Septiembre	-	279	54	166	291	52	163	277	43	-	-	-
Octubre	171	275	76	162	279	51	-	269	51	-	-	-
Noviembre	160	257	78	162	257	60	-	245	88	-	-	-
Diciembre	159	250	59	164	260	68	-	-	-	-	-	-

[1] **Yanes Luque, A.** (1990). *Morfología litoral de las islas Canarias occidentales*. La Laguna: Universidad de La Laguna, Secretariado de Publicaciones.

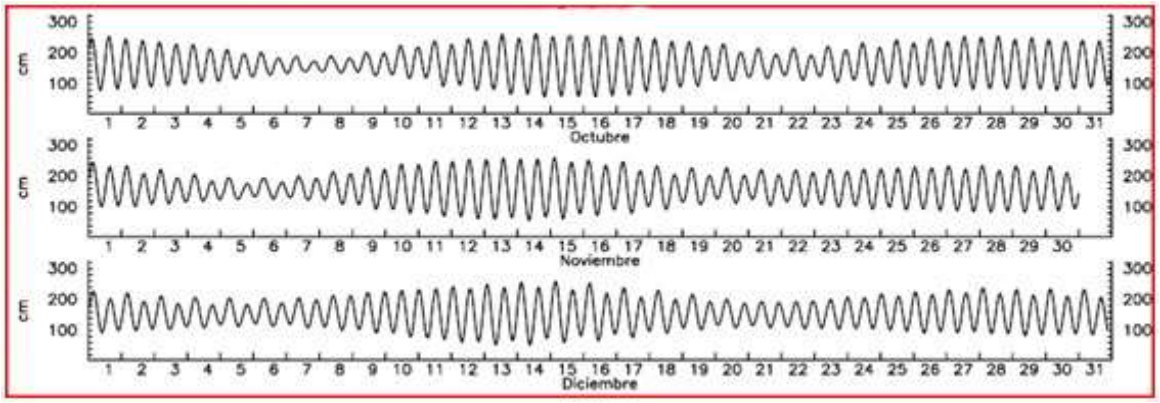


Figura 17. Ejemplo de registro de datos horarios durante el último trimestre de 2008 (Redmar).

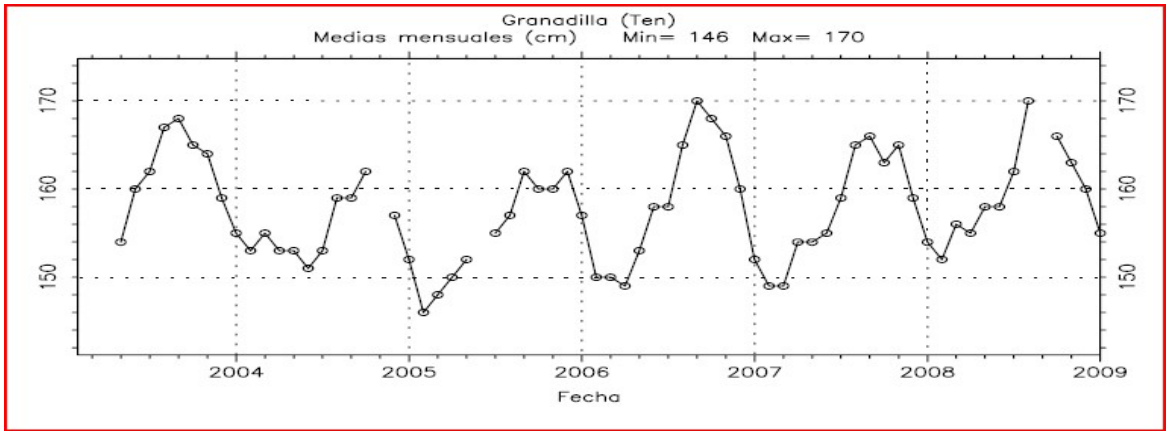


Figura 18. Histórico de medias mensuales 2004-2008, según el informe anual 2008 (Redmar).

7- Corrientes

En el litoral de Granadilla fluyen tres tipos de corrientes marinas:

- La corriente de Canarias, de ámbito oceánico y comportamiento anticiclónico en el Atlántico Norte, suele ser débil, inferior a 25 cm/s, en aguas abiertas, pero puede alcanzar un nudo (50 cm/seg) debido al estrangulamiento entre las islas, o llegar a 2 nudos con flujo sostenido de vientos.
- La corriente inducida (ciclónica) que transcurre desde Punta Rasca hasta Montaña Roja, originada por la conformación y orientación de la costa en este sector de la isla.
- Las corrientes de marea, que "corren hacia arriba" con la pleamar, y "hacia abajo" con la bajamar, siendo esta última de gran intensidad en los fondos someros de los salientes como la Punta del Camello, Punta de de Pelada y el frente de Montaña Roja, con velocidades que pueden superar los 60 cm/s (2,16 km/h).

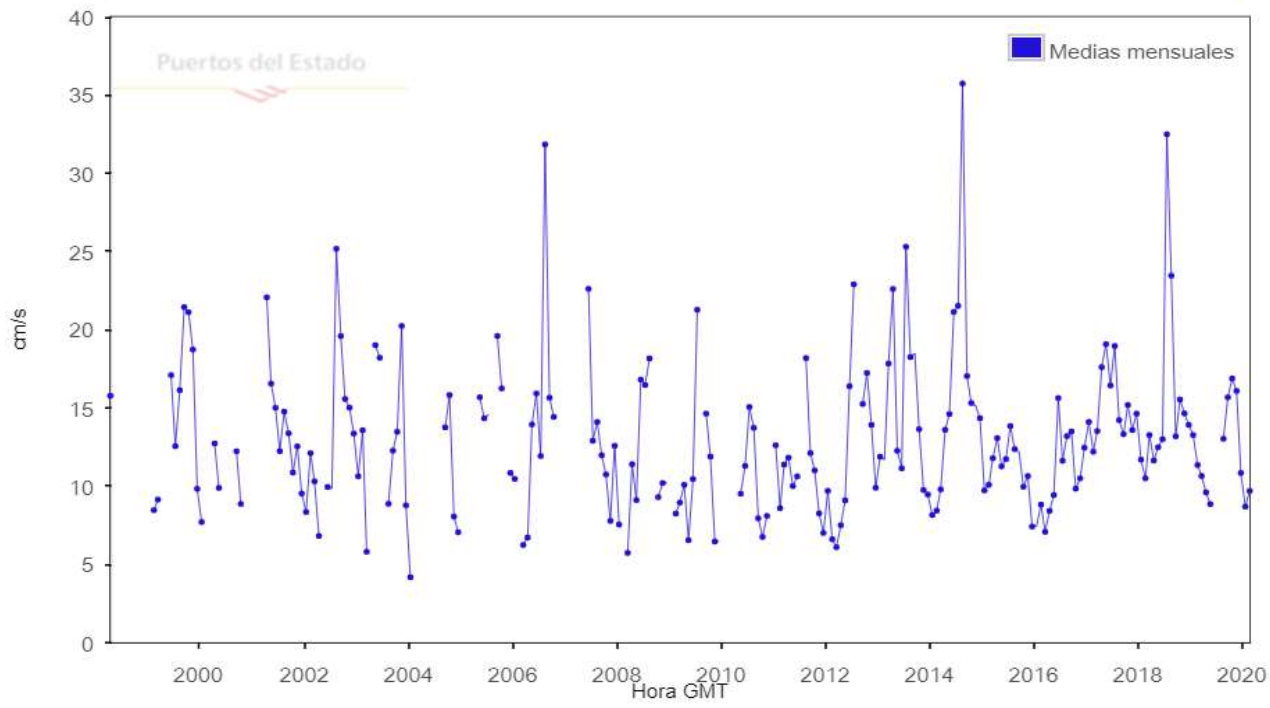


Figura 19. Velocidad media mensual (cm/seg) de la corriente del periodo abril 1998-febrero 2020 registrado por la boya "Tenerife Sur" de Puertos del Estado.

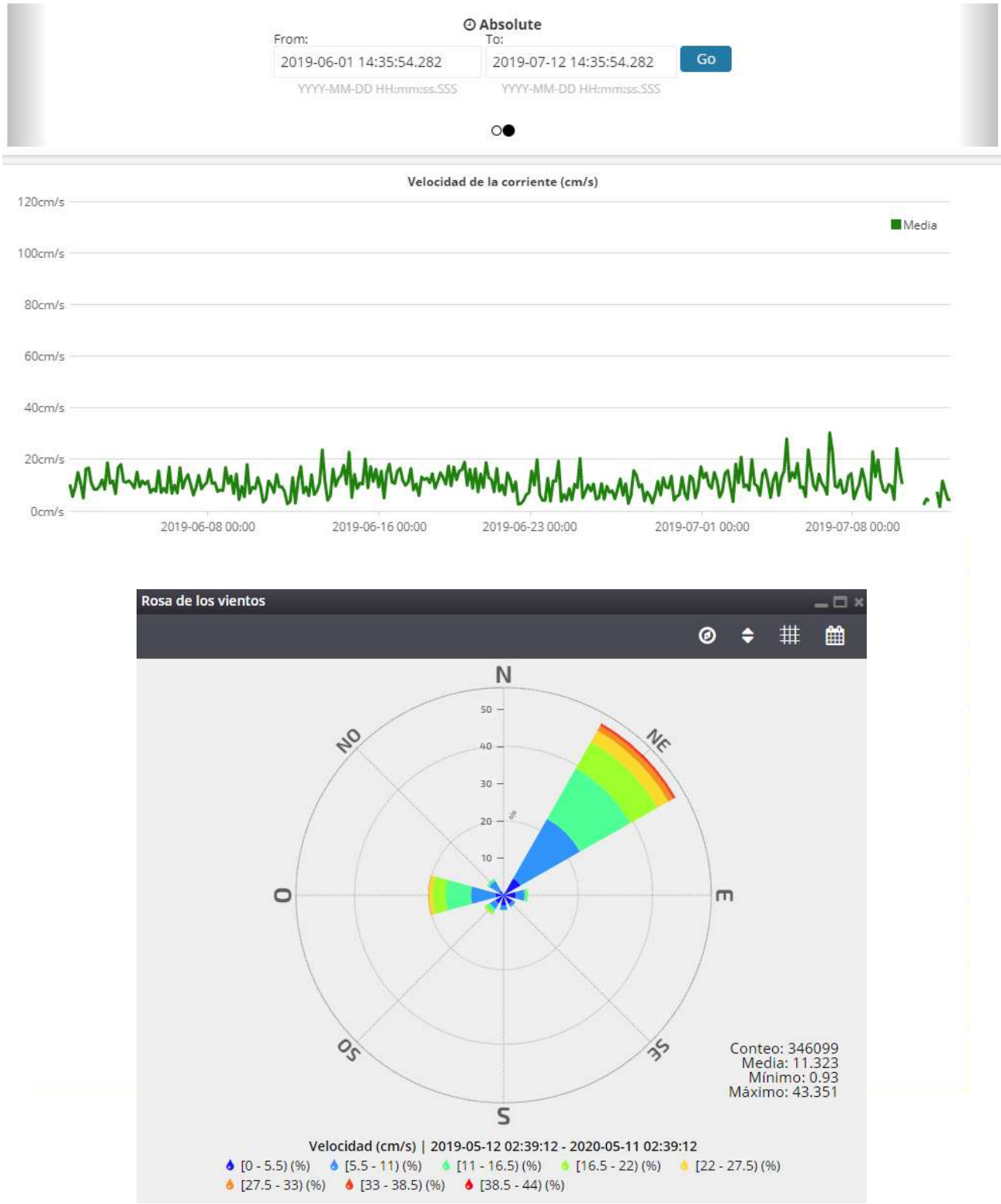


Figura 20. Ejemplo de los registros obtenidos del correntímetro de la boya y descargados a tiempo real en el visor de REDMIC (https://redmic.es/viewer/real-time) (2019-2020).

Las tres corrientes arriba mencionadas se combinan, pero la de marea se hace sentir particularmente en los primeros 20 metros de profundidad, y hace que la dirección cambie dos veces al día en consonancia con las mareas (el momento que dura la inversión es breve). En Granadilla, con ocasión de los estudios iniciales del puerto, se registraron, por ejemplo, valores máximos de corriente de 18 cm/s en dirección NE y 23 cm/s SW, pero de más de 39 cm/s a -25 m, donde ya no se producen inversiones de flujo (Hidtma[2]).

Debemos aquí hacer mención a los apartados de geodinámica litoral y anexos realizados por parte del OAG referente a la evolución de las corrientes en la zona. Dichos informes están disponibles en la web del OAG en el siguiente enlace: https://www.oag-fundacion.org/index.php/puerto/informesoag . Así mismo en los informes anuales de los años 2017 y 2018 se incluye los anexos 5.1 y 5.2 respectivamente donde se puede observar la evolución de los datos obtenidos por el ADP (Perfilador acústico de corrientes Doppler) fondeado en la estación TGr18 ubicada próxima a la playa de la Jaquita en el Médano a una cota aproximada de -18 m.

[2] Mediciones los días 19-14 de noviembre de 1998 con un correntímetro manual (Braystoke STS) y seguimiento de trayectorias de biplanos.

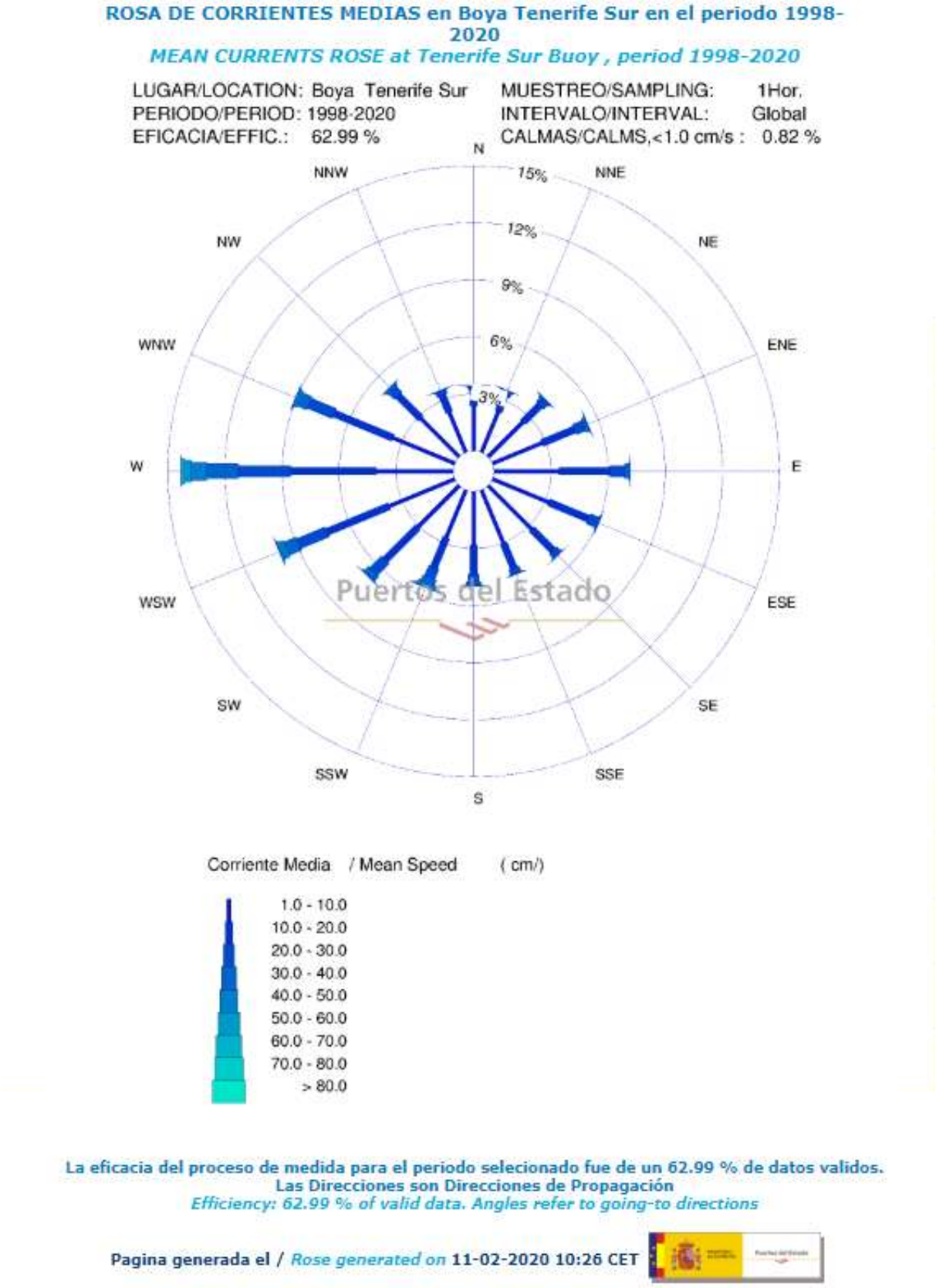


Figura 21. Rosa de velocidad media de la corriente (62,99% de datos válidos) del periodo abril 1998-febrero 2020 registrado por la boya "Tenerife Sur" de Puertos del Estado.

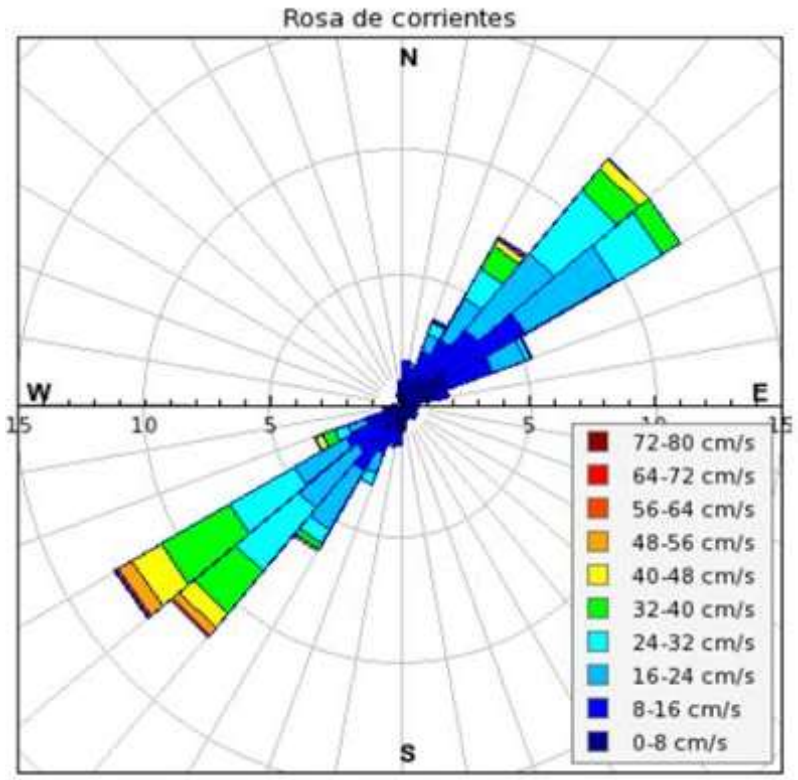


Figura 22. Rosa de velocidades de la corriente basada en valores medios (2.555 registros) durante 3,5 meses en Granadilla (boya del OAG situada sobre fondo de -14 m, a 430 m de la costa frente al ITER).

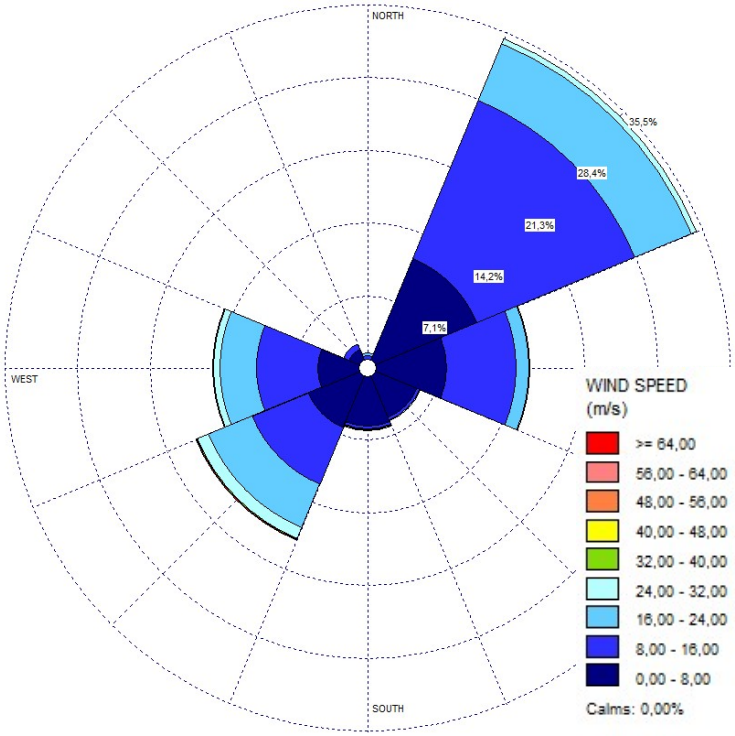


Figura 23. Rosa de velocidades de la corriente basada en valores medios (125090 registros) durante 2,5 años en Granadilla (boya del OAG situada sobre el fondo de -14 m, a 430 m de la costa frente al ITER).

De los valores obtenidos por la boya del OAG cada hora a un metro de profundidad, entre el 16-10-2010 y el 30-1-2011, se obtienen:

Velocidad media ponderada global =18,03 cm/s
Velocidad residual ponderada dirigida hacia el tercer cuadrante de 4,48 cm/s
Velocidad máxima registrada en el primer cuadrante = 70,15 cm/s
Velocidad máxima registrada en el tercer cuadrante = 70,12 cm7s

Cabe destacar que la obra del dique de abrigo finalizó el 22 de noviembre de 2016, día que se fondeó el último cajón.

Tabla 11. Velocidad de la corriente medida a -1m en la boya del OAG (3,5 meses, periodo 16-10-10 y 30-01-11). Antes de finalizar dique de abrigo.

