

[www.oag-fundacion.org](http://www.oag-fundacion.org)

OAG\_PVA-Gr.9/2022

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

**INFORME ANUAL 2021**



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

## **Informe anual 2021**

Septiembre 2022

SANTA CRUZ DE TENERIFE



OAG (2022). *Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa. Informe anual 2021*.- S/C de Tenerife: Observatorio Ambiental Granadilla, pp. 226 [no publicado].

## TABLA DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INFORME ANUAL 2021 .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>5</b>  |
| 1.1 Antecedentes .....   | 5         |
| 1.2 Objeto y alcance del presente informe.....                             | 6         |
| 1.3 Avances e informes previos .....                                       | 7         |
| <b>2 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS .....</b>                   | <b>9</b>  |
| 2.1 Modificaciones y situación de las obras .....                          | 9         |
| 2.1.1 Defensa y rellenos de explanada en el puerto de Granadilla .....     | 9         |
| 2.1.2 Centro de Inspección Portuaria del puerto de Granadilla .....        | 12        |
| 2.1.3 Viario y redes básicas del puerto de Granadilla.....                 | 14        |
| 2.1.4 Edificio de usos portuarios .....                                    | 17        |
| 2.2 Reposición de arenas en la dinámica litoral.....                       | 18        |
| 2.3 Medidas compensatorias.....  | 22        |
| 2.3.1 A- Establecimiento de una fundación independiente y permanente. .... | 23        |
| 2.3.2 B1 - Declaración de un LIC para la piña mar .....                    | 23        |
| 2.3.3 B2 - Declaración de dos nuevos LIC para el hábitat 1110.....         | 23        |
| 2.3.4 B3 - Seguimiento de la tortuga boba.....                             | 24        |
| 2.3.5 B4 - Restauración del LIC ES7020049 Montaña Roja.....                | 26        |
| 2.4 Trasplante de seba.....  | 27        |
| <b>3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL .....</b>                                    | <b>29</b> |
| 3.1 Condiciones meteorológicas locales .....                               | 29        |
| 3.2 Vigilancia de las obras .....  | 29        |
| 3.2.1 Materiales de acopio externos.....                                   | 29        |
| 3.2.2 Rellenos de las explanadas portuarias.....                           | 29        |
| 3.2.3 Partículas en suspensión (polvo).....                                | 31        |
| 3.2.4 Niveles sonoros.....   | 33        |
| 3.2.5 Mitigación lumínica.....   | 37        |
| 3.2.6 Dragados .....   | 39        |
| 3.2.7 Derrame accidental de hidrocarburos .....                            | 39        |
| 3.2.8 Residuos flotantes y basuras .....                                   | 40        |
| 3.2.9 Control de la prohibición de la pesca.....                           | 41        |
| 3.2.10 Señales y balizas .....   | 42        |
| 3.3 Integración paisajística .....   | 43        |
| 3.3.1 Adecuación cromática.....  | 43        |
| 3.3.2 Uso de flora local.....  | 43        |
| 3.3.3 Uso de bolos y callaos .....   | 44        |
| 3.3.4 Restauración de la zona de obras .....                               | 44        |
| 3.4 Geodinámica litoral.....   | 44        |
| 3.4.1 Tránsito de arenas por tierra .....                                  | 45        |
| 3.4.2 Episodios tormentosos .....  | 46        |
| 3.4.3 Nivel medio del mar y oleaje.....                                    | 47        |
| 3.4.4 Flujo de la corriente .....  | 47        |
| 3.4.5 Tasa de sedimentación.....   | 48        |