Dirección	Cuadrante	Frecuencia	Velocidad media	Velocidad residual	Frecuencia
N	337,5º a 22,5º	5,69%	7,02 cm/s		
NE	22,5º a 67,5º	40,02%	18,70 cm/s		
E	67,5º a 112,5º	5,07%	5,93 cm/s		
SE	112,5º a 157,5º	2,63%	4,87 cm/s	1,44 cm/s	3,45%
S	157,5º a 202,5º	5,38%	8,35 cm/s	1,33 cm/s	11,07%
SW	202,5º a 247,5º	37,7%	23,82 cm/s	5,12 cm/s	77,72%
W	247,5º a 292,5º	2,67%	9,91 cm/s	3,98 cm/s	7,74%
NW	292,5º a 337,5º	0,82%	3,43 cm/s		

Tabla 12. Velocidad de la corriente medida a -1m en la boya del OAG (2,5 años, periodo 05-01-17 y 13-07-19). Posterior a finalización del dique de abrigo.

Dirección	Cuadrante	Frecuencia	Velocidad media
N	337,5º a 22,5º	0,64%	6,06 cm/s
NE	22,5º a 67,5º	34,62%	10,98 cm/s
E	67,5º a 112,5º	16,28%	8,25 cm/s
SE	112,5º a 157,5º	6,38%	4,64 cm/s
S	157,5º a 202,5º	6,44%	5,41 cm/s
SW	202,5º a 247,5º	18,47%	13,54 cm/s
W	247,5º a 292,5º	15,22%	11,06 cm/s
NW	292,5º a 337,5º	1,94%	4,48 cm/s

De los valores registrados por la boya del OAG cada hora a un metro de profundidad, entre el 05-01-2017 y el 13-07-2019, se obtiene una velocidad media ponderada global de 10,11 cm/s. Se observa, de forma general, una disminución de la velocidad media, principalmente en las direcciones más frecuentes (NE, SW y W).

Tal y como se comentó, en los informes anuales se muestran todos los datos referentes a las corrientes locales. Para el informe anual del 2019, actualmente en fase de redacción, se incluirá también un anexo con la evolución y datos históricos obtenidos.

8- Oleaje

La costa donde se ubica el puerto de Granadilla es un tramo bastante lineal de 18 km de largo entre la punta del Porís de Abona al NE y Montaña Roja al SW (ángulo 44º), en el sector meridional de la isla. En esta zona inciden tanto olas de viento como de fondo ("mar de leva"), dependiendo del cuadrante desde donde sople el viento.

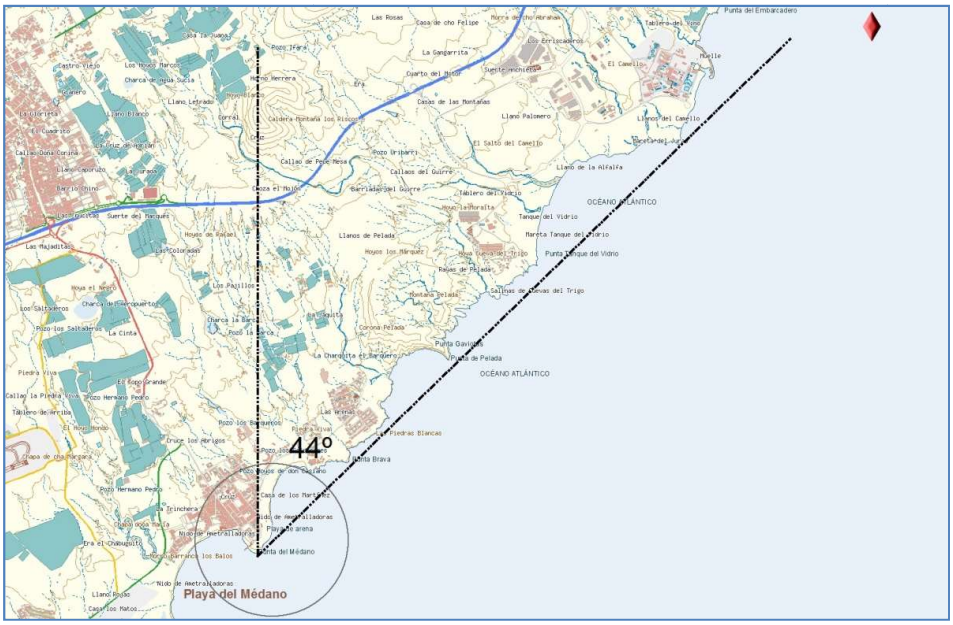


Figura 24. Disposición NE de la línea de costa. Rombo rojo = boya de oleaje "Granadilla".

- Del primer cuadrante: Los alisios inciden del NE-NNE con un ángulo de 0 a 20º sobre la alineación general de la costa. El tamaño de ola rara vez rebasa los 2,5 m de altura y es menor de la que se observa a barlovento de la isla, donde el macizo de Anaga no hace de pantalla. Por ello no existe una correspondencia entre la fuerza del viento registrada en Granadilla y la altura de ola esperada (4-6 m) con la fuerza del viento habitual, según las tablas de correspondencia para mar abierto y sin limitación del *fetch* (Figura 25). Este oleaje es el más frecuente (61%), sobre todo en verano, cuando el centro del anticiclón de las Azores se sitúa más próximo al archipiélago que le da nombre y los alisios son más estables. Incide en la costa de Granadilla básicamente desde el E con un ángulo de 46º grados (46%) o del ENE con ángulo de 24º (15%).
- Del segundo cuadrante, situación rara (8%) y con oleaje débil debido al efecto de pantalla que ejerce la isla de Gran Canaria.
- Del tercer cuadrante, con "tiempo sur" o de "levante" (24 %). Las olas llegan desde orígenes lejanos y pueden venir acompañadas de viento en el caso de temporales oceánicos, aunque son más frecuentes en estados de calma relativa. En aguas abiertas las olas de fondo apenas se notan (onda muy larga), pero cuando se acercan a la orilla disminuyen la velocidad al contactar con los fondos someros y aumenta notablemente en altura, pudiendo superar los 3 metros con la posibilidad de alterar el perfil y constitución granular de las playas. Con ocasión de las borrascas atlánticas pueden superar los 5 m.
- Del cuarto cuadrante. El viento incide en la costa desde tierra, frecuentemente racheado y genera olas pequeñas. El agua es desplazada hacia fuera y provoca un afloramiento local de capas más profundas; suele durar pocas horas, sobre todo por al atardecer.

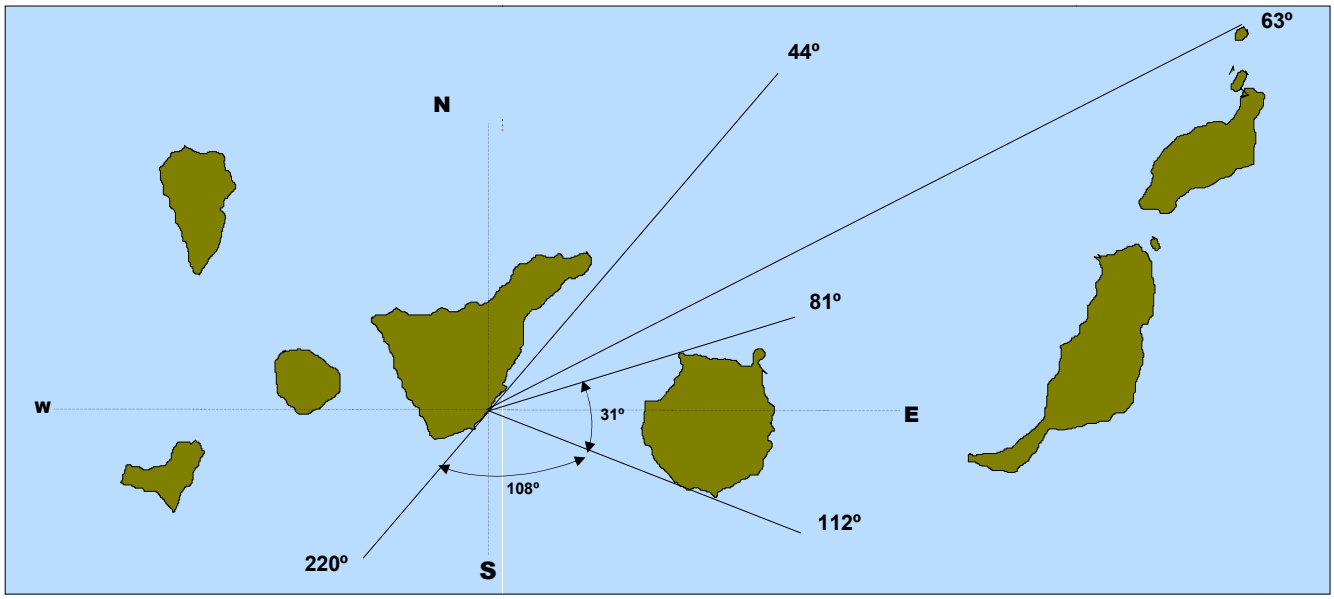


Figura 25. Exposición de Granadilla al oleaje (T. Cruz, 2010)

La Figura 27 y sucesivas aglutina las gráficas y datos obtenidos de la boya de Tenerife Sur propiedad de puertos del estado (http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx). Su ubicación y se características se muestran en la figura XX (círculo negro). La estación ubicada más al norte (rombo rojo) actualmente no está operativa y tuvo una vida operativa menor (06/2007 a 01/2014).

Figura 26. Datos generales de la Boya Tenerife Sur propiedad de Puertos del estado.

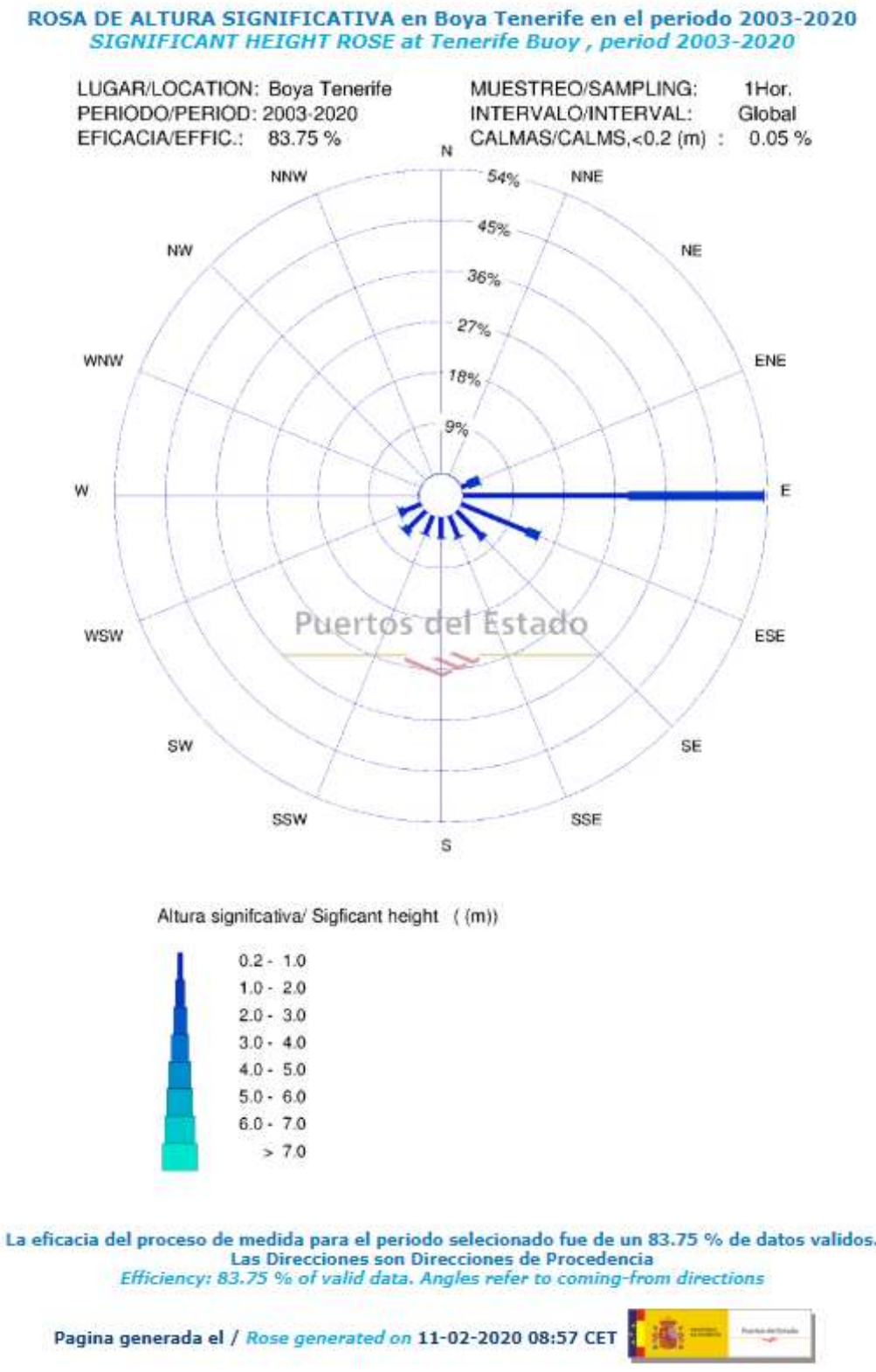


Figura 27. Rosa de oleaje (altura y dirección). Boya "Tenerife Sur", período mayo 2003-enero 2020, eficacia 83,75%. Puertos del Estado.

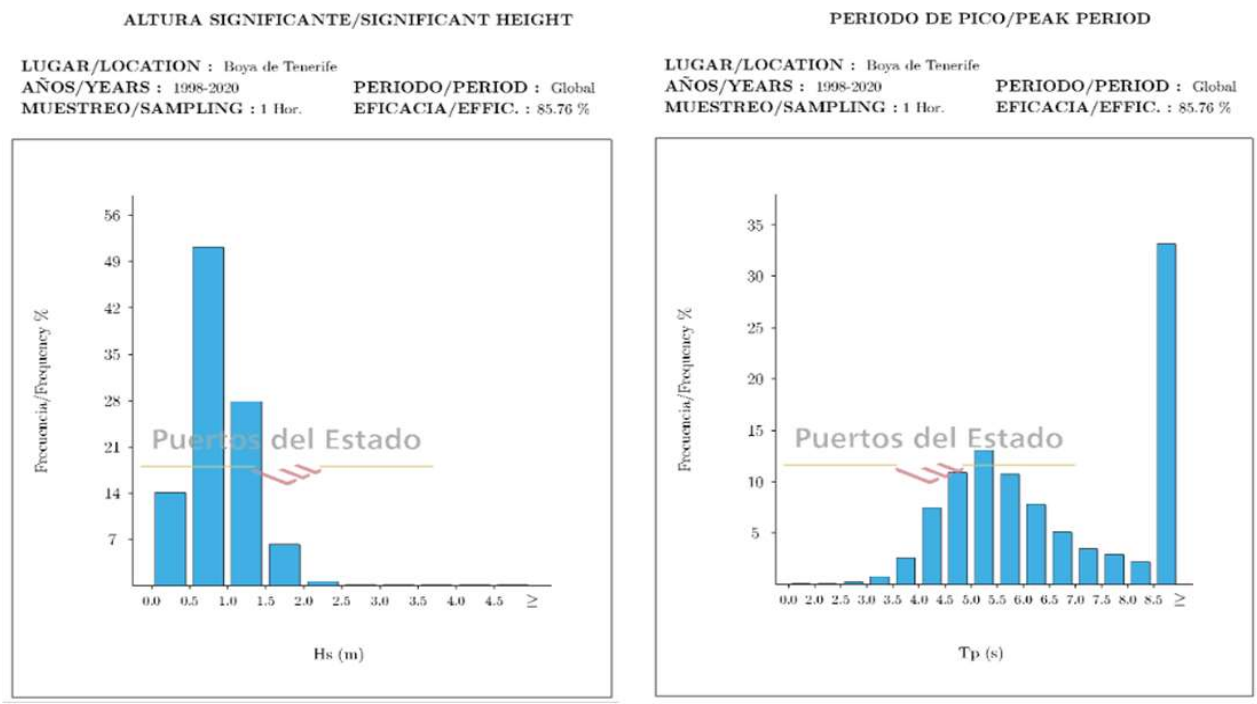


Figura 28. Distribución conjunta de altura y periodo de pico del oleaje. Estadística anual del período mayo 2003-enero 2020, eficacia 85,76%. Puertos del Estado.

La altura media significativa de la ola es de 0,90 m, y la máxima hasta Mayo de 2020 era de 3,9 m (registrada en febrero de 2010). La estación considerada (Tenerife Sur), al igual que el puerto de Granadilla, se encuentran parcialmente protegidas por la propia isla de Tenerife o la vecina de Gran Canaria. En la Figura 25 se señalan los sectores que quedan expuestos y los que no.

Tabla 13. Fuerza del viento en diversas estaciones próximas a la ubicación del puerto (altura del anemómetro sobre el nivel del suelo o el mar indicada en metros).

Escala de Beaufort	AEMET, Tenerife Sur 10 m (tierra)	AP, Granadilla 17 m (tierra)	ITER, Granadilla 30 m (tierra)	Boya del OAG 3 m (mar)
Fuerza 0	0,09%	pendiente	-	0,08%
Fuerza 1	0,59%		0,20%	3,41%
Fuerza 2	14,67%		24,75%	18,23%
Fuerza 3	25,85%		27,36%	29,52%
Fuerza 4	35,28%		25,79%	19,01%
Fuerza 5	19,73%		15,06%	15,09%
Fuerza 6	3,47%		5,71%	10,59%
Fuerza 7	0,31%		1,08%	3,53%
Fuerza 8	0,01%		0,05%	0,54%
Fuerza 9	-		-	-
Fuerza 10	-	-	-	-
Fuerza 11	-	-	-	-
Fuerza 12	-	-	-	-
Período	Julio 1987 a diciembre 2010	1998-2000	Enero 1997 a diciembre 2010	Octubre 2010 a enero 211
Posición	28º02'51"N 16º33'38"W	28°5'7"N 16°29'22"W	28°4' 17"N 16°30'48"W	28°3'40"N 16°30'32"W
Anemómetro	10 m (tierra)	17 m (tierra)	30 m (mar)	3 m (mar)

Tabla de correspondencias

Grados Douglas	**Designación del mar**	**Altura de las olas**	**Escala Beaufort**	**Designación**	**Velocidad del viento m/s**	**km/h**
0	Calma	0 m	**0**	Calma	0 - 0.2	< 1
1	Rizada	0 – 0,10 m	**1**	Ventolina	0.3 - 1.5	1 – 5
			2	Brisa muy débil	1.6 - 3.3	6 – 11
2	Marejadilla	0,10 – 0,50 m	**3**	Brisa débil	3.4 - 5.4	12 – 19
3	Marejada	0,50 – 1,25 m	**4**	Brisa moderada	5.5 - 7.9	20 – 28
4	Fuerte marejada	1,25 – 2,50 m	**5**	Brisa fresca	8.0 - 10.7	29 – 38
5	Gruesa	2,50 – 4,00 m	**6**	Brisa fuerte	10.8 - 13.8	39 – 49
6	Muy gruesa	4 – 6 m	**7**	Viento fuerte	13.9 - 17.1	50 – 61
7	Arbolada	6 – 9 m	**8**	Temporal	17.2 - 20.7	62 – 74
			9	Temporal fuerte	20.8 - 24.4	75 – 88
8	Montañosa	9 –14 m	**10**	Temporal duro	24.5 - 28.4	89 – 102
			11	Borrasca	28.5 - 32.6	103 – 117
9	Enorme	> 14 m	**12**	Huracán	> 32.7	> 118

9- Efectos del cambio climático

El cambio climático se describe como un fenómeno multiescalar, que requiere la combinación integrada de estrategias inmediatas de mitigación globales junto con medidas adaptativas regionales y locales a medio y largo plazo para minimizar sus efectos sobre las sociedades humanas (Comisión de las Comunidades Europeas, 2009).

Por la situación geográfica (proximidad al continente africano), las características físicas (insularidad) y por la biodiversidad que caracterizan al Archipiélago Canario, hacen de éste un lugar vulnerable a los actuales y futuros impactos del cambio climático.

Entre los factores que determinan las dimensiones probables de los efectos del cambio climático destacan:

- La lejanía de las Islas Canarias al continente europeo, lo que reduce la capacidad de reacción ante emergencias eventuales.
- La insularidad, que incrementa el déficit de accesibilidad, y los sobrecostes diferenciales, al tiempo que los probables efectos de la subida del nivel del mar.
- La latitud del archipiélago, donde aumenta el riesgo de fenómenos meteorológicos extremos.
- La cercanía de las islas al continente africano, ya que comporta una especial responsabilidad y directa implicación, al tratarse de una de las zonas geográficas que sufrirán más severamente los efectos del cambio climático.

Estos factores, junto con la dependencia de forma casi absoluta de sus recursos naturales y excepcional climatología, aumentan la vulnerabilidad del archipiélago canario, tanto en el aspecto económico como social y ambiental.

La mitigación y la adaptación son las dos acciones complementarias necesarias para luchar contra el cambio climático y sus efectos. Mientras que la mitigación actúa sobre las causas, a través de la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero requiriendo de una respuesta conjunta y coordinada a nivel internacional, la adaptación aborda la reducción o eliminación de los efectos adversos que produce el cambio climático, debiendo ser definidas e implementadas a nivel nacional o regional, pues los impactos y las vulnerabilidades son específicos de cada lugar.

Proyecciones según C3E (Universidad de Cantabria):

El visor *web* C3E (https://c3e.ihcantabria.com/) contiene gran parte de los resultados obtenidos en el proyecto "Cambio Climático en la Costa Española" financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en el marco de la Acción Estratégica de Energía y Cambio Climático, Plan Nacional. Exp. 200800050084091. Elaborado por la Universidad de Cantabria, C3E integra la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de los sectores, sistemas y recursos vulnerables al cambio climático en las zonas costeras.

El objetivo general de C3E es elaborar bases de datos y desarrollar metodologías y herramientas destinadas a la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad, e identificar las medidas de adaptación que pueden dar respuesta a las necesidades del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en las

zonas costeras, sobre una base científica, técnica y socio-económica, teniendo en cuenta la variabilidad del clima y el cambio climático presente y futuro.

El proyecto C3E proporciona los resultados de las principales dinámicas susceptibles de ser modificadas por el cambio climático como lo son la altura de ola, marea meteorológica y el viento entre otras, tanto en aguas profundas (dinámica marina), como en aguas someras (dinámica costera).

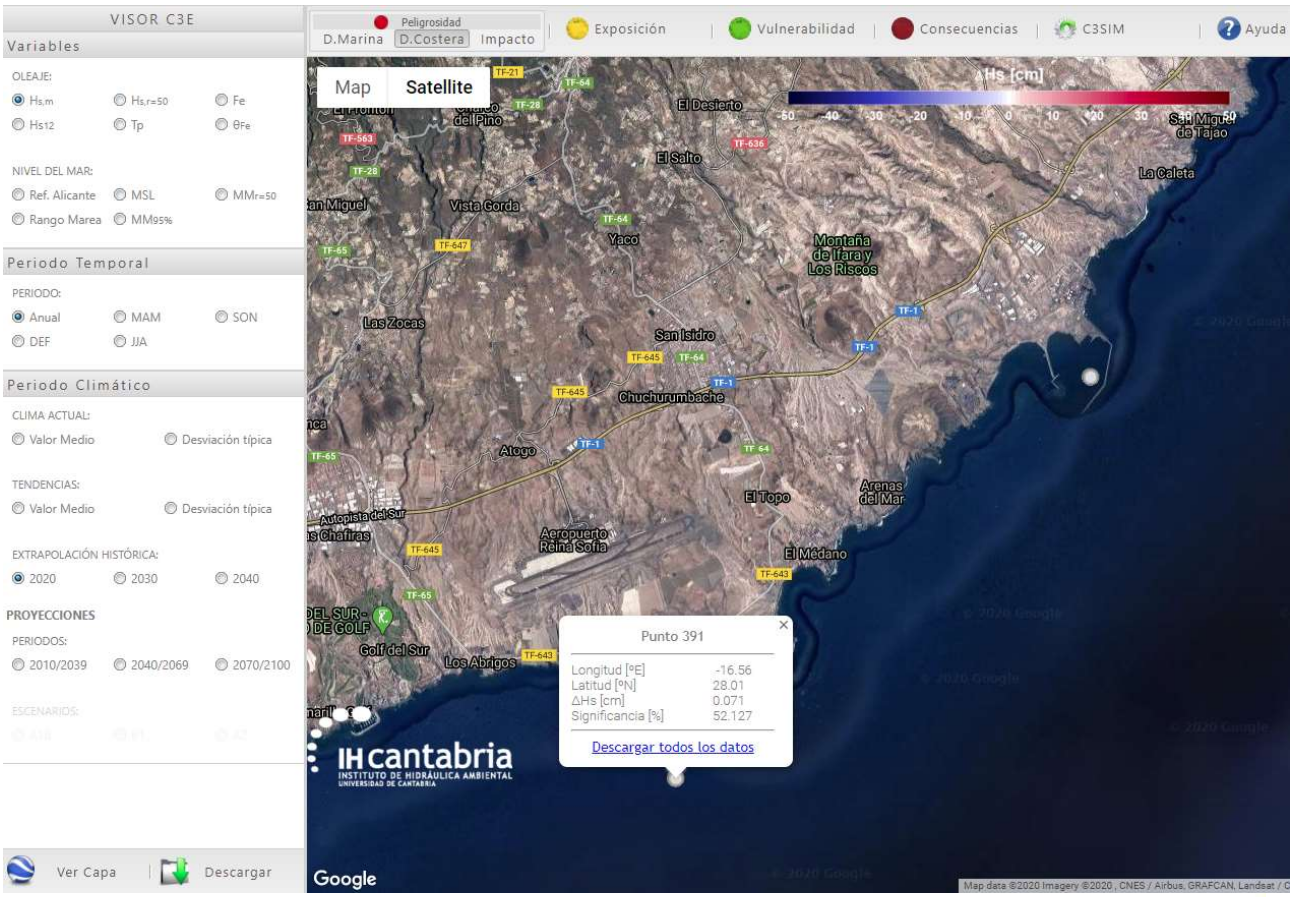


Figura 29. Detalle del visor C3E en la zona de estudio. Puntos 391 y 392.

En particular para la zona de estudio se han analizado los puntos 391 (proximidades de Montaña Roja) y 392 (justo en el puerto de Granadilla) generados por el modelo.

Punto 391 (exterior Montaña Roja). Valores actuales y proyecciones corto y largo plazo. Viento, oleaje, nivel del mar

Cambio Climático en la Costa Española

Punto	391		VALORES ANUALES													
Longitud:	-16.56															
Latitud:	28.01															
			Histórico				Proyecciones									
			Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100			
							B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
VIENTO	PW(W/m2)	media	302,543	-7,769	-9,619	-11,469	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	38,314	**-17,103**	**-21,175**	**-25,248**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OLEAJE	Hs (m)	media	0,82	0,001	0,001	0,001	0,005	**0,008**	**0,01**	**0,006**	**0,007**	0,01	0,005	**0,007**	**0,011**	
		desviación	0,045	**-0,025**	**-0,03**	**-0,036**	0,003	0,003	0,001	0,001	0	0,001	-0,001	0,001	0	
	Hs95% (m)	media	1,382	-0,008	-0,01	-0,012	0	-0,001	-0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,001	0,001	
		desviación	0,069	**-0,042**	**-0,052**	**-0,062**	0	0,001	-0,001	-0,001	-0,002	0	-0,002	0,001	-0,003	
	Hs12 (m)	media	2,22	0,036	0,045	0,054	**-0,095**	**-0,122**	**-0,174**	-0,046	-0,056	-0,056	-0,05	**-0,093**	**-0,122**	
		desviación	0,426	-0,041	-0,051	-0,061	0,004	0,003	-0,008	0,008	-0,002	-0,014	-0,003	**-0,029**	-0,028	
	Tp (s)	media	7,787	**0,43**	**0,533**	**0,635**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	0,345	0,064	0,079	0,094	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FE (kW/m)	media	1,281	-0,003	-0,004	-0,005	**0,063**	**0,084**	**0,115**	**0,05**	0,054	0,069	0,047	**0,075**	**0,1**	
		desviación	0,189	**-0,12**	**-0,148**	**-0,177**	0,022	0,019	0,007	0,008	0,007	0,004	-0,003	-0,003	-0,003	
	Dir FE (º)	media	88,611	**6,005**	**7,435**	**8,865**	**-1,368**	**-1,838**	**-2,786**	-1,06	-1,229	-1,556	-1,123	-1,994	-2,5	
		desviación	7,667	0,42	0,52	0,62	0,092	0,021	-0,641	-0,162	-0,401	-0,675	-0,303	-0,837	-0,971	
	Hs extremal (m)	Hs50	3,647	0,018	0,039	0,058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		umbral	1,914	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media escala Pareto	0,412	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv escala Pareto	0,066	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media Forma Pareto	-0,068	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv Forma Pareto	0,113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Media	2,814	**0,176**	**0,396**	**0,616**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Desv	0,426	0,076	0,173	0,272	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NIVEL DEL MAR	Referencia Alicante (cm)		37,542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rango marea (cm)		235,594	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSL (cm)	Media	3,312	**2,069**	**4,836**	**7,804**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	0,542	0	0,005	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MM95% (cm)	Media	1,385	**-1,054**	**-1,305**	**-1,556**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	0,974	-0,013	-0,017	-0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MM extremal (m)	MM50	0,173	-0,003	-0,009	-0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		umbral	0,066	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media escala Pareto	0,031	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv escala Pareto	0,005	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media Forma Pareto	-0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv Forma Pareto	0,086	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Media	1,163	**-0,162**	**-0,365**	**-0,568**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Desv	0,35	0,071	0,164	0,259	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Punto	391			CAMBIOS ABSOLUTOS			CAMBIOS RELATIVOS (%)		
Longitud:	-16.56								
Latitud:	28.01								
			Actual	2020	2030	2040	2020	2030	2040
INUNDACION COSTA	Cota de Inundación (m)	CI50	2,001	0,039	0,087	0,135	1,928	4,345	6,768
		umbral	1,42	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,165	**0,01**	**0,023**	**0,035**	**6,078**	**13,676**	**21,274**
		Desv escala Pareto	0,013	0,002	0,004	0,006	13,796	31,568	49,73
		Media Forma Pareto	-0,211	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,032	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	12,833	**0,978**	**2,201**	**3,424**	**7,624**	**17,153**	**26,682**
		Poisson Desv	0,951	0,166	0,378	0,594	17,483	39,807	62,453
PLAYAS	Retroceso por Nivel del Mar (m)	media	-	**0,734**	**1,716**	**2,769**	-	-	-
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Retroceso por cambio Dirección Oleaje (m/m.l.)	media	-	**0,053**	**0,065**	**0,078**	-	-	-
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Erosión/Acreción por Transporte Longitudinal Sedimento Marino (m3/año)	media	-16,062	1,273	1,576	1,879	-7,925	-9,812	-11,699
		desviación	8,429	-0,301	-0,352	-0,404	-3,569	-4,181	-4,793
	Cota de Inundación, Playas Disipativas (m)	CI50	2,756	0,062	0,139	0,217	2,247	5,061	7,88
		umbral	1,736	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,226	**0,012**	**0,026**	**0,041**	**5,162**	**11,615**	**18,068**
		Desv escala Pareto	0,019	0,003	0,006	0,01	13,807	31,934	50,7
		Media Forma Pareto	-0,117	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,044	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	12,26	**1,062**	**2,389**	**3,716**	**8,66**	**19,486**	**30,311**
		Poisson Desv	0,907	0,156	0,354	0,555	17,167	39,058	61,247
	Cota de Inundación, Playas pendiente 1/50 (m)	CI50	2,753	0,06	0,136	0,212	2,194	4,94	7,689
		umbral	1,74	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,226	**0,011**	**0,026**	**0,04**	**5,054**	**11,371**	**17,688**
		Desv escala Pareto	0,019	0,003	0,006	0,01	13,81	31,944	50,719
		Media Forma Pareto	-0,12	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,044	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	12,297	**1,078**	**2,427**	**3,775**	**8,771**	**19,734**	**30,697**
		Poisson Desv	0,905	0,155	0,353	0,553	17,126	38,962	61,094
	Cota de Inundación, Playas pendiente 1/20 (m)	CI50	3,305	0,077	0,173	0,269	2,327	5,236	8,148
		umbral	1,97	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,285	**0,014**	**0,031**	**0,048**	**4,759**	**10,707**	**16,655**
		Desv escala Pareto	0,026	0,004	0,008	0,013	14,194	32,882	52,261
		Media Forma Pareto	-0,1	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,045	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	11,131	**0,985**	**2,217**	**3,448**	**8,85**	**19,913**	**30,976**
		Poisson Desv	0,858	0,147	0,334	0,523	17,084	38,865	60,94
	Cota de Inundación, Playas pendiente 1/10 (m)	CI50	4,562	0,105	0,237	0,368	2,312	5,192	8,066
		umbral	2,493	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,372	**0,014**	**0,032**	**0,05**	**3,81**	**8,573**	**13,336**
		Desv escala Pareto	0,039	0,006	0,013	0,021	14,778	34,276	54,51
		Media Forma Pareto	-0,036	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,051	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	9,921	**0,893**	**2,01**	**3,126**	**9,004**	**20,259**	**31,513**
		Poisson Desv	0,805	0,137	0,311	0,488	17,003	38,677	60,642

OBRAS MARITIMAS	Rebase por cambio el el nivel del mar (l/s)	media	28,119	**1,127**	**2,634**	**4,25**	**4,007**	**9,367**	**15,115**
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Rebase por cambio en el oleaje (l/s)	media	28,119	2,664	3,299	3,933	9,475	11,731	13,988
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Estabilidad limitada por fondo (Nivel del Mar) (t)	media	4,622	**0,029**	**0,067**	**0,108**	**0,621**	**1,451**	**2,341**
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Estabilidad limitada por no rotura (Oleaje) (t)	media	4,622	0,068	0,147	0,221	1,469	3,182	4,773
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Nº horas Parada Operativa (Hs>3m)	media	1,985	0	0	0	0	0	0
		desviación	6,798	0	0	0	0	0	0
DUNAS	Retroceso (m)	media	-	**-4,382**	**-3,917**	**0**	-	-	-
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Transporte potencial Arena	media	-	-	-	-	-2,568	-3,179	-3,791
		desviación	-	-	-	-	-	-	-

*	Los valores Medios de Mean Sea Level están referidos al año 1998 (cero de Alicante)		
**	La fiabilidad (incertidumbre) de los resultados se representa por colores:		
	+0.5	Muy probable	>95%
	+0.11	Fiable	[90,95]
	+0.01	Poco fiable	<90%

Punto 392 (Puerto de Granadilla). Valores actuales y proyecciones corto y largo plazo. Viento, oleaje, nivel del mar

Cambio Climático en la Costa Española

Punto	392		VALORES ANUALES												
Longitud:	-16.49														
Latitud:	28.07														
			Histórico				Proyecciones								
			Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100		
							B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2
VIENTO	PW(W/m2)	media	446,181	-39,696	-49,147	-58,598	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	61,848	-32,747	-40,544	-48,341	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLEAJE	Hs (m)	media	0,896	-0,014	-0,018	-0,021	0,013	0,019	0,027	0,013	0,013	0,019	0,011	0,018	0,026
		desviación	0,061	-0,036	-0,044	-0,053	0,006	0,006	0,002	0,001	0,001	0,002	-0,002	0,002	0
	Hs95% (m)	media	1,629	-0,04	-0,049	-0,059	0,008	0,012	0,014	0,01	0,011	0,015	0,011	0,014	0,018
		desviación	0,106	-0,096	-0,119	-0,142	0,003	0,002	0	0	0	0,002	-0,001	0,003	-0,001
	Hs12 (m)	media	2,291	0,105	0,13	0,155	0,015	0,014	0,013	0,011	0,014	0,019	0,017	0,013	0,014
		desviación	0,229	0,065	0,081	0,097	0,002	0,002	-0,003	-0,002	0,003	0	-0,001	0	-0,003
	Tp (s)	media	6,945	0,297	0,368	0,439	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,253	0,063	0,078	0,093	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FE (kW/m)	media	1,826	-0,083	-0,103	-0,122	0,071	0,103	0,142	0,065	0,071	0,097	0,061	0,097	0,136
		desviación	0,32	-0,246	-0,304	-0,362	0,031	0,029	0,011	0,01	0,007	0,01	-0,005	0,007	-0,001
	Dir FE (º)	media	63,963	2,661	3,295	3,928	-0,307	-0,53	-0,825	-0,255	-0,328	-0,445	-0,264	-0,573	-0,831
		desviación	2,547	-0,343	-0,424	-0,506	0,064	0,021	-0,064	-0,054	-0,115	-0,146	-0,067	-0,097	-0,161
	Hs extremal (m)	Hs50	3,479	0,093	0,21	0,327	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		umbral	2,126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,327	0,023	0,051	0,079	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv escala Pareto	0,065	0,01	0,023	0,036	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media Forma Pareto	-0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	2,38	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Poisson Desv	0,198	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NIVEL DEL MAR	Referencia Alicante (cm)		38,206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rango marea (cm)		239,653	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MSL (cm)	Media	3,289	2,061	4,822	7,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,537	0	0,005	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM95% (cm)	Media	1,385	-1,054	-1,305	-1,556	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,974	-0,013	-0,017	-0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM extremal (m)	MM50	0,173	-0,003	-0,009	-0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		umbral	0,066	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,031	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv escala Pareto	0,005	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media Forma Pareto	-0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,086	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	1,163	-0,162	-0,365	-0,568	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Poisson Desv	0,35	0,071	0,164	0,259	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Punto	392			CAMBIOS ABSOLUTOS			CAMBIOS RELATIVOS (%)		
Longitud:	-16.49								
Latitud:	28.07								
			Actual	2020	2030	2040	2020	2030	2040
INUNDACION COSTA	Cota de Inundación (m)	CI50	1,948	0,022	0,049	0,076	1,119	2,518	3,917
		umbral	1,484	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,15	0,006	0,014	0,022	4,275	9,618	14,961
		Desv escala Pareto	0,01	0,001	0,003	0,005	13,257	30,949	49,473
		Media Forma Pareto	-0,264	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,033	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	12,405	0,883	1,987	3,091	7,12	16,021	24,921
		Poisson Desv	0,925	0,161	0,366	0,575	17,387	39,62	62,195
PLAYAS	Retroceso por Nivel del Mar (m)	media	-	0,748	1,75	2,828	-	-	-
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Retroceso por cambio Dirección Oleaje (m/m.l.)	media	-	0,023	0,029	0,034	-	-	-
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Erosión/Acreción por Transporte Longitudinal Sedimento Marino (m3/año)	media	-66,808	6,536	8,108	9,68	-9,784	-12,136	-14,489
		desviación	11,907	-9,7	-11,839	-13,978	-81,462	-99,426	-117,39
	Cota de Inundación, Playas Disipativas (m)	CI50	2,553	0,029	0,065	0,101	1,135	2,553	3,97
		umbral	1,763	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,179	0,005	0,012	0,019	3,058	6,881	10,703
		Desv escala Pareto	0,015	0,002	0,005	0,008	14,071	32,536	51,64
		Media Forma Pareto	-0,126	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,035	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	12,602	0,766	1,724	2,681	6,079	13,677	21,275
		Poisson Desv	0,952	0,168	0,383	0,602	17,651	40,248	63,208
	Cota de Inundación, Playas pendiente 1/50 (m)	CI50	2,554	0,03	0,067	0,104	1,163	2,617	4,07
		umbral	1,764	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,182	0,006	0,013	0,02	3,164	7,119	11,074
		Desv escala Pareto	0,015	0,002	0,005	0,008	14,031	32,434	51,47
		Media Forma Pareto	-0,131	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,034	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	12,547	0,761	1,712	2,663	6,065	13,646	21,227
		Poisson Desv	0,95	0,168	0,382	0,6	17,644	40,232	63,183
	Cota de Inundación, Playas pendiente 1/20 (m)	CI50	2,755	0,037	0,084	0,131	1,359	3,061	4,765
		umbral	1,949	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,206	0,008	0,019	0,03	4,11	9,248	14,386
		Desv escala Pareto	0,016	0,002	0,005	0,008	13,808	31,821	50,389
		Media Forma Pareto	-0,17	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,035	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	12,341	0,769	1,731	2,693	6,235	14,029	21,823
		Poisson Desv	0,938	0,165	0,376	0,591	17,6	40,13	63,02
	Cota de Inundación, Playas pendiente 1/10 (m)	CI50	4,142	0,013	0,028	0,043	0,313	0,686	1,039
		umbral	2,386	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,264	0	0	0	0	0	0
		Desv escala Pareto	0,016	0	0	0	0	0	0
		Media Forma Pareto	0,014	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,042	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	11,677	0,538	1,21	1,882	4,605	10,361	16,117
		Poisson Desv	0,933	0,167	0,382	0,6	17,906	40,871	64,23

OBRAS MARITIMAS	Rebase por cambio el el nivel del mar (l/s)	media	29,483	**1,14**	**2,668**	**4,31**	**3,867**	**9,049**	**14,619**
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Rebase por cambio en el oleaje (l/s)	media	29,483	7,831	9,695	11,56	26,56	32,884	39,208
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Estabilidad limitada por fondo (Nivel del Mar) (t)	media	4,01	**0,025**	**0,058**	**0,094**	**0,618**	**1,447**	**2,337**
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Estabilidad limitada por no rotura (Oleaje) (t)	media	4,01	0,323	0,727	1,131	8,057	18,128	28,199
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Nº horas Parada Operativa (Hs>3m)	media	0,393	0	0	0	0	0	0
		desviación	1,865	0	0	0	0	0	0
DUNAS	Retroceso (m)	media	-	**-4,432**	**-3,952**	**0**	-	-	-
		desviación	-	-	-	-	-	-	-
	Transporte potencial Arena	media	-	-	-	-	**-8,897**	**-11,015**	**-13,133**
		desviación	-	-	-	-	-	-	-

*	Los valores Medios de Mean Sea Level están referidos al año 1998 (cero de Alicante)		
**	La fiabilidad (incertidumbre) de los resultados se representa por colores:		
	+0.5	Muy probable	>95%
	+0.11	Fiable	[90,95]
	+0.01	Poco fiable	<90%

Los datos recogidos en las tablas expuestas, proceden de diversas fuentes. Se explica a continuación el significado de siglas mostradas y sus unidades:

Oleaje: los datos de olaje en aguas profundas proceden de la base de datos GOW desarrollada por IH Cantabria (Reguero et al., 2012).

- Hs,m: altura de ola significante media.
- Hs95%: altura de ola correspondiente al percentil del 95%.
- Hs,r=50: cuantil de altura de ola asociado a 50 años de período de retorno.
- Tp: período de pico.
- Fe: flujo medio de energía.
- Dir. FE (º): dirección del flujo medio de energía.

Viento: los datos de viento provienen de la base de datos SeaWind-NCEP desarrollada por el IH Cantabria (Menéndez *et al.*, 2013).

- Pw: potencia eólica

Nivel del mar: los datos de nivel medio del mar proceden de la base de datos de *Church and White* (2011) mientras que los de marea meteorológica proceden de la base de datos GOS desarrollada por IH Cantabria (Abascal *et al.*, 2010).

- MSL: nivel medio del mar.
- MM95%: marea meteorológica correspondiente al percentil del 95%
- MMr=50: cuantil de marea meteorológica correspondiente a 50 años de período de retorno.

Inundación de la costa:

- Cota de inundación (r=50): cuantil de cota de inundación correspondiente a 50 años de periodo de retorno (m).

Efecto en playas:

- Retroceso (cambio nivel del mar): retroceso en playas debido a la subida del nivel del mar aplicando la formulación de *Bruun* (m).
- Retroceso (cambio dirección FE): retroceso en playas debido al cambio en la dirección del oleaje, y por lo tanto en el flujo medio de energía (FE) (cm/ml).
- Transporte de sedimento: erosión o acreción en playas por cambios en el transporte longitudinal de sedimento marino aplicando la formulación del CERC (m^3/año).

- Cota de inundación playas disipativas (r=50): cuantil de cota de inundación en playas correspondiente a 50 años de período de retorno (m).