|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 3.4.6    | Balance sedimentario.....                                      | 50         |
| 3.4.7    | Alteraciones batimétricas.....                                 | 57         |
| 3.4.8    | Basculamiento de las playas.....                               | 60         |
| 3.4.9    | Batimetría y perfil de las playas.....                         | 75         |
| 3.5      | Calidad del medio marino.....                                  | 91         |
| 3.5.1    | Parámetros oceanográficos.....                                 | 92         |
| 3.5.2    | Calidad del agua.....  | 100        |
| 3.5.3    | Contaminación microbiológica.....                              | 109        |
| 3.5.4    | Calidad de los sedimentos.....                                 | 110        |
| 3.5.5    | Evaluación general del medio físico.....                       | 131        |
| 3.6      | Calidad del medio marino.....                                  | 134        |
| 3.6.1    | Comunidades supramareales.....                                 | 136        |
| 3.6.2    | Comunidades intermareales.....                                 | 139        |
| 3.6.3    | Comunidades de peces litorales.....                            | 144        |
| 3.6.4    | Comunidades bentónicas.....                                    | 147        |
| 3.6.5    | Infauna.....   | 149        |
| 3.6.6    | Perfiles y cartografía bionómica.....                          | 155        |
| 3.6.7    | Mapa bionómico.....  | 171        |
| 3.6.8    | Especies exóticas.....   | 185        |
| 3.6.9    | Efecto arrecife artificial.....                                | 187        |
| 3.6.10   | Contaminación en organismos marinos.....                       | 187        |
| 3.6.11   | Desarrollo del <i>maërl</i> .....                              | 198        |
| 3.6.12   | Estado del sebadal.....  | 198        |
| 3.6.13   | Evaluación general del sebadal.....                            | 210        |
| 3.6.14   | Evaluación general de la biodiversidad.....                    | 211        |
| 3.6.15   | Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116..... | 212        |
| <b>4</b> | <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                    | <b>216</b> |
| <b>5</b> | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>225</b> |



# SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA

## Informe anual 2021

### 1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

La creación de la Fundación del Sector Público Estatal “Observatorio Ambiental del Puerto de Granadilla” fue consecuencia del Dictamen de la Comisión Europea de 6 de noviembre de 2006, emitido con ocasión de la aprobación de la ejecución de las obras del nuevo puerto industrial de Granadilla (Tenerife), que declara que *Para garantizar que el Puerto de Granadilla se construya y gestione de manera respetuosa con el medio ambiente, se establecerá una Fundación independiente y permanente antes de que comiencen las obras. El papel de esa Fundación será controlar el estado y las tendencias de la biodiversidad local y garantizar al mismo tiempo la aplicación adecuada de las medidas correctoras y compensatorias [...]. Los posibles cambios futuros de los Estatutos de la Fundación no reducirán ni su independencia, ni sus competencias ni su permanencia. Toda modificación de los Estatutos se notificará directamente a la Comisión.*

El 1 de junio de 2007, el Consejo de Ministros autorizó la constitución de la Fundación, que se constituyó formalmente el 11 de abril de 2008 mediante escritura notarial. El 16 de octubre de 2015 el Consejo de Ministros autorizó la modificación de los Estatutos del OAG aprobada por su Patronato. Aquella primera modificación supuso un cambio en la denominación, que pasó de la originaria “Observatorio Ambiental del Puerto de Granadilla” a “Fundación Observatorio Ambiental Granadilla”, además de variar la composición del Patronato, incorporando vocales en representación del Instituto Español de Oceanografía designado por su Director General y de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.

El objetivo prioritario de la Fundación es la vigilancia ambiental del puerto industrial de Granadilla, al haber aceptado la Comisión [...] *los argumentos presentados por las autoridades españolas, a saber: que existen razones imperiosas de interés público de primer orden que pueden justificar la realización del proyecto, siempre que se garanticen las medidas compensatorias adecuadas.* 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 Santa Cruz de Tenerife (APSCTFE, en lo sucesivo), sin que medie por parte de la Fundación 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, cuenta con una Declaración de Impacto Ambiental (26-1-2003) favorable y con un Dictamen de la Comisión Europea (2006) que introduce, como se acaba de mencionar, medidas adicionales y compensatorias. El Dictamen de la Comisión concluye indicando que: [...] *la Comisión considera que el proyecto del nuevo puerto de Granadilla, tal y como se describe en la documentación enviada por las autoridades españolas, puede realizarse por razones imperiosas de interés público de primer orden siempre y cuando se adopten a su debido tiempo cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida* [...]. Las medidas compensatorias se desarrollan en el punto 2.3. del informe.

El Ministerio de Fomento recepciona las obras del dique de abrigo en noviembre de 2017, por lo que, 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 (PVA Operativa) y concluya la vigilancia en fase de obras (PVA Obras). 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 el plan de vigilancia ambiental en fase operativa, permanente en el ámbito temporal, conviva durante algún tiempo con el plan en fase de obras. En el año 2022 comenzará el “Plan de Vigilancia Ambiental en fase operativa y de las tendencias de la biodiversidad local”, de forma permanente, aunque con revisiones anuales, al también incluir acciones de vigilancia sobre las obras aún sin ejecutar o finalizar.