Obras Marítimas:

- Rebase por nivel del mar: variación en el caudal de rebase sobre dique vertical debido por la subida del nivel del mar (l/s).
- Rebase por oleaje: variación en el caudal de rebase sobre dique vertical debido al cambio en la altura de ola (l/s).
- Estabilidad por nivel del mar: variación en el peso de las piezas de dique en talud debido a la subida del nivel del mar (Tm). Valores positivos implican la necesidad de aumentar en el tamaño de las piezas para mantener la estabilidad de diseño.
- Estabilidad por oleaje: variación en el peso de las piezas de dique en talud debido al cambio en la altura de ola (Tm). Valores positivos implican la necesidad de aumentar en el tamaño de las piezas para mantener la estabilidad de diseño.
- Operatividad: variación en el número de horas al año en que la altura de ola significante es mayor o igual a 3 m (horas). Este indicador de operatividad hace referencia a la navegabilidad en la bocana (ROM3.1), de manera que cuando se superan 3 m de Hs el puerto quedaría cerrado. Valores positivos del indicador implican mayor número de horas de cierre del puerto y, por lo tanto, pérdida de operatividad.

Dunas:

- Transporte Sedimento: cambios en el transporte potencial de arena por variación en la magnitud de los vientos (%).

Destacar que en base a la información histórica se puede obtener el clima actual y las tendencias observadas en el período 1948-2008 (tanto de la media de la variable como de su desviación típica). Los valores de las dinámicas estimados al siglo XXI (en este caso solo la media de las variables) pueden obtenerse mediante dos aproximaciones distintas: la extrapolación histórica de la tendencia a corto/medio plazo (a los años 2020, 2030 y 2040) o las proyecciones para los escenarios de cambio climático A2, A1B y B1 para los períodos 2010/2039, 2040/2069 y 2070/2100.

Observando los datos obtenidos, tanto de la información histórica existente, como las de estimaciones a largo plazo que emite el modelo, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Aumento del nivel medio del mar (MSL) (en ambos puntos en estudio en torno a 7,5 cm en la carrera de marea).

- Ligero aumento de la altura de la ola media (Hsm).

- Respecto a la variación en la dirección del flujo medio de energía (Dir. FE (º)): para el caso del punto 391 (exterior Montaña Roja) se observa, a largo plazo, variaciones de -2,5 grados. Actualmente la media es de 88,61º, por lo que se pasaría a un valor de 86,11º. Respecto al punto 392 (Puerto de Granadilla) se prevé a largo plazo variaciones de 0,831º. En estos momentos la media del flujo medio es 63,963º, por lo que pasaría a 63,132º. Es llamativa la diferencia observada en ambos puntos, a pesar de la cercanía entre ellos.

- Aumento de la cota de inundación (CI50) en torno a 13,5 cm para el caso del punto 391 (Montaña Roja) y de 7,6 cm para el caso del punto 392 (Puerto de Granadilla).

Los resultados mostrados en este visor deben considerarse como una primera aproximación y deben interpretarse con cautela teniendo en cuenta las siguientes limitaciones:

1. Incertidumbres asociadas a las proyecciones de las dinámicas.

2. Limitaciones derivadas de la resolución espacial de las bases de datos y especialmente de la resolución vertical del modelo digital del terreno.

3. Limitaciones derivadas de posibles homogeneidades o distribución espacial en las bases de datos de población, indicadores económicos.

4. Las capas de vulnerabilidad corresponden a datos históricos, por tanto, no se han considerado proyecciones para diferentes escenarios socio económicos.

5. Limitaciones derivadas de la simplificación en el modelo de impacto. Muchas de estas limitaciones pueden superarse haciendo estudios de alta resolución para tramos específicos de la costa, tal y como se describe en el documento resumen del proyecto.

En Santa Cruz de Tenerife, a 03 de Junio de 2020

Firmado: Firmado:

D. Víctor Barrios Padilla
Unidad técnica del OAG

Dr. Jose Mª Espinosa Gutiérrez
Unidad Técnica OAG

ANEXO III:

Actualización del análisis de la corriente en la estación TGr18 (La Jaquita). El Médano.

ACTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA CORRIENTE EN LA ESTACIÓN DE MUESTREO TGR18 (LA JAQUITA). EL MÉDANO

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 4 periodos correlativos correspondientes a:

- Primer fondeo del perfilador que abarca desde el 13/09/17 al 31/01/18 (140 días), denominado primer periodo[1].
- Segundo fondeo del perfilador que abarca desde el 31/01/18 al 02/08/18 (184 días), denominado segundo periodo.
- Tercer fondeo del perfilador que abarca desde el 02/08/18 al 11/01/19 (163 días), denominado tercer periodo.
- Cuarto fondeo del perfilador que abarca desde el 11/01/19 al 05/09/19 (238 días), denominado cuarto periodo.

	Inicio fondeo ADP	Fin del fondeo ADP	Días fondeado
Virado1	13/09/2017	31/01/2018	140
Virado 2	31/01/2018	02/08/2018	183
Virado3	02/08/2018	11/01/2019	162
Virado4	11/01/2019	05/09/2019	237
		Total	722

El mismo día 05/09/19 se realizó el cambio de baterías y se volvió a fondear el ADP en el mismo punto. Actualmente disponemos de un periodo de medición en continuo de 722 días, desde el 13/09/2017 al 05/09/2019.

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 (722 días), así como los datos mensuales obtenidos. A medida que se vayan obteniendo mayores series temporales se irán comparando y añadiendo al análisis.

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 N28º 2'46.78"N y 16º 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: ±0,1 cm/s
- Exactitud: ±1% de la velocidad medida, ±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: 0,1º cabecero, balanceo e inclinación
- Exactitud: ±2º cabecero, ±1º balanceo e inclinación

La temperatura del agua es medida con una exactitud de ±0,1ºC 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 ±0,1 del fondo de escala[2].

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 25º del eje vertical, y espaciado a 120º 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.

Figura 2: Perfilador Sontek ADP 500Khz

[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)

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.

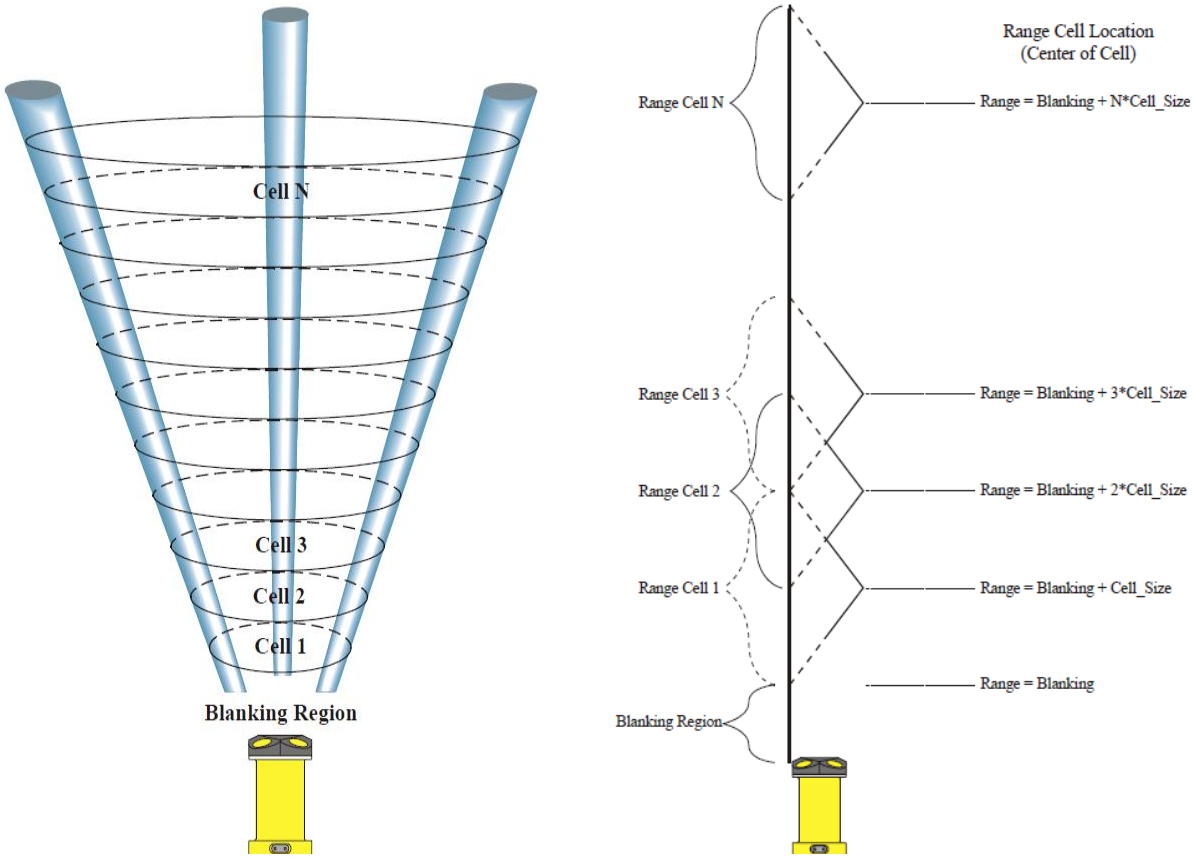


Figura 3. Izquierda: estructuración en celdas de las medidas del ADP y región de sombra. Derecha: rango de las distintas celdas

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. Asimismo, el cuarto virado no se pudo realizar hasta pasados 238 días. De nuevo, las baterías duraron todo el periodo transcurrido. 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 05 de septiembre de 2019 se aprovechó el buen estado de la mar para recuperar el perfilador por cuarta vez, un total de 34550 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, 8.766 perfiles del virado 2, 7729 perfiles del virado 3 y 11364 perfiles del virado cuatro. Es decir un total de 34550 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.

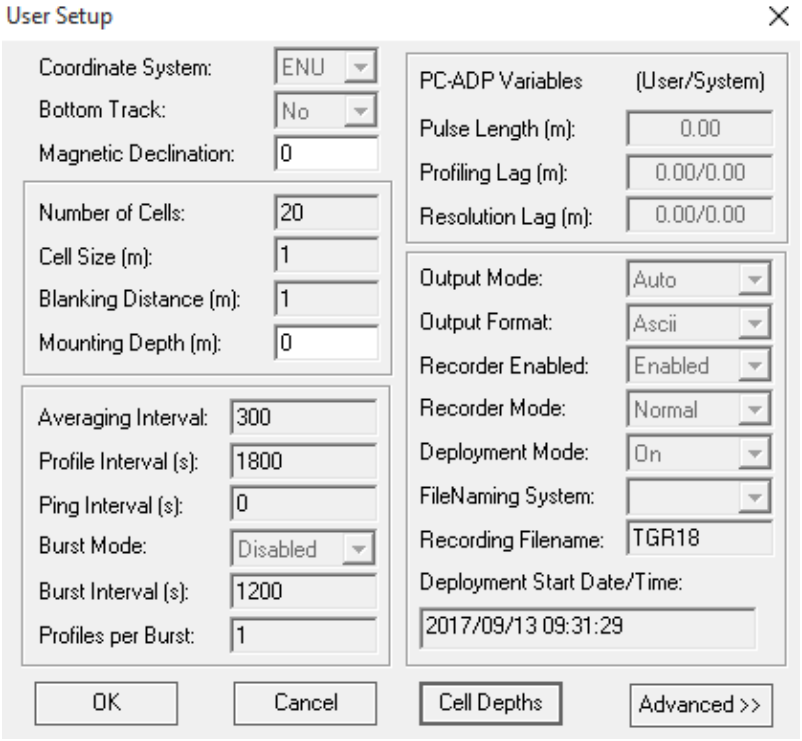


Figura 4. Planilla de configuración de los perfiladores

Cálculo del perfil hidrodinámico

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

7,5] m y la celda 13 con el [14,5- 15,5] m, siempre desde cabeza transductora de los ADP. La capa 13 es la capa límite donde el rango de marea no afecta a la toma de datos.
En este análisis se ha dividido el dominio de orientaciones en 18 sectores de 20º 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.

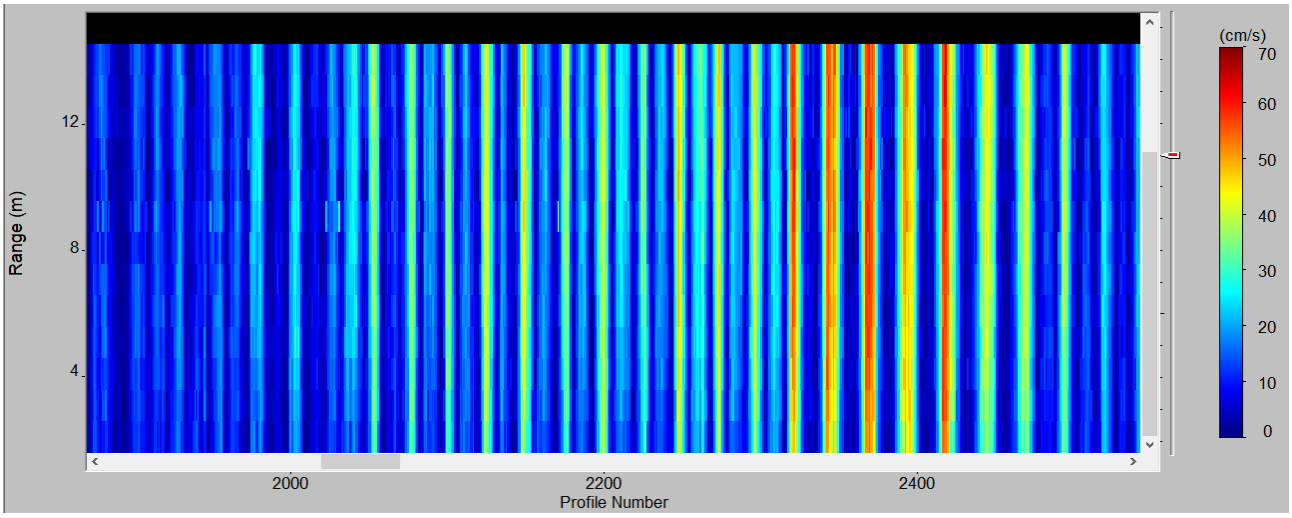


Figura 5. Ejemplo de evolución de la velocidad de la corriente en cm/s para un periodo de tiempo determinado, en la estación TGr-18

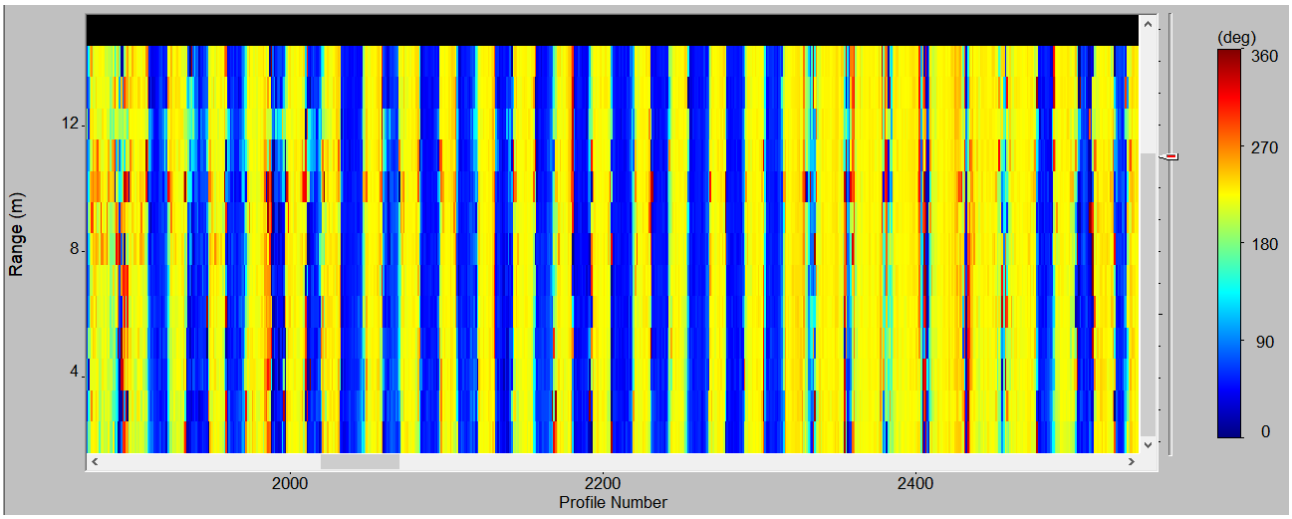


Figura 6. Ejemplo de la evolución de la dirección de la corriente en grados para un periodo de tiempo determinado en la estación TGr 18

Las tablas 1 a 5 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) mínimo	1er Cuartil (cm/s)	3 er Cuartil (cm/s)
Celda 1	13	14,99	69,00	0,0	6,7	20,8
Celda 2	12	15,54	70,60	0,1	6,9	21,7
Celda 3	11	16,13	73,80	0,1	7,1	22,6
Celda 4	10	16,65	76,10	0,0	7,2	23,5
Celda 5	9	17,04	77,80	0,0	7,4	24,1
Celda 6	8	17,34	78,90	0,0	7,5	24,7
Celda 7	7	17,57	79,50	0,1	7,6	25,1
Celda 8	6	17,74	80,10	0,0	7,5	25,4
Celda 9	5	17,88	80,90	0,0	7,5	25,8
Celda 10	4	18,02	81,20	0,0	7,5	26,0
Celda 11	3	18,23	81,00	0,1	7,6	26,3
Celda 12	2	18,40	80,70	0,0	7,8	26,4
Celda 13	1	18,51	80,80	0,0	7,9	26,6

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	1er 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

Tabla 4. Estadísticos de las series de velocidades del ADP ubicado en la TGr-18 (Jaquita). Tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

Capas	Profundidad aproximada(m)	Vel (cm/s) promedio	Vel (cm/s) máximos	Vel (cm/s) mínimo	1er Cuartil (cm/s)	3 er Cuartil (cm/s)
Celda 1	13	15,09	66,8	0	6,9	20,8
Celda 2	12	15,69	69,3	0,1	7,1	21,7
Celda 3	11	16,29	73,8	0,1	7,2	22,6
Celda 4	10	16,8	72,3	0	7,4	23,6
Celda 5	9	17,18	72,7	0	7,5	24,2
Celda 6	8	17,46	74	0	7,6	24,7
Celda 7	7	17,66	75,3	0,1	7,7	25,1
Celda 8	6	17,81	74,7	0	7,6	25,4
Celda 9	5	17,92	77,1	0	7,5	25,7
Celda 10	4	18,05	76,5	0	7,5	26
Celda 11	3	18,28	76,7	0,1	7,7	26,2
Celda 12	2	18,46	76,9	0,1	7,9	26,4
Celda 13	1	18,58	77,5	0	8	26,6

Tabla 5. Estadísticos de las series de velocidades del ADP ubicado en la TGr-18 (Jaquita). Cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

Capas	Profundidad aproximada(m)	Vel (cm/s) promedio	Vel (cm/s) máximos	Vel (cm/s) mínimo	1er Cuartil (cm/s)	3 er Cuartil (cm/s)
Celda 1	13	14,79	69	0,1	6,3	20,9
Celda 2	12	15,23	70,6	0,1	6,5	21,6
Celda 3	11	15,81	73,5	0,1	6,7	22,5
Celda 4	10	16,33	76,1	0,2	7	23,2
Celda 5	9	16,76	77,8	0,1	7,1	24
Celda 6	8	17,11	78,9	0,1	7,3	24,6
Celda 7	7	17,38	79,5	0,1	7,4	25
Celda 8	6	17,6	80,1	0,1	7,4	25,4
Celda 9	5	17,79	80,9	0,2	7,4	25,8
Celda 10	4	17,97	81,2	0,1	7,5	26,1
Celda 11	3	18,13	81	0,1	7,6	26,3
Celda 12	2	18,27	80,7	0	7,7	26,5
Celda 13	1	18,39	80,8	0,1	7,7	26,7

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 (13/09/17-05/09/19)

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	3	5	1	0	0	0	0	0	0	10
NNE	3	4	1	0	0	0	0	0	0	7
NE	3	4	2	0	0	0	0	0	0	8
ENE	2	3	2	0	0	0	0	0	0	7
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	1	0	0	0	0	0	0	0	2
S	2	4	5	5	3	1	0	0	0	20
SSW	3	4	2	1	0	0	0	0	0	11
SW	3	4	4	4	2	1	0	0	0	18
WSW	2	1	1	1	1	0	0	0	0	6
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Sub-Total	31	31	18	10	6	2	0	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

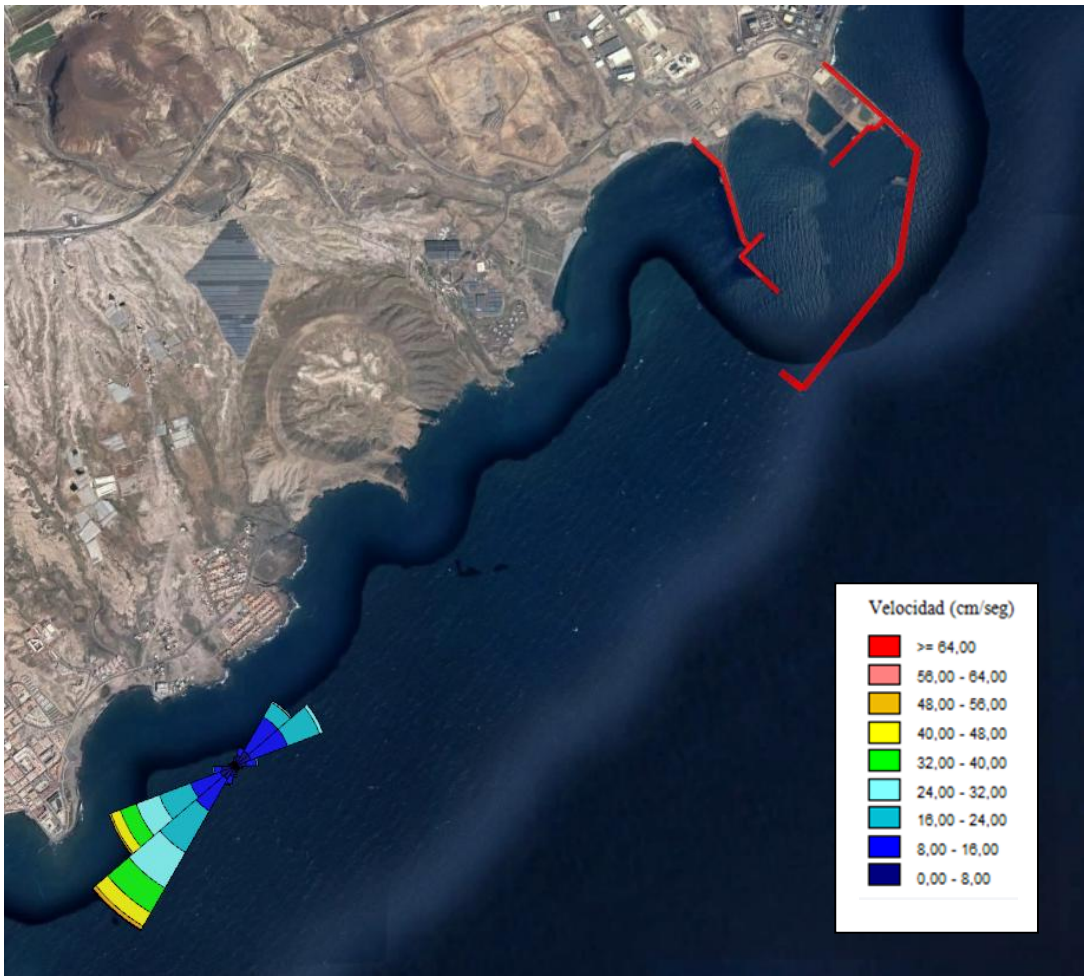
Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Se muestra el periodo completo de muestreo (13/09/17-05/09/19)

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 1 (FONDO)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del primer periodo (13/09/17-31/01/18)

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 del segundo periodo (31/01/18-02/08/18)

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 1 (FONDO)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

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	5	10	2	0	0	0	0	0	0	17
NNE	4	6	1	0	0	0	0	0	0	11
NE	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
ENE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSE	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
S	3	7	9	8	6	2	0	0	0	36
SSW	3	5	3	1	0	0	0	0	0	13
SW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
WSW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Sub-Total	33	32	16	10	6	2	0	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 1 (FONDO)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

Directions / Wind 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	5	9	3	0	0	0	0	0	0	18
NNE	4	6	1	0	0	0	0	0	0	11
NE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ENE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	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	1	0	0	0	0	0	0	0	2
S	3	7	8	8	6	2	0	0	0	35
SSW	4	6	4	2	1	0	0	0	0	17
SW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
WSW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NNW	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Sub-Total	33	30	17	11	6	2	0	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

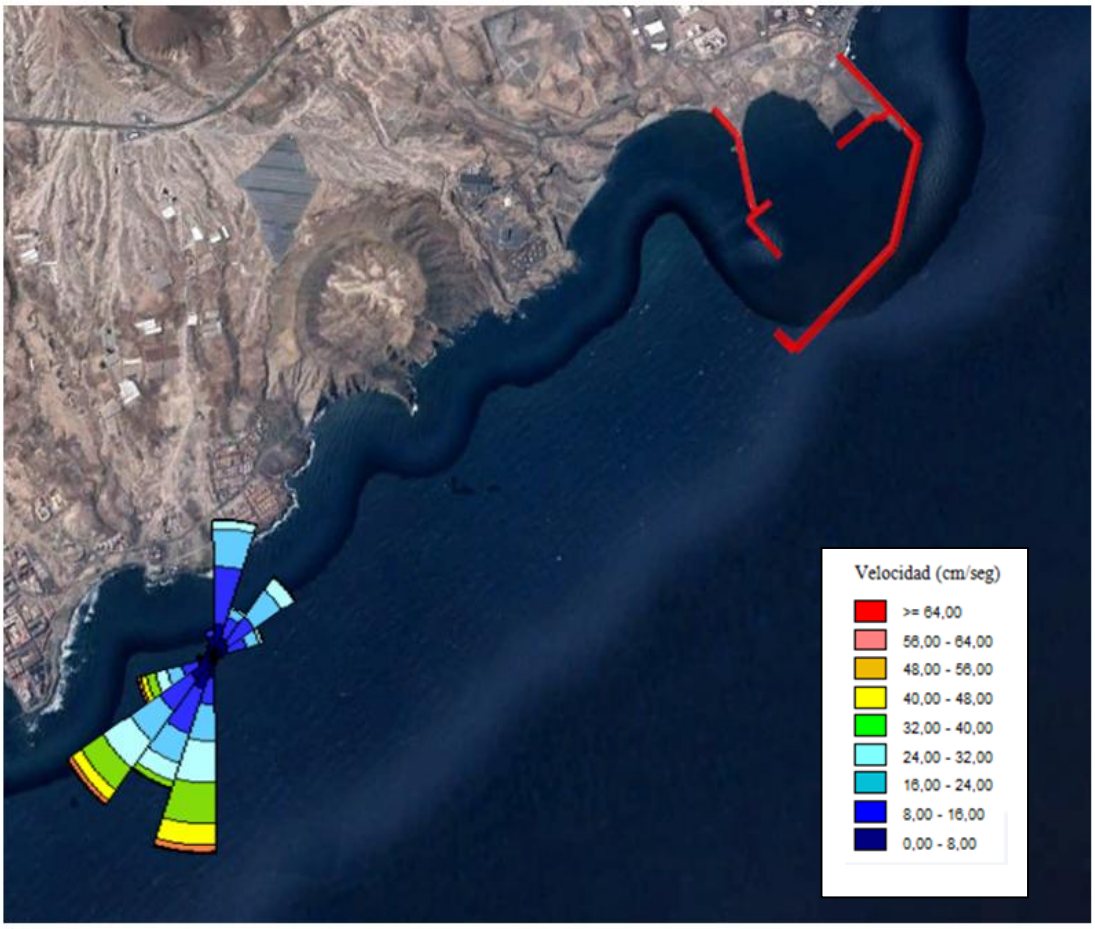
Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del periodo completo de muestreo (13/09/17-05/09/19)

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	3	6	4	1	0	0	0	0	0	13
NNE	2	2	1	0	0	0	0	0	0	5
NE	2	3	3	1	0	0	0	0	0	10
ENE	1	2	1	0	0	0	0	0	0	5
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	2	3	3	4	4	2	1	0	0	18
SSW	3	4	3	2	1	1	1	0	0	13
SW	3	4	3	3	2	1	0	0	0	17
WSW	2	2	2	1	1	1	0	0	0	8
W by S	1	0	0	1	1	1	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	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Sub-Total	27	26	21	13	8	4	1	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 (13/09/17-05/09/19)

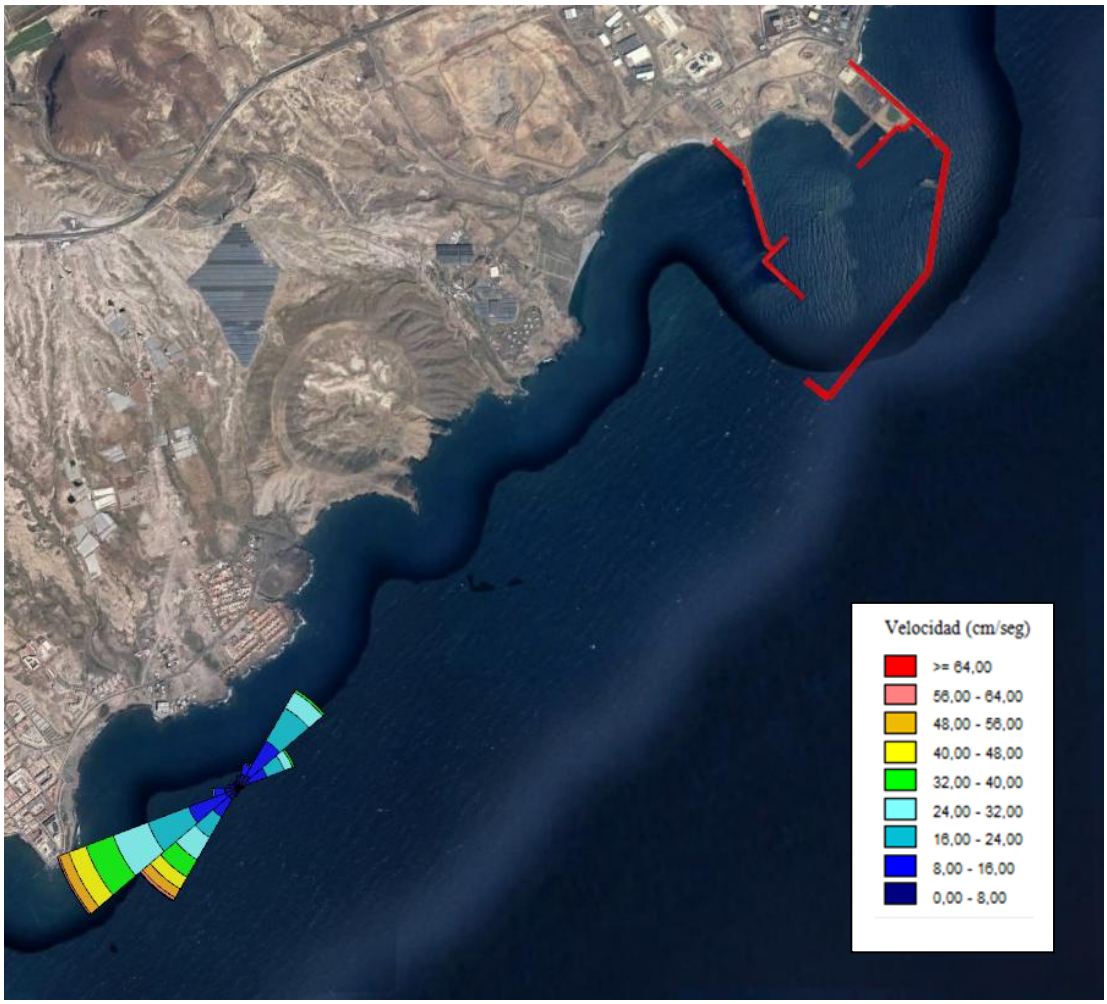


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del primer periodo (13/09/17-31/01/18)

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	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)

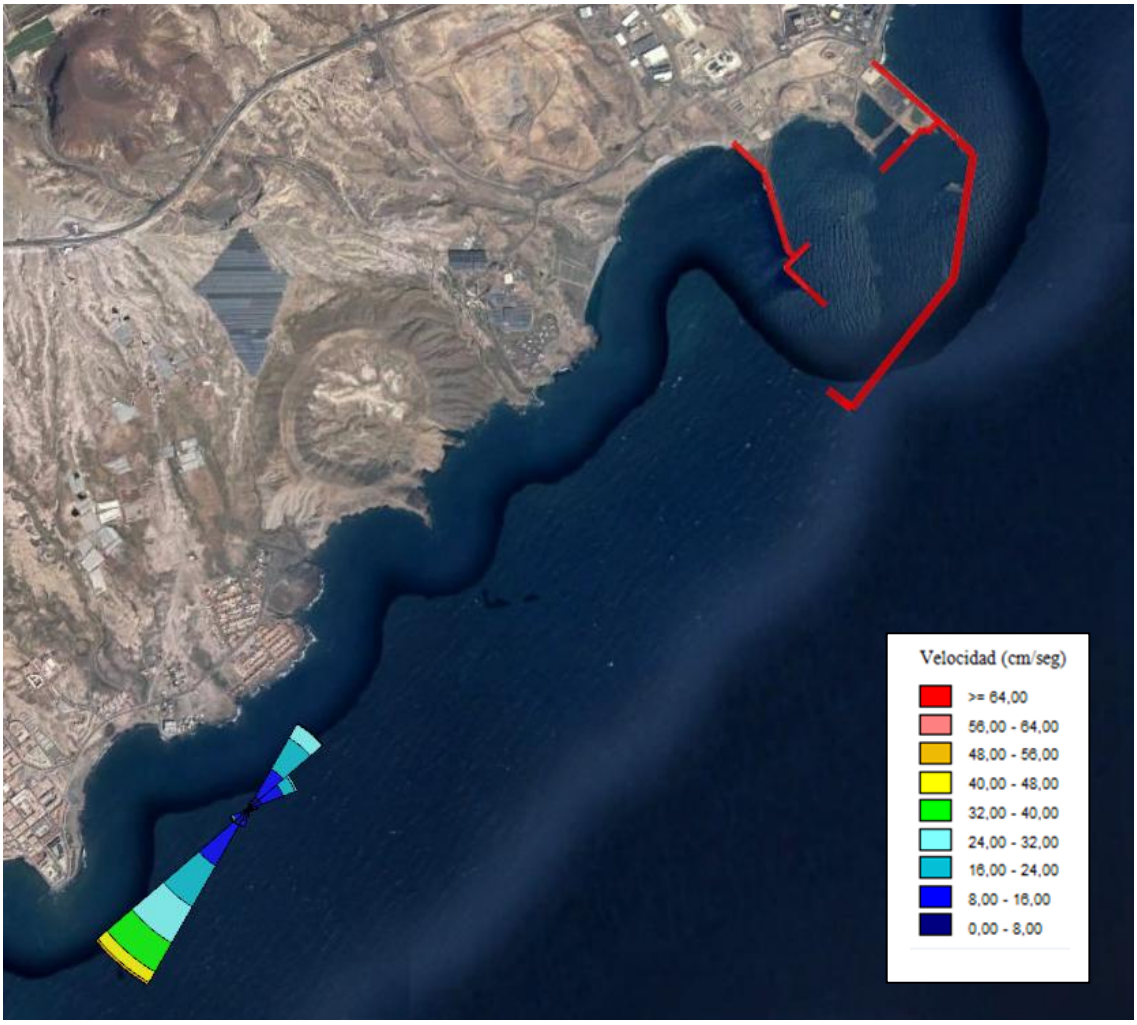


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del segundo periodo (31/01/18-02/08/18)

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 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

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	5	11	7	1	0	0	0	0	0	24
NNE	2	2	1	0	0	0	0	0	0	6
NE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E by N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	3	5	6	6	6	3	1	0	0	32
SSW	4	7	5	3	1	0	0	0	0	20
SW	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3
WSW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NNW	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Sub-Total	29	28	20	11	8	4	1	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

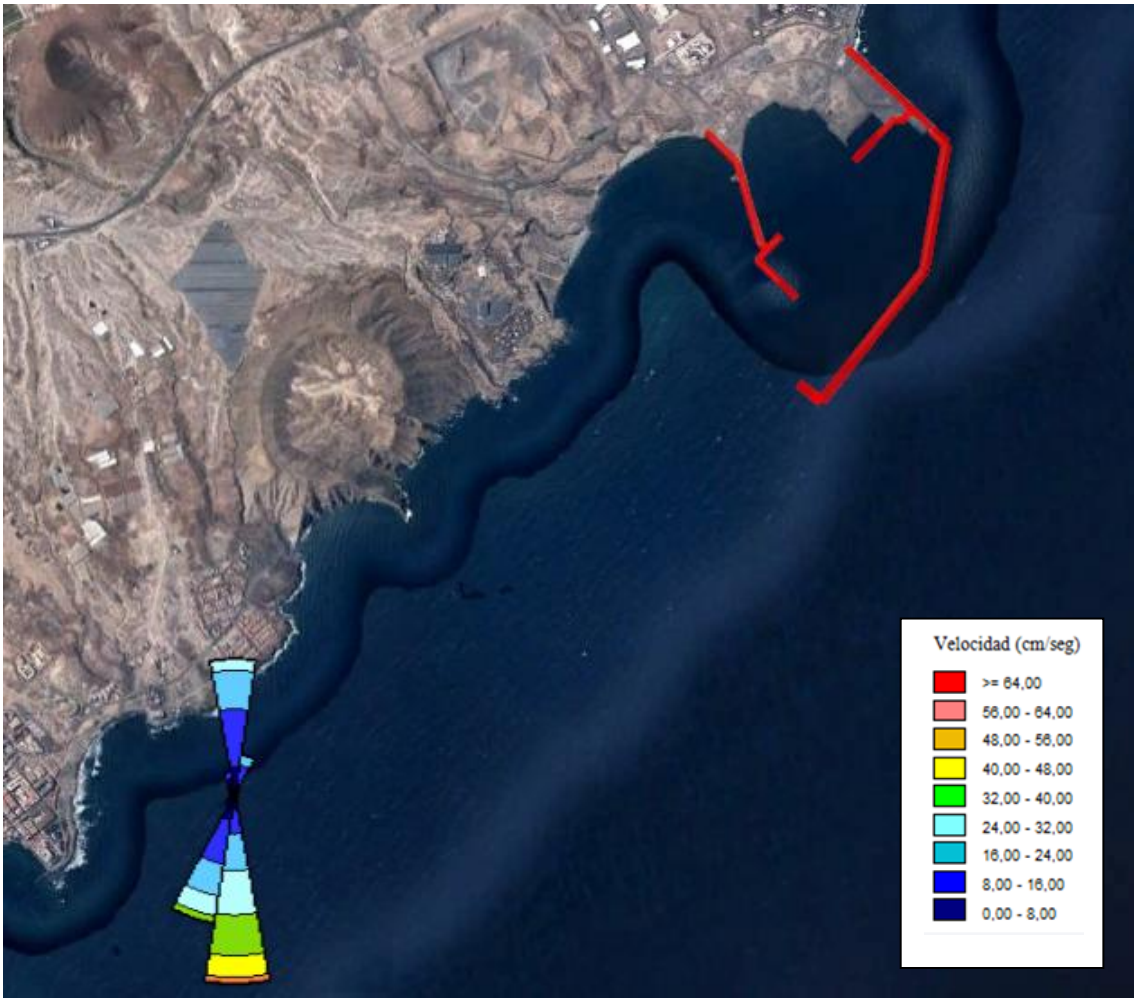
Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 6 (CAPA INTERMEDIA)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

Directions / Wind 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	5	10	7	2	0	0	0	0	0	23
NNE	2	3	2	0	0	0	0	0	0	7
NE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E by N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	2	4	6	7	7	4	1	0	0	32
SSW	4	7	5	3	1	0	0	0	0	22
SW	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
WSW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NNW	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Sub-Total	27	27	20	13	8	4	1	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

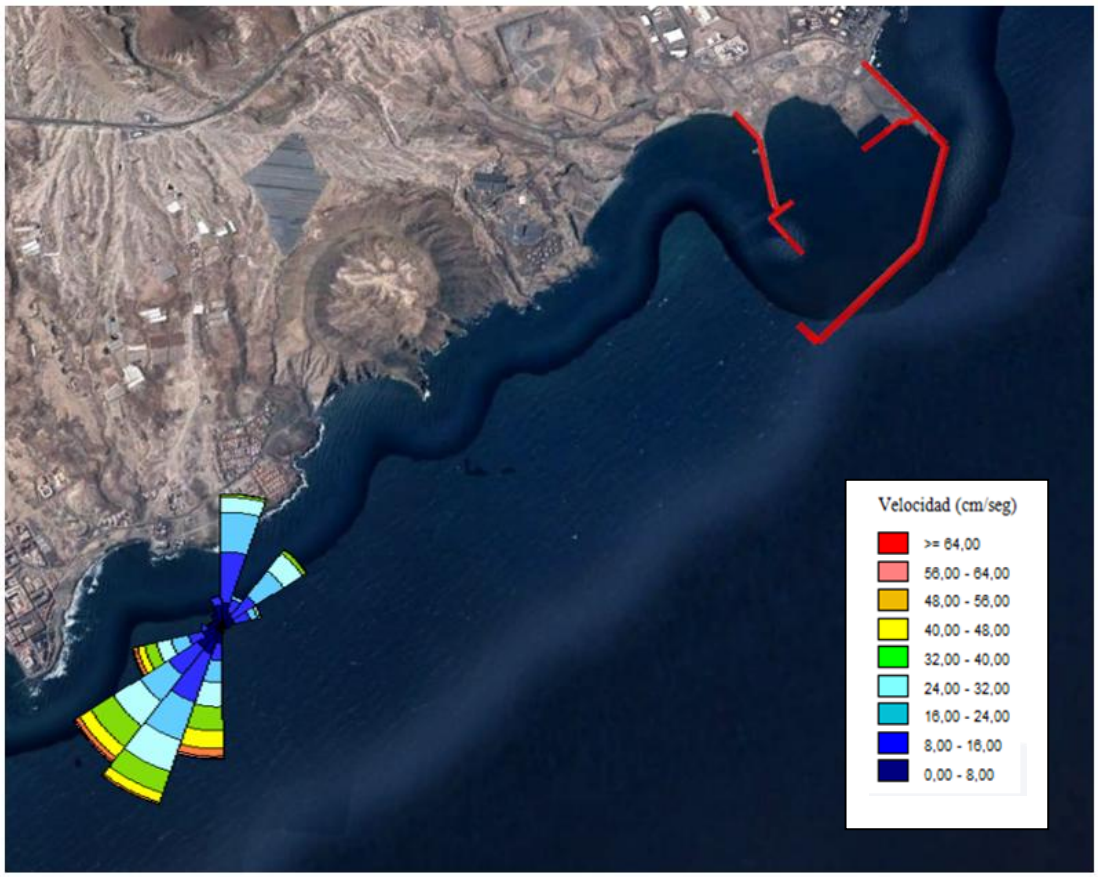


PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del periodo completo de muestreo (13/09/17-05/09/19)

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	3	5	4	2	0	0	0	0	0	14
NNE	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
NE	1	3	3	2	0	0	0	0	0	10
ENE	1	2	1	0	0	0	0	0	0	4
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	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	2	2	2	2	2	2	1	0	0	13
SSW	3	5	4	3	2	1	0	0	0	18
SW	3	3	3	3	3	1	0	0	0	17
WSW	2	1	2	1	1	1	0	0	0	9
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	2
NNW	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Sub-Total	25	24	20	14	9	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 (13/09/17-05/09/19)



PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del primer periodo (13/09/17-31/01/18)