Desde el principio se adoptó un mecanismo dinámico y ágil de reporte a través de la página web del OAG ([www.oag-fundacion.org](http://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 específicos cuando las circunstancias lo aconsejaran, o de lanzar alertas inmediatas en caso de mediar urgencia. Los informes anuales desde 2011 junto con el resto de informes específicos pueden descargarse desde la página web del OAG.

## **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 2021. 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 2021, 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 2021 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.

### 1.3 Avances e informes previos

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

- Febrero 2021** Estudio puntual de corriente superficial en transecto perpendicular a la costa frente al Instituto Tecnológico y de Energía Renovables en la costa de Granadilla.
- Marzo 2021** Informe sobre la calidad del agua en el litoral frente al Polígono Industrial de Granadilla de Abona (Tenerife).
- Junio 2021** Informe de compatibilidad para otros usos de las “Instalaciones para reponer el flujo de arena de la dinámica litoral sedimentaria interrumpido por el Puerto de Granadilla”.
- Agosto 2021** Informe de proyecto básico de concesión administrativa de la parcela denominada como “Área comercial portuaria Puerto de Granadilla” para instalación de astillero.
- Agosto 2021** Informe estado del sebadal (*Cymodocea nodosa*) en la campaña de invierno de 2021.
- Agosto 2021** Informe estado del sebadal (*Cymodocea nodosa*) en la campaña de verano de 2021.
- Octubre 2021** Informe final del análisis de la corriente en la estación de muestreo TGr18 (La Jaquita) en El Médano.
- Diciembre 2021** Informe de documentación para la solicitud de informe de compatibilidad de la actuación de cierre y habilitación del muelle de ribera del puerto de Granadilla con las estrategias marinas (T. M. de Granadilla de Abona).
- Diciembre 2021** Informe sobre la prórroga de la “Concesión de ocupación de ciento setenta y nueve mil setecientos treinta y ocho metros cuadrados (179.738 m<sup>2</sup>) de dominio público marítimo-terrestre con destino a fondeadero de la playa de La Tejita, para suministro de combustible al aeropuerto Reina Sofía Tenerife Sur”, en el Término Municipal de Granadilla de Abona.



A lo largo del ejercicio hubo una importante incidencia con respecto a las molestias de ruido y vibraciones producidas a los vecinos de la zona por la plataforma petrolífera “Ocean GreatWhite” (Figura 1), que se cubre en el apartado 3.2.4.



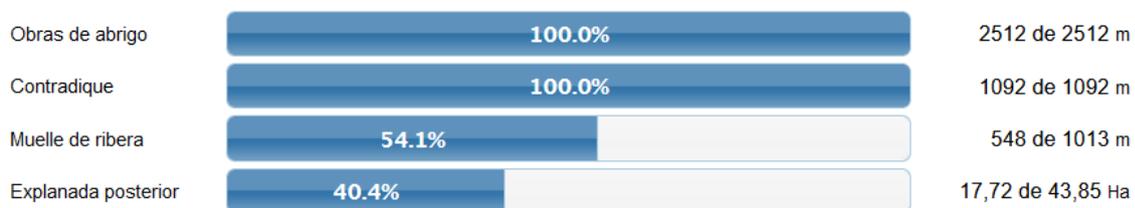
**Figura 1. Plataforma *Ocean GreatWhite* atracada junto al martillo de la obra de abrigo (12/01/2021)**

## 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 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 actualiza con ocasión de cada compra de imagen de satélite.

Por su parte, el OAG toma fotos de las obras, exponiéndose algunas en la misma sección de la página web. En 2021 se han incorporado al banco de fotos 5.109 imágenes (tomadas en 84 jornadas diferentes), con lo que el total disponible desde 2008 asciende a 47.218 instantáneas (incluidas también las fotos de la vigilancia y actividades conexas).