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

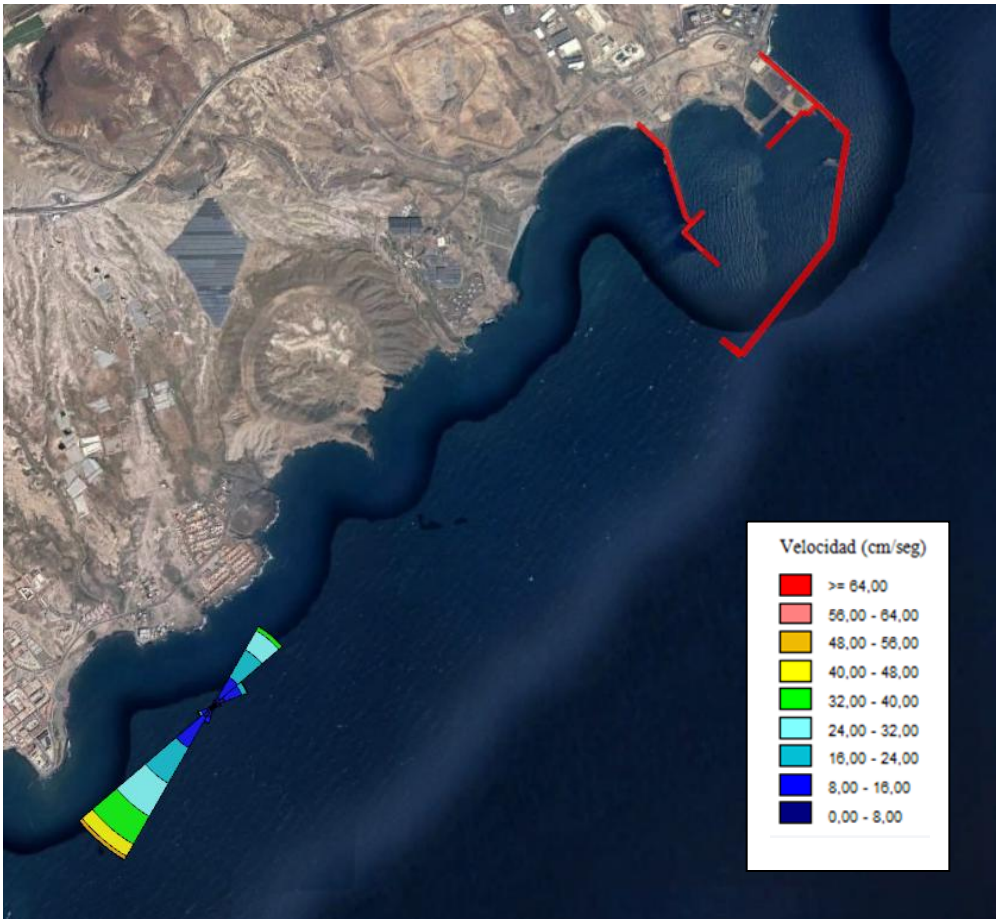
Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del primer periodo (13/09/17 - 31/01/18)

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del segundo periodo (31/01/18-02/08/18)

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)



PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

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	4	10	8	2	0	0	0	0	0	24
NNE	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E by N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	2	3	4	4	3	3	1	0	0	21
SSW	4	8	7	6	4	2	0	0	0	31
SW	3	1	0	0	0	0	0	0	0	5
WSW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
NNW	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6
Sub-Total	28	26	20	12	8	5	2	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

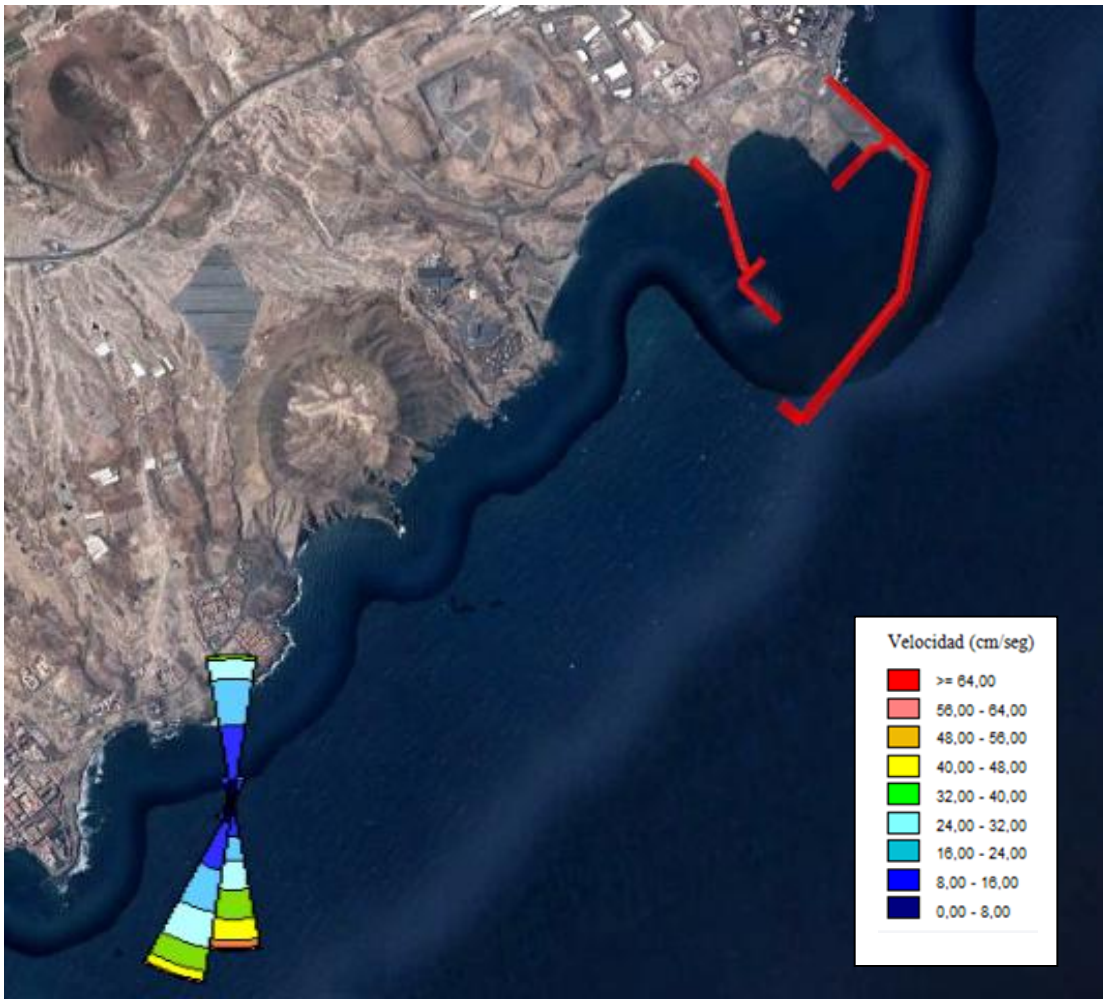
Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

PERFILADOR EN TGR18. CELDA 13 (CAPA SUPERFICIAL)

Frecuencia de aparición (%) de las direcciones de la corriente del cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

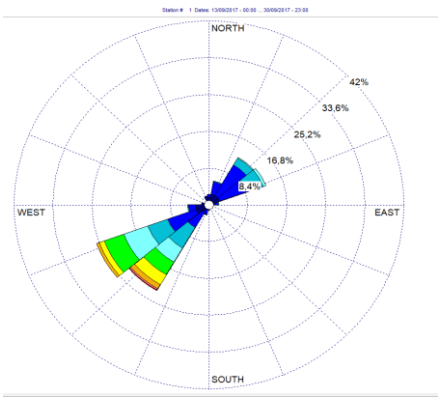
Directions / Wind Classes (cm/s)	0,00 - 8,00	8,00 - 16,00	16,00 - 24,00	24,00 - 32,00	32,00 - 40,00	40,00 - 48,00	48,00 - 56,00	56,00 - 64,00	>= 64,00	Total (%)
N	4	9	8	3	1	0	0	0	0	24
NNE	2	2	1	0	0	0	0	0	0	4
NE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E by N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E by S	0	0	0	0	0	0	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	2	3	4	5	5	3	1	0	0	24
SSW	3	8	7	6	4	2	0	0	0	30
SW	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
WSW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
W by S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NNW	3	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Sub-Total	26	24	19	14	9	5	2	0	0	100
Calms										0
Missing/Incomplete										0
Total										100

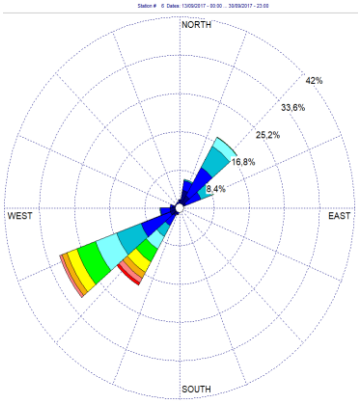
Rosa de dirección e intensidad (respecto al N verdadero). Datos del cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

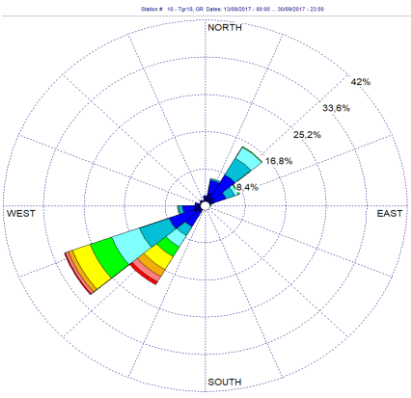


DESGLOSE DATOS MENSUALES EN LA CELDAS 1, 6 Y 13

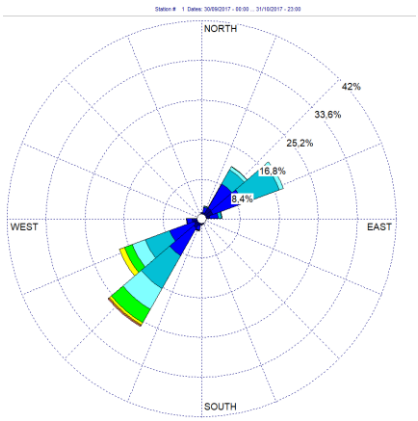
Septiembre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)

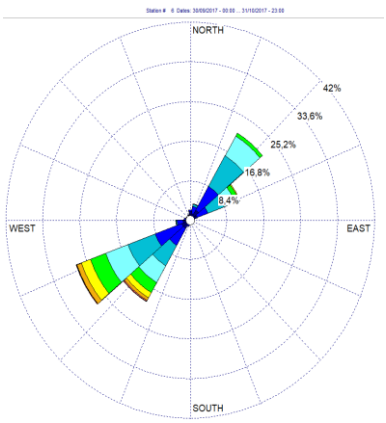


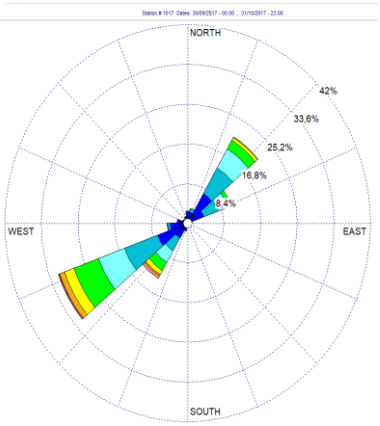




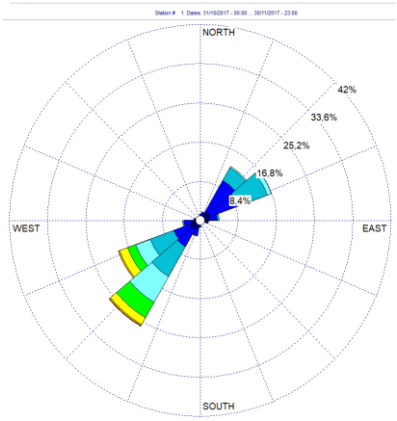
Octubre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)

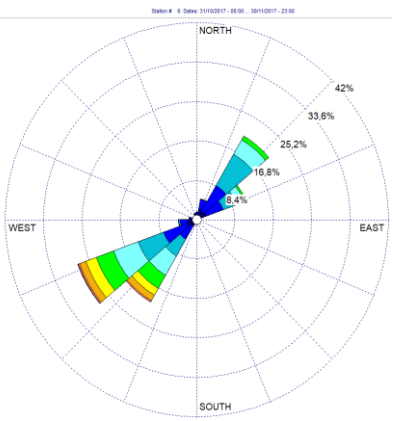


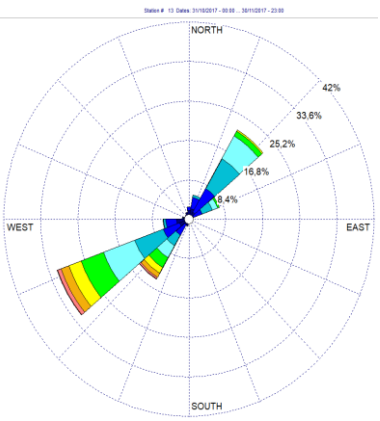




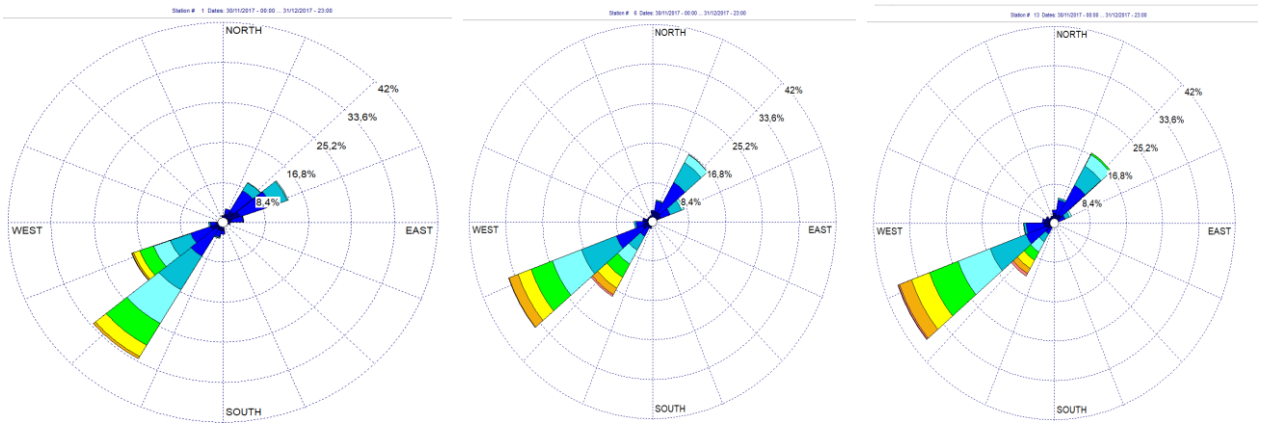
Noviembre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



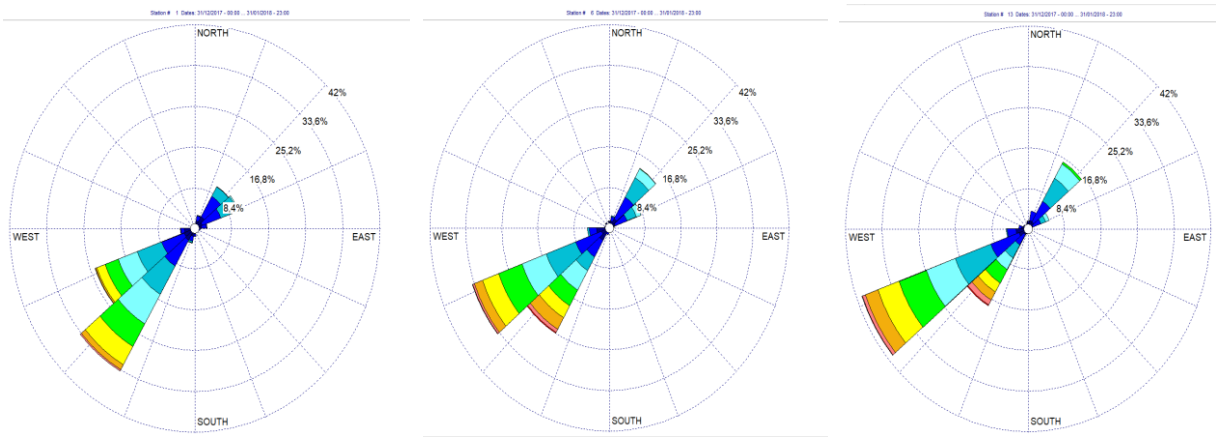




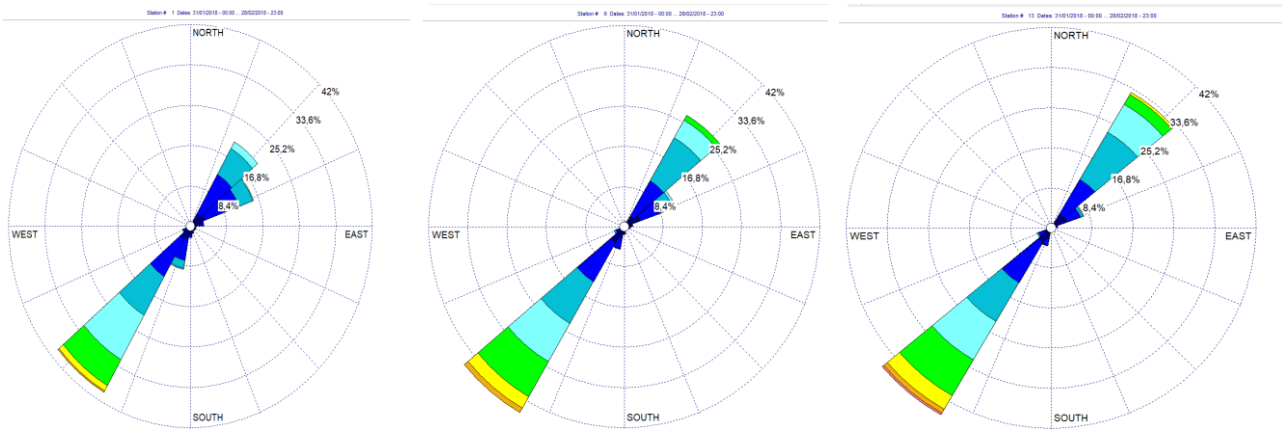
Diciembre 2017: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



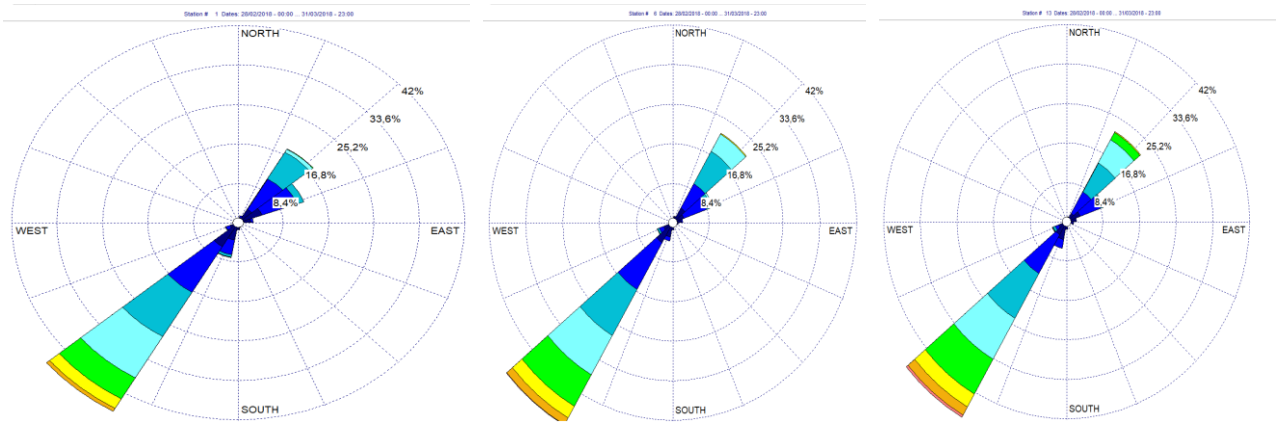
Enero 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



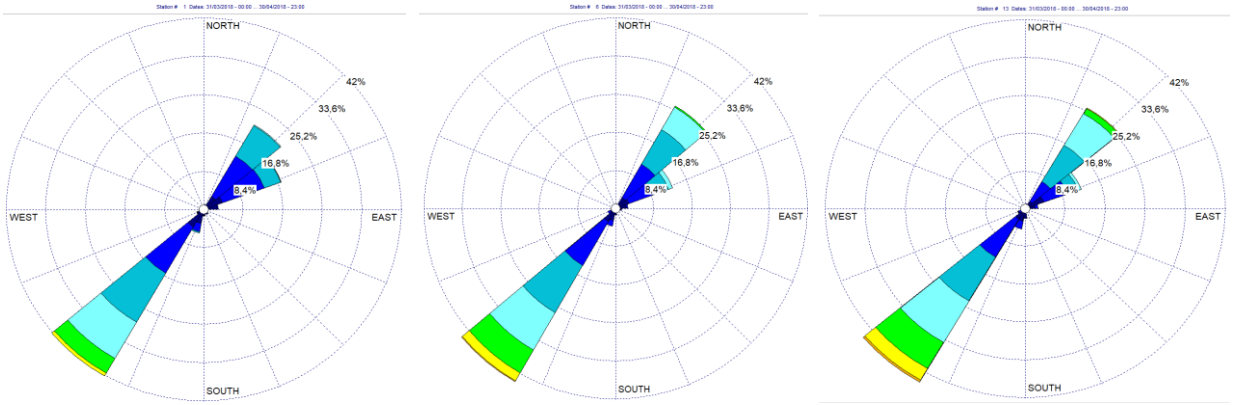
Febrero 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



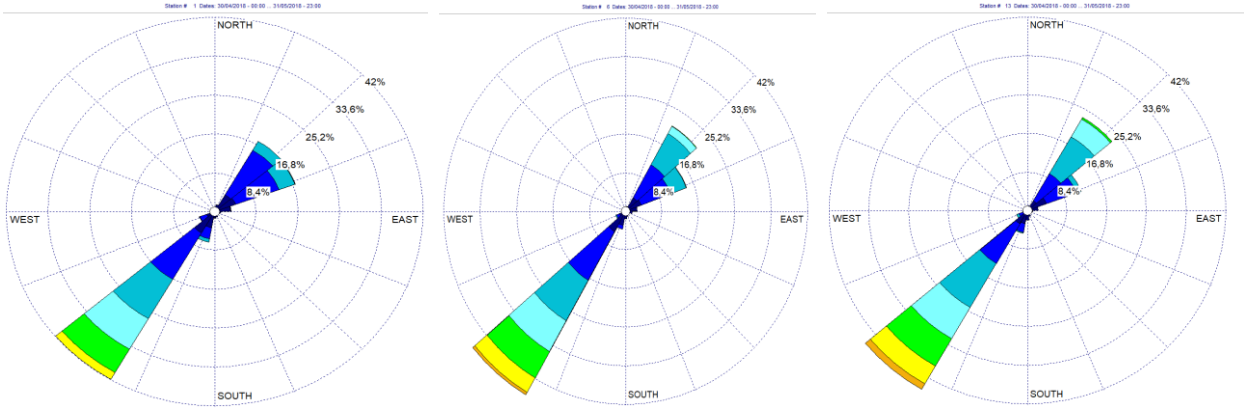
Marzo 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



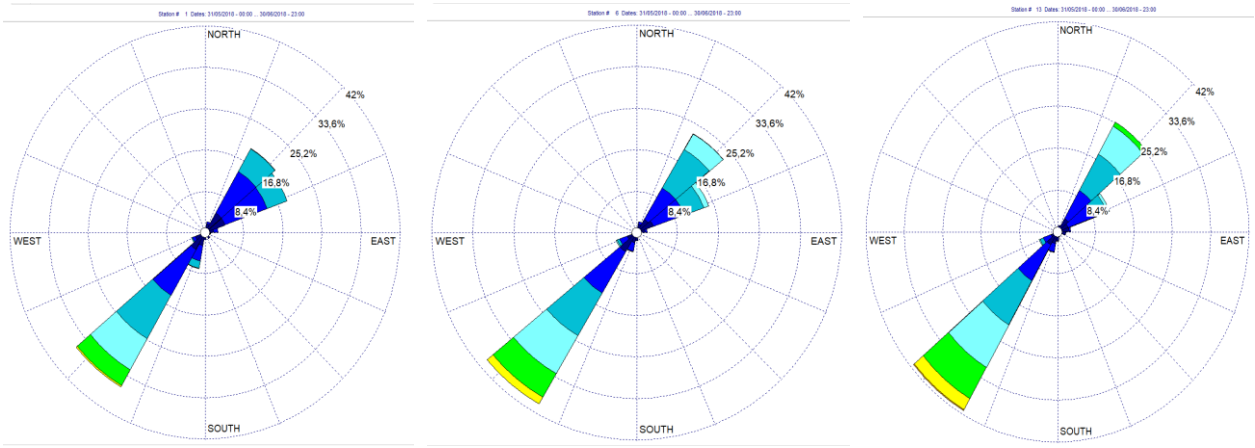
Abril 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



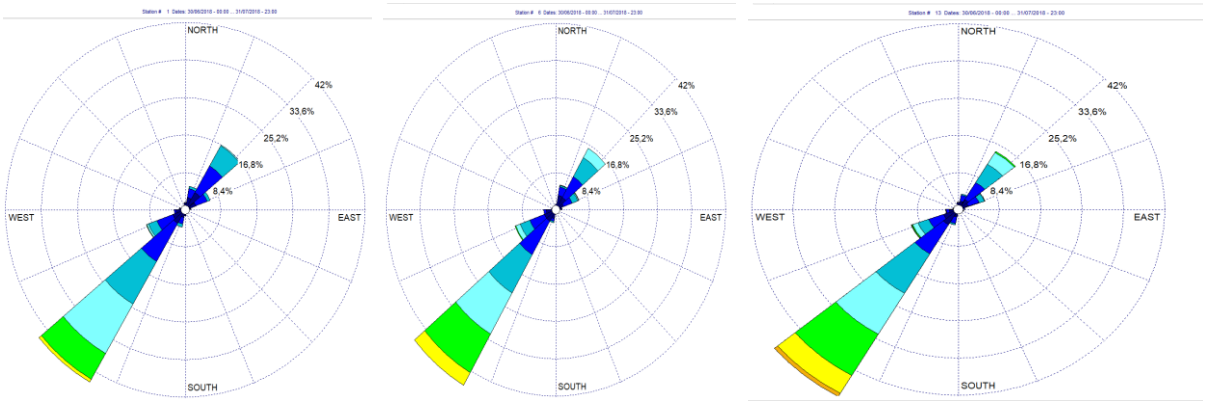
Mayo 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



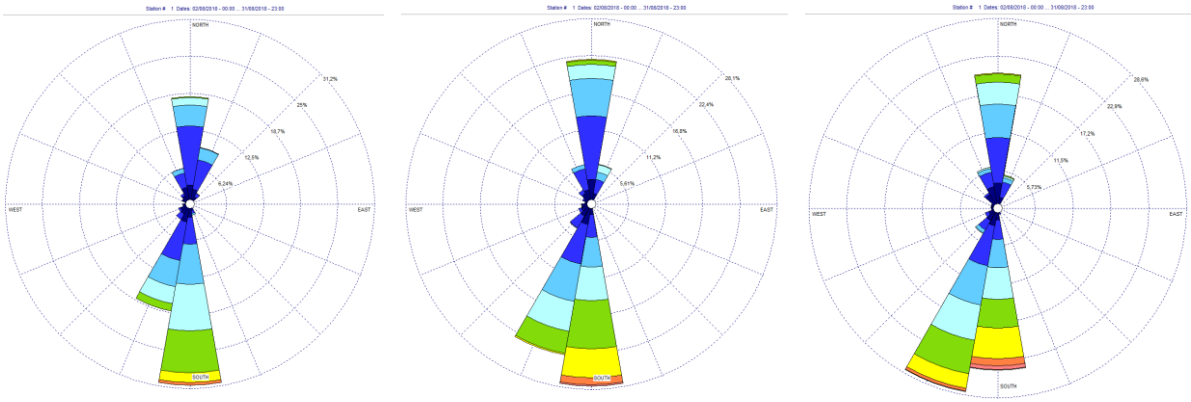
Junio 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



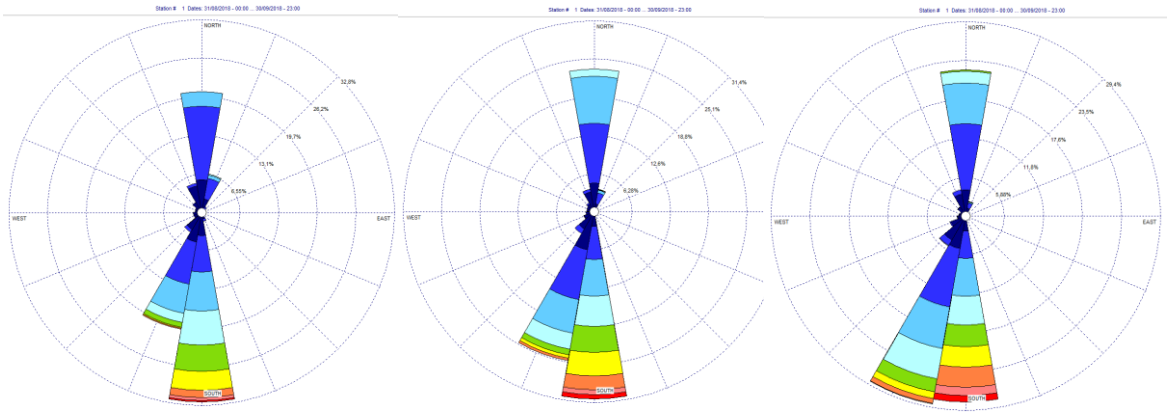
Julio 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



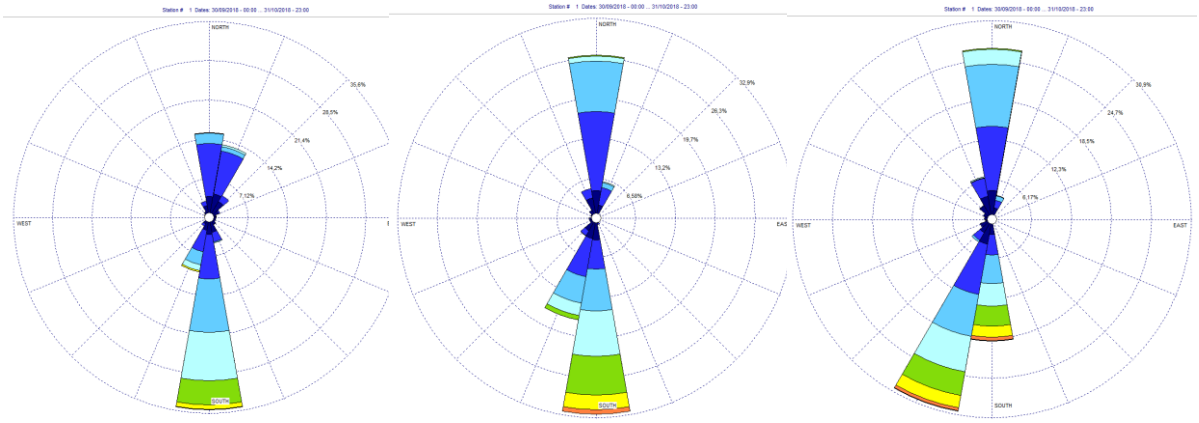
Agosto 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



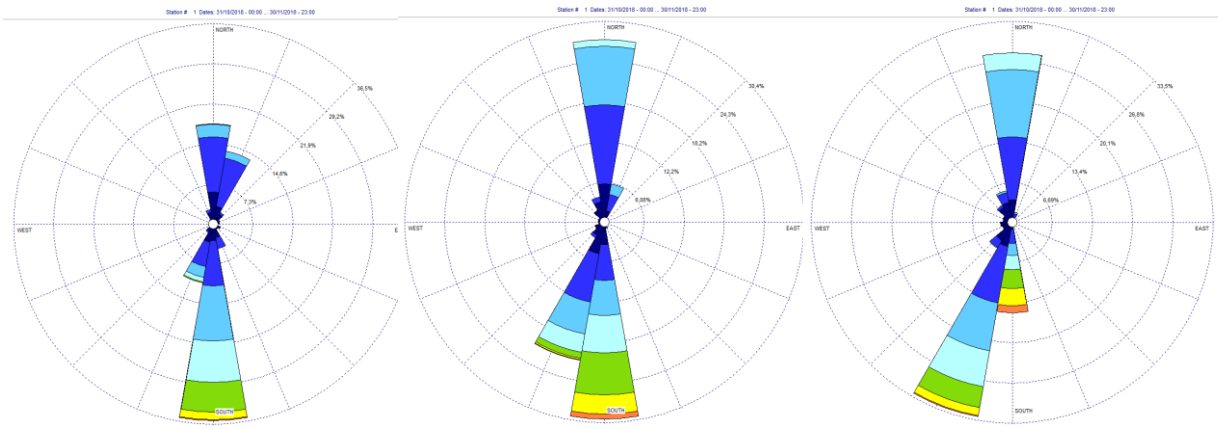
Septiembre 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



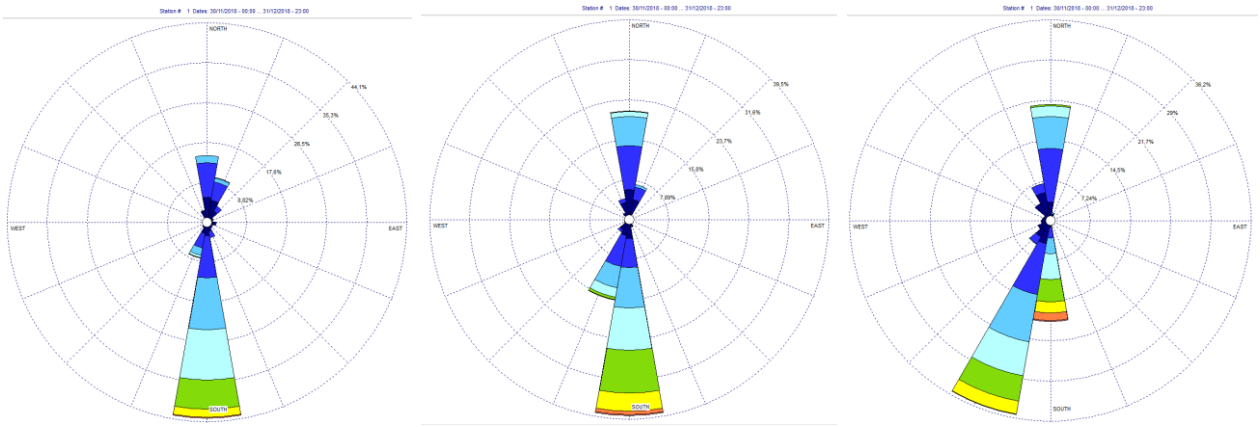
Octubre 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



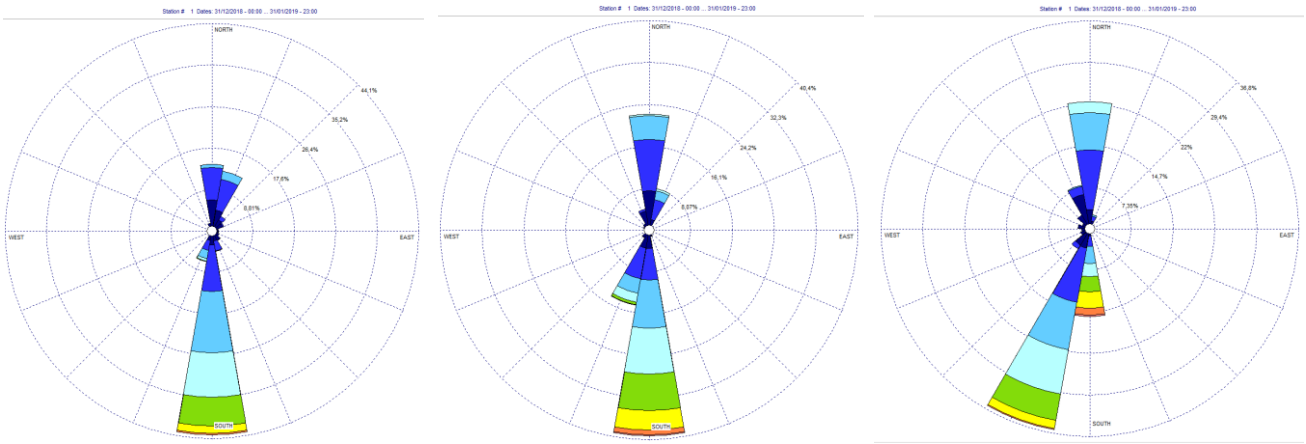
Noviembre 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



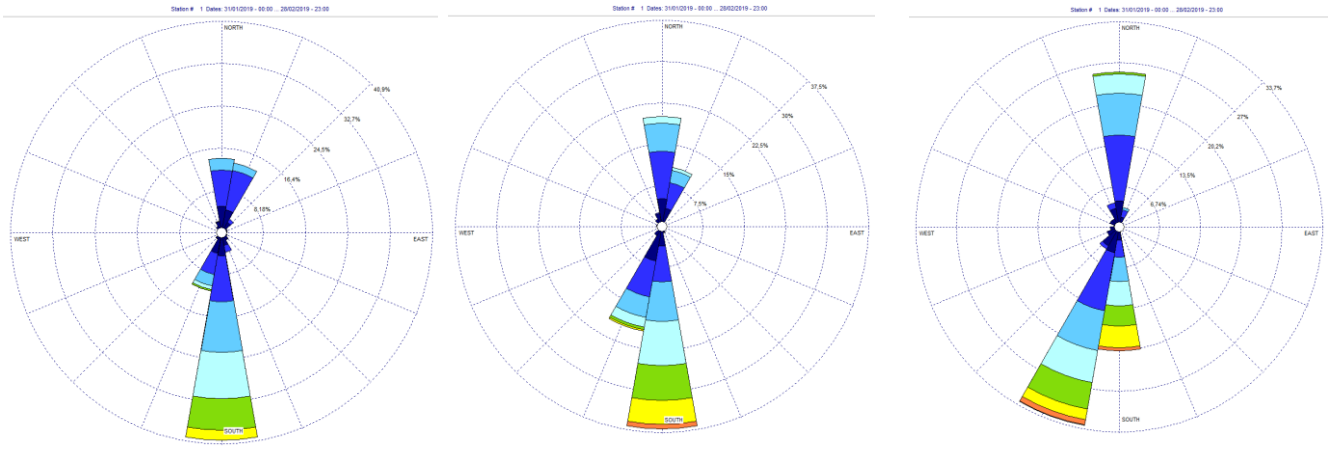
Diciembre 2018: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



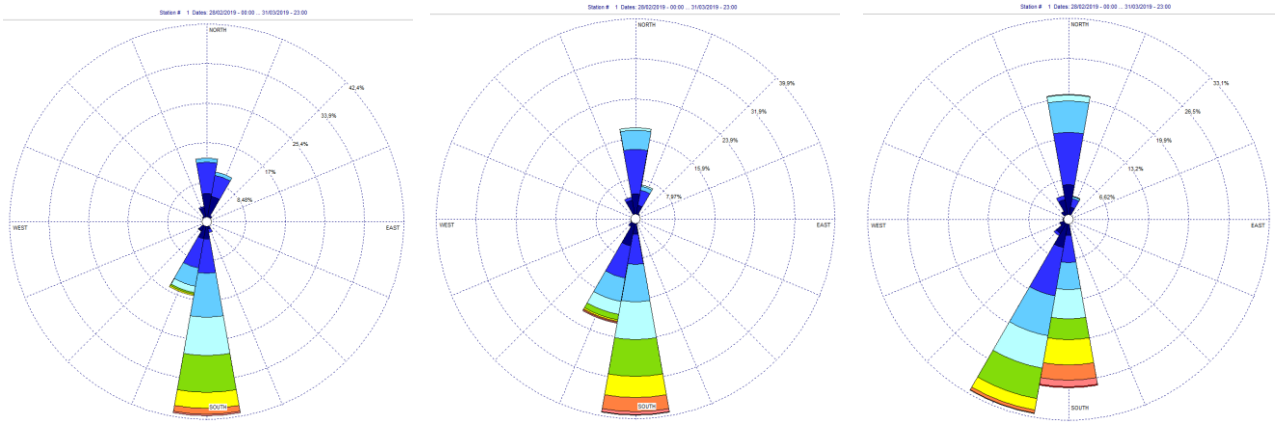
Enero 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



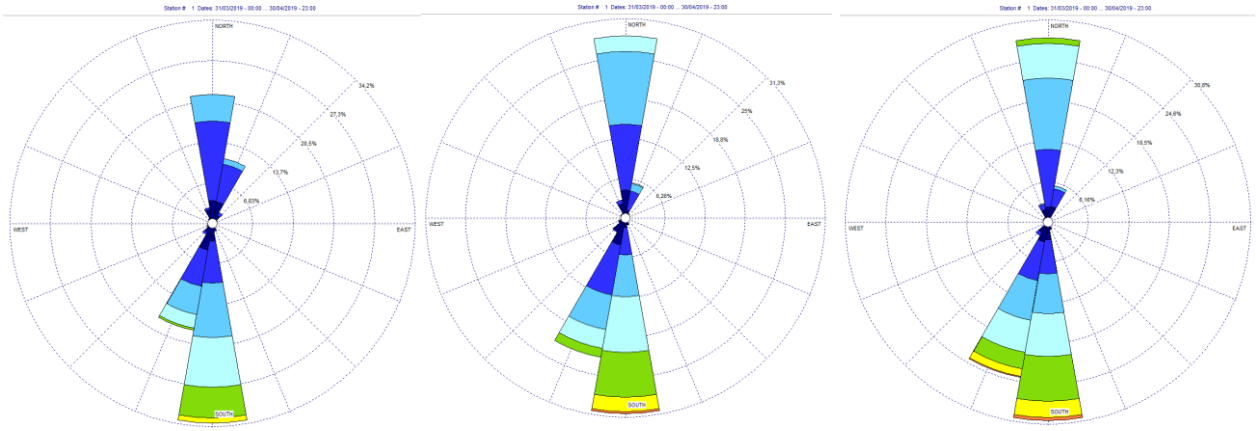
Febrero 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



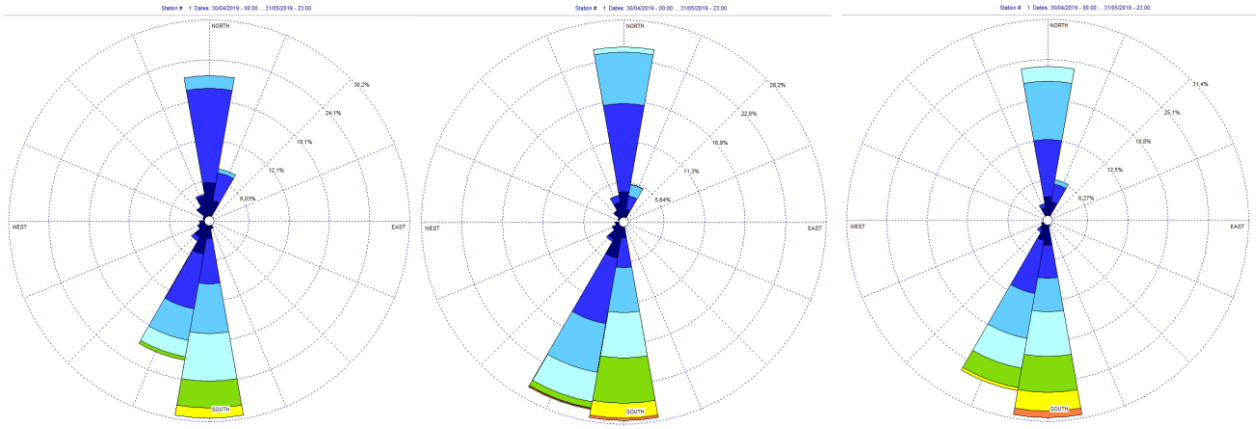
Marzo 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



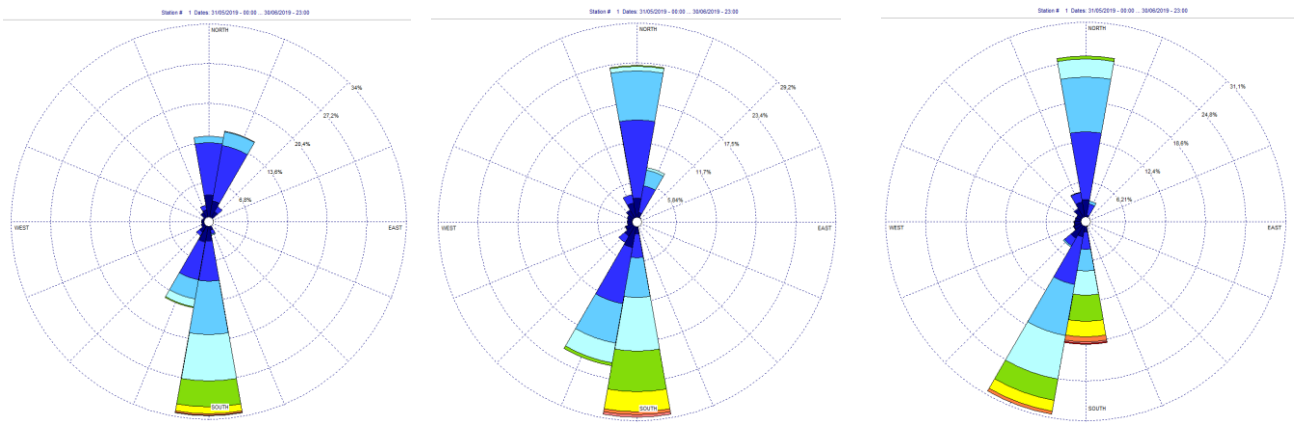
Abril 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



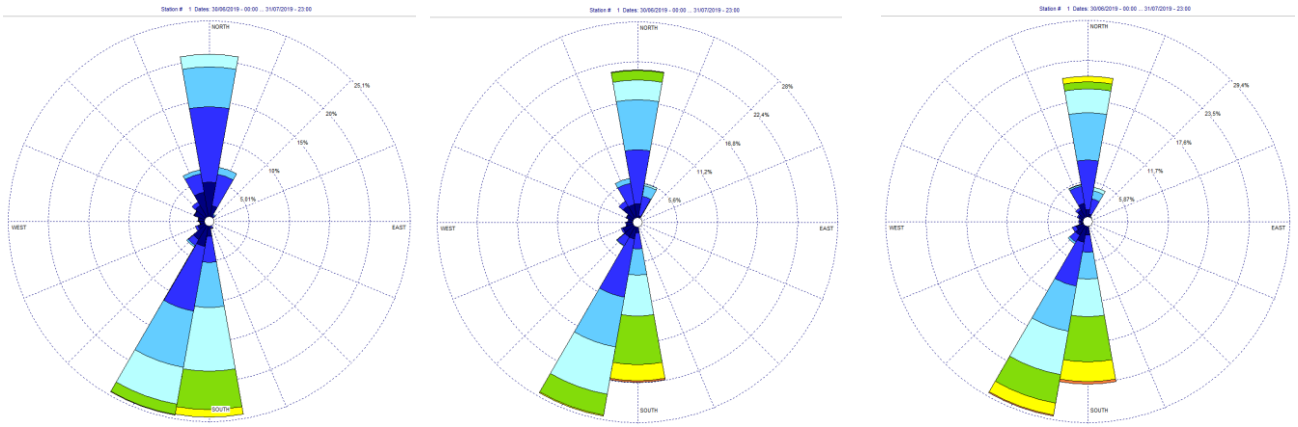
Mayo 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



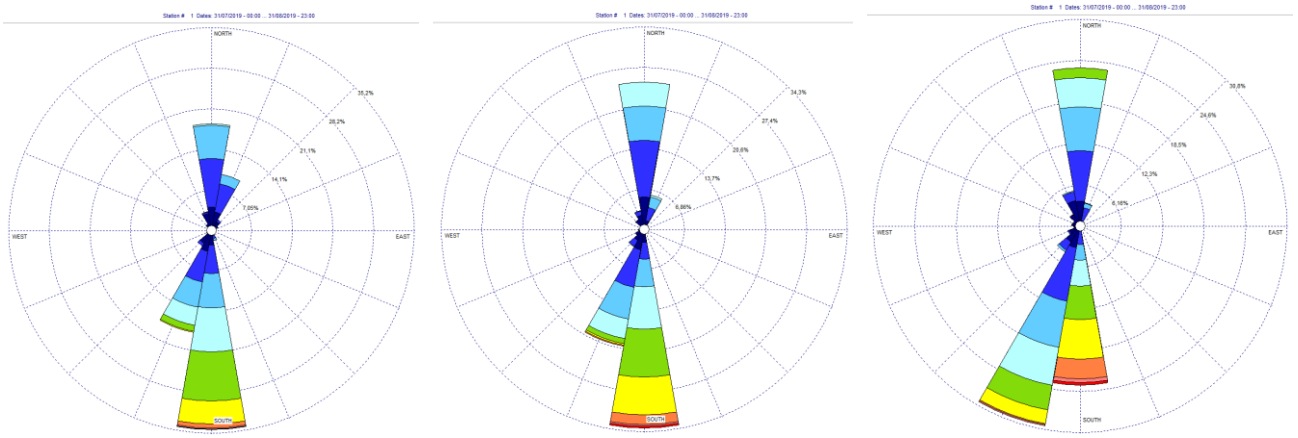
Junio 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



Julio 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



Agosto 2019: C1 (fondo), C6 (intermedio), C13 (superficie)



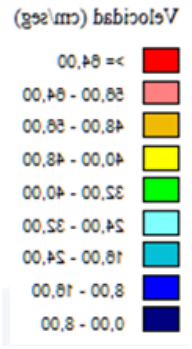


Tabla 6. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en la TGr18 (ADP Sontek) .Primer periodo (13/09/17-31/01/18).

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 7. 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 8. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en la Tgr18 (ADP Sontek). Tercer periodo (02/08/18-11/01/19)

Nivel de medición	Prof	TGr-18 (Jaquita	
		Dirección	Velocidad (cm/s)
Celda superficial	1-2 m	SSW (31%), N (24%) y S (21%)	0-8 (28%), 8-16 (26%), 16-24 (20%), 24-32 (12%), 32-40 (8%), 40-48 (5%) y >48 (2%)
Celda intermedia	7-8 m	S (32%), N (24%) y SSW (20%)	0-8 (29%), 8-16 (28%), 16-24 (20%), 24-32 (11%), 32-40 (8%), 40-48 (4%) y >48 (1%)
Celda de fondo	13-14 m	S (36%), N (17%) y SSW (13%)	0-8 (33%), 8-16 (32%), 16-24 (16%), 24-32 (10%), 32-40 (6%), 40-48 (2%) y >48 (0%)

Tabla 9. Resumen de velocidades y direcciones más frecuentes en la Tgr18 (ADP Sontek). Cuarto periodo (11/01/19-05/09/19)

Nivel de medición	Prof	TGr-18 (Jaquita	
		Dirección	Velocidad (cm/s)
Celda superficial	1-2 m	SSW (30%), N (24%) y S (24%)	0-8 (26%), 8-16 (24%), 16-24 (19%), 24-32 (14%), 32-40 (9%), 40-48 (5%) y >48 (2%)
Celda intermedia	7-8 m	S (32%), N (23%) y SSW (22%)	0-8 (27%), 8-16 (27%), 16-24 (20%), 24-32 (13%), 32-40 (8%), 40-48 (4%) y >48 (1%)
Celda de fondo	13-14 m	S (34%), N (18%) y SSW (17%)	0-8 (33%), 8-16 (30%), 16-24 (17%), 24-32 (11%), 32-40 (6%), 40-48 (2%) y >48 (0%)

Tabla 10. 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	SSW (18%), WSW (17%) y N (14%)	0-8 (28%), 8-16 (26%), 16-24 (20%), 24-32 (12%), 32-40 (8%), 40-48 (5%) y >48 (2%)
Celda intermedia	7-8 m	S (18%), N (17%) y SSW (13%)	0-8 (27%), 8-16 (26%), 16-24 (21%), 24-32 (13%), 32-40 (8%), 40-48 (4%) y >48 (1%)
Celda de fondo	13-14 m	S (20%), SW (18%) y SSW (11%)	0-8 (31%), 8-16 (31%), 16-24 (18%), 24-32 (10%), 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 31/01/18. Número de perfiles = 6.691.
- Periodo 2 desde el 31/01/18 hasta el 02/08/18. Número de perfiles = 8.766.
- Periodo 3 desde el 02/08/18 hasta el 11/01/19. Número de perfiles = 7.729.
- Periodo 4 desde el 11/01/19 hasta el 05/09/19. Número de perfiles = 11.364.
- Número total de perfiles Se obtuvieron 34.550 perfiles por capa.

- A partir de agosto de 2018, coincidiendo con el virado del tercer periodo se observa una ligera variación constante en todas las componentes obtenidas en dirección S, es decir, respecto a los meses anteriores (virado 1 y 2), se observa un **decremento de aproximadamente 30º en todas las componentes**. Actualmente, tras virar el ADP (virado 5) y cambiarlo por otro de iguales características se está en proceso del análisis de dicha variación. El análisis de los datos del virado 5 junto con los datos del virado 6 nos darán una respuesta a dicha variación. En los posteriores informes de actualización de los datos de corrientes se expondrán los motivos y en el caso de ser necesario se realizarán las correcciones necesarias.
- Las tablas 6 a 10 muestran la posible división de los datos en dos grupos, los de los periodos 1 y 2 y el resto. En los dos primeros periodos **predominan las direcciones SW-WSW**, mientras que en los otros tres periodos se observa el ligero giro, antes comentado, hacia el sur, obteniendo **componentes predominantes de S-SSW**. El análisis en conjunto de toda la serie temporal muestra que las resultantes finales **predominan las direcciones S y SSW**. Quizá, esto es debido a que el tercer y cuarto periodo suponen más días de muestreo (399 días) que el primer y segundo periodo (323 días). La finalización de una serie temporal larga permitirá dar respuesta a esta incógnita.
- En cuanto a los datos unificados, la **dirección predominante** en la capa superficial es la SSW (18%) y WSW (17%), en la capa intermedia es la dirección S (18%) y N (17%) y en la capa profunda S (20%) y SW (18%). 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 bypass 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 80% de los casos están concentrados en las velocidades 0-24 cm/s, así mismo para la celda intermedia (c6) un 74 % estaría en este rango, mismo porcentaje que para la celda profunda (c1), un 74%.
- Las **velocidades máximas** obtenidas en las distintas capas fueron: capa superficial (69,0 cm/s), capa intermedia (78,9 cm/s) y en capa profunda (80,8 cm/s).

- Las **velocidades medias** observadas en la estación varían entre 14.99 cm/s en el fondo y 18,51 cm/s en superficie.

Se continuará registrando la corriente en la zona y se seguirá aumentando la serie temporal.

En Santa Cruz de Tenerife, a 24 de octubre de 2020

Firmado:

D. Víctor Barrios Padilla
Unidad técnica del OAG

Firmado

Dr. Jose Mª Espinosa Gutierrez
Unidad Técnica OAG

ANEXO IV:

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 (º)
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 ∨	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 ∨	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 ∨	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 ↗
44	02/06/2017					
45	21/04/2018		0,77			
46	21/12/2019	12:02	1,33		Bajando	V: 11,82 D:258,61 ↙

ANEXO V:
Mapa Bionómico costa de Granadilla

Hecho por José Andrés Sevilla Hernández (OAG)

1 0,8 0,6 0,4 0,2 0 1 2 3 4 5 Km

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

Observatorio Ambiental Granadilla

FUNDACIÓN OBSERVATORIO AMBIENTAL GRANADILLA
CIF G38951836

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

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

- Linea de costa (2019)
- Puerto de Granadilla fin fase de obas

algal	sebadal denso	fondos profundos
arenal	sebadal medio	caulerpa
blanquizal	sebadal laxo	Fango, cieno. agua lodosa
maërl	sebadal vestigial	
maërl mixto	suelos calcáreos	

PVA GRANADILLA

Mapa bionómico DIC 2019

Autor: Observatorio Ambiental Granadilla

Fecha: 15 de octubre de 2020

ANEXO VI:

Relación actualizada de las estaciones de muestreo del OAG en la costa de Granadilla

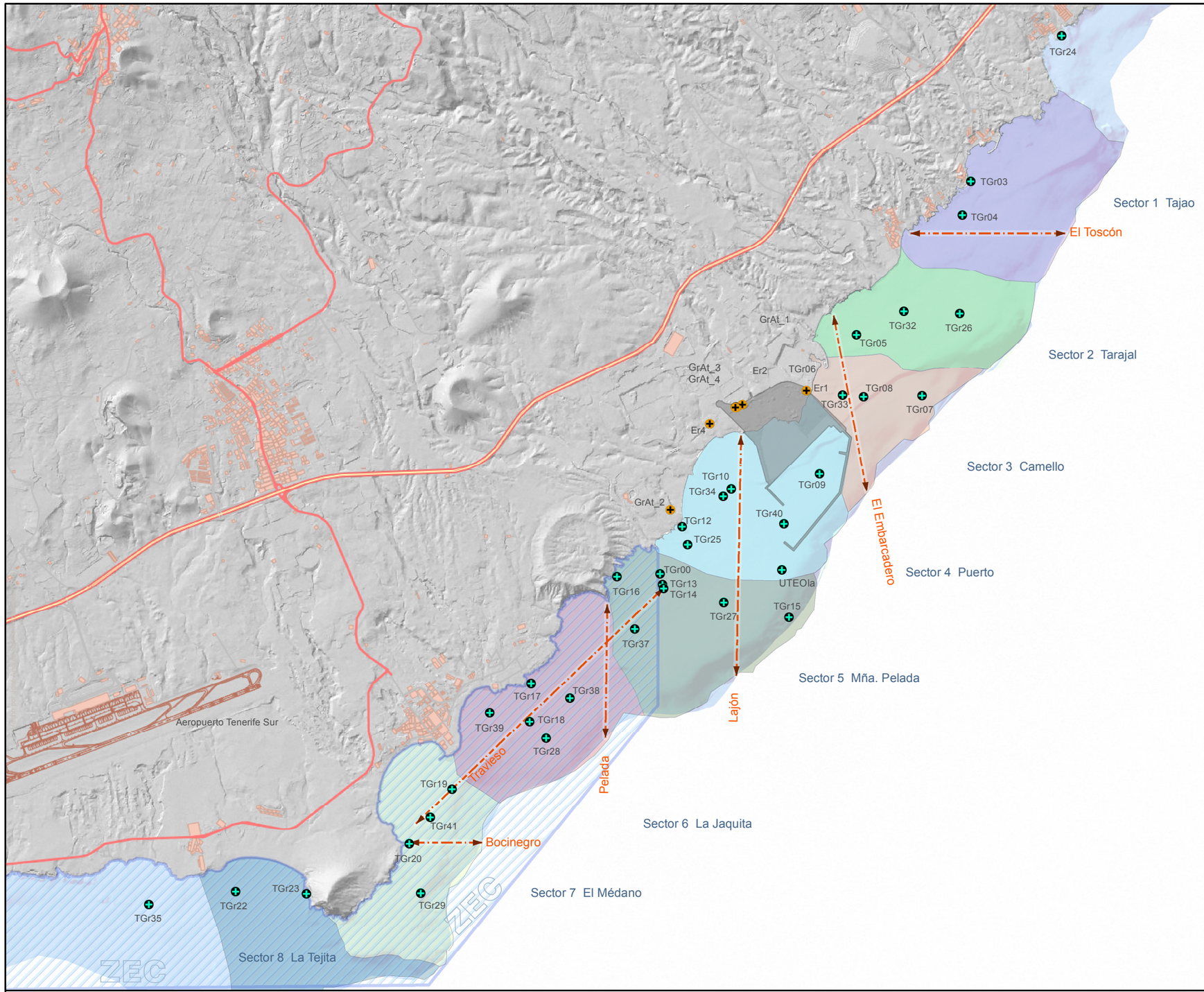
Relación actualizada de las estaciones de muestreo del OAG

Código	Denominación	Latitud	Longitud	Destino
TGR00	Boya Granadilla	28º 3' 40,230" N	16º 30' 32,076" O	Meteorología y correntímetro
TGr03	San Felipe	28º 6' 17,200" N	16º 28' 20,183" O	Comunidad intermareal y erizo
TGr04	La Caleta	28º 6' 4,154" N	16º 28' 23,653" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos y seba
TGr05	Tarajales	28º 5' 17,482" N	16º 29' 9,075" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, seba, plancton y estacado
TGr06	Embarcadero	28° 5' 5.14"N	16º 29' 22,65" O	Erizo
TGr07	Camello	28º 4' 54,236" N	16º 28' 40,278" O	Comunidad pelágica
TGr08	Lajón	28º 4' 53,592" N	16º 29' 5,641" O	Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna, seba, plancton y estacado
TGr09	Dársena	28º 4' 21,402" N	16º 29' 29,298" O	Sonda, agua, micro, sedimentos, plancton e infauna
TGr10	Medio	28º 4' 17,543" N	16º 30' 2,731" O	Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna, demersal, seba y plancton
TGr12	Tancón	28º 4' 2,651" N	16º 30' 23,804" O	Com intermareal, bentos y erizo
TGr13	Abejera	28º 3' 45,529" N	16º 30' 32,604" O	Trampa, seba y estacado
TGr14	Charcón	28º 3' 38,779" N	16º 30' 31,596" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, infauna, plancton y seba
TGr15	Pelada	28º 3' 28,328" N	16º 29' 36,898" O	Comunidad pelágica
TGr16	Rajita	28º 3' 43,178" N	16º 30' 51,924" O	Comunidad intermareal y erizo
TGr17	Punta Brava	28º 3' 1,452" N	16º 31' 28,737" O	Comunidad intermareal, bentos y erizo
TGr18	Jaquita	28º 2' 46,776" N	16º 31' 29,094" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, plancton y seba
TGr19	Médano	28º 2' 20,285" N	16º 32' 2,451" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos y seba
TGr20	Bocinegro	28º 1' 59,115" N	16º 32' 20,702" O	Comunidad intermareal, erizo y estacado
TGr22	Tejita	28º 1' 39,817" N	16º 33' 36,018" O	Trampa, sonda, agua, sedimentos, seba y estacado
TGr23	Montaña Roja	28º 1' 39,322" N	16º 33' 5,143" O	Erizo
TGr24	Las Lisas	28º 7' 13,672" N	16º 27' 41,475" O	Erizo
TGr25	Carrera	28º 3' 55,692" N	16º 30' 21,391" O	Bentos
TGr26	Cambada	28º 5' 26,020" N	16º 28' 24,344" O	Maërl
TGr27	Confite	28º 3' 33,664" N	16º 30' 5,378" O	Maërl
TGr28	Piedras blancas	28º 2' 40,630" N	16º 31' 21,775" O	Maërl
TGr29	Montelís	28º 1' 40,199" N	16º 32' 15,539" W	Maërl
TGr30	Trans-Pelada	28º 3' 13,331" N	16º 30' 56,108" O	Bentos
TGr31	Trans-Embarcadero	28º 5' 0,406" N	16º 29' 13,713" O	Bentos

TGr32	Punta Negra	28º5'26,765" N	16º29'48,683" O	Estacado
TGr33	Emisario	28º4'54,178' N	16º29'14,816" O	Estacado
TGr34	Galletita	28º 3´ 31,9´´ N	16º 30´ 58,8´´ W	Estacado
TGr35	San Miguel	28° 1' 34,320" N	16° 34' 13,579" W	Maërl
TGr37	Ensanchada	28° 3' 22,926" N	16° 30' 43,919" W	Estacado
TGr38	Barca	28° 2' 56,076" N	16° 31' 11,765" W	Estacado
TGr39	Arena	28° 2' 50,000" N	16° 31' 46,500" W	Bentos
TGr40	Martillo	28° 4' 4,354" N	16° 29' 39,672" W	Sonda, agua y sedimentos
MEDIO TERRESTRE				
GrAt_2	Iter	28° 4' 9,124" N	16° 30' 29,125" O	Captador de polvo
GrAt_3	Casetas	28° 4' 49,009" N	16° 30' 0,851" O	Captador de polvo
Er4	Polígono	28° 4' 42,416" N	16° 30' 12,445" O	Medidas de ruido
Er2	Casetas	28° 4' 49,946" N	16° 29' 58,336" O	Medidas de ruido
Er1	Rotonda	28° 4' 55,707" N	16° 29' 30,537" O	Medidas de ruido

ANEXO VII:

Mapa estaciones de muestreo en la costa de Granadilla



ESTACIONES TERRESTRES

CÓDIGO	DENOMINACIÓN
Er1	Rotonda
Er2	Casetas
Er4	Polígono
GrAt_1	UNELCO
GrAt_2	ITER
GrAt_3	OAG
GrAt_4	METEO OAG

ESTACIONES MARINAS

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	FONDO (m)
TGr00	Boya de Granadilla	-13,3
TGr03	San Felipe	-2,19
TGr04	La Caleta	-10,32
TGr05	Tarajales	-12,17
TGr06	Embarcadero	-1
TGr07	Camello	-51,5
TGr08	Lajón	-13
TGr09	Dársena	-26,3
TGr10	Medio	-13,53
TGr12	Tancón	-2,3
TGr13	Abejera	-11,09
TGr14	Charcón	-13,99
TGr15	Pelada	-58,05
TGr16	Rajita	-3,18
TGr17	Punta Brava	-3,4
TGr18	Jaquita	-17,69
TGr19	Médano	-12,18
TGr20	Bocinegro	-2,63
TGr22	Tejita	-11,69
TGr23	Montaña Roja	-1,01
TGr24	Las Lisas	-1
TGr25	Carrera	-11,66
TGr26	Cambada	-24,86
TGr27	Confite	-22
TGr28	Piedras blancas	-29,99
TGr29	Montellis	-15,35
TGr32	Puntanegra	-14
TGr33	UNELCO	-11,93
TGr34	Galletita	-13,54
TGr35	San Miguel	-15,44
TGr37	Ensanchada	-18,02
TGr38	Barca	-28,18
TGr39	Arenal	-3
TGr40	Martillo	-28,15
TGr41	Captadores Bocine	-12,79
UTEOla	Boya UTE	28,98

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

FUNDACIÓN OBSERVATORIO AMBIENTAL GRANADILLA
CIF G38951836
Edificio Puerto-Ciudad, Oficina 1B
38001 Santa Cruz de Tenerife
Islas Canarias - España
Tel.: +34 922 298 700 Fax: +34 922 298 704
info@oag-fundacion.org · www.oag-fundacion.org

estación marina
estación terrestre
transecto de vídeo en arrastre
Puerto de Granadilla
ZEC

0 250 500 1.000 1.500 2.000 m

PVA GRANADILLA

Estaciones y transectos de muestreo

Nº Mapa
ANEXO D

Centro de datos
13 de octubre de 2020