**Porcentaje de obra realizada respecto de la proyectada**

*Situación a 30 de octubre de 2021*

**Figura 2. Porcentaje de obra realizada a final de año 2021**

La web del OAG muestra también un odómetro (Figura 2) 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 22, las obras de abrigo y el contradique están ya concluidas (desde diciembre de 2016 en su desarrollo longitudinal). La medición de la explanada posterior corresponde a la parte que ocupa en el mar y postulada para el presente proyecto (117.000 m<sup>2</sup>). En el futuro, la explanada total será de aproximadamente 440.000 m<sup>2</sup>.

#### 2.1.1 Defensa y rellenos de explanada en el puerto de Granadilla

Como ya se ha informado en el anterior informe anual, la necesidad de avanzar en la ejecución del resto del puerto de Granadilla obligó a la APSCTFE a plantear un dique provisional paralelo al futuro muelle de ribera, pero retranqueado hacia tierra para permitir las operaciones necesarias para la construcción del muelle de ribera no ejecutado (Figura 3).



**Figura 3. Dique provisional del puerto de Granadilla. (Tomado de la memoria del “Defensa y rellenos de explanada en el Puerto de Granadilla”).**

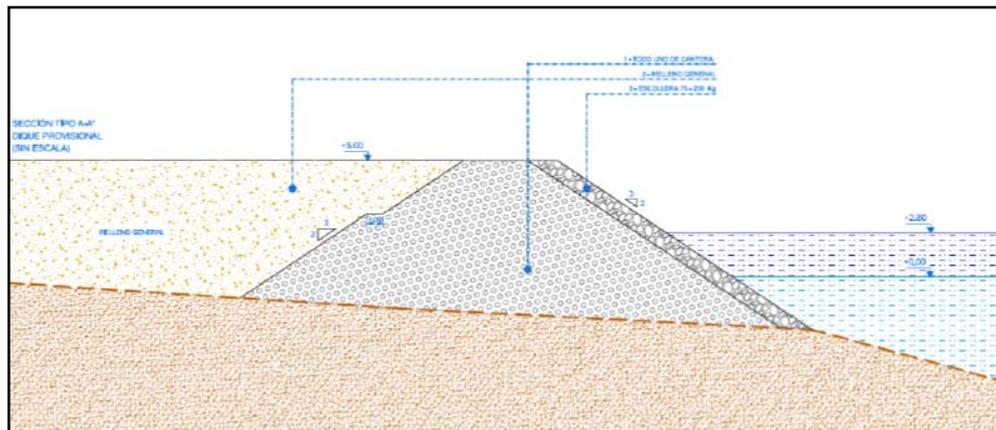
La actuación consiste en la excavación del Polígono Industrial de Granadilla y del Sector 1 (Figura 4), de donde se obtendrán los volúmenes de materiales necesarios para la construcción del dique de protección provisional y el relleno general del puerto. Además, se dejarán dos acopios, uno de escollera y otro de todo uno para su uso posterior por la APSCTFE.



**Figura 4. Dique provisional del puerto de Granadilla. (Tomado de la memoria del “Defensa y rellenos de explanada en el Puerto de Granadilla”).**

Aparte de la excavación y el refinado y abancalamiento de taludes, parte del proyecto consiste en la ejecución de un dique de protección provisional para generar un recinto cerrado que podrá ser objeto de un relleno general. Se contempla rellenar la máxima superficie posible con el material de excavación disponible, material que debe cubrir las necesidades tanto de los acopios, como del dique provisional y del terraplén a ejecutar.

El dique de protección provisional se plantea con una capa de escollera de 75 a 250 kg de un metro de espesor hasta la cota de los -8 metros con un talud de 3H:2V. El núcleo del dique se realizará con todo uno de cantera hasta la cota de +5 (Figura 5).



**Figura 5. Dique provisional del puerto de Granadilla. (Tomado de la memoria del “Defensa y rellenos de explanada en el Puerto de Granadilla”).**

Los trabajos han continuado de forma constante hasta octubre de 2021, ya que diversos problemas con los permisos para las voladuras necesarias en el Polígono Industrial, han hecho que se paralicen los aportes de materiales de préstamo (Figura 6). Los vertidos al mar cesaron el 8/10/2021 y los aportes de materiales para acopios el 2/11/2021.



**Figura 6. Estado del dique provisional del puerto de Granadilla a fecha 20 de octubre de 2021.**



Así mismo, continúan con los trabajos del vallado perimetral del puerto (Figura 7)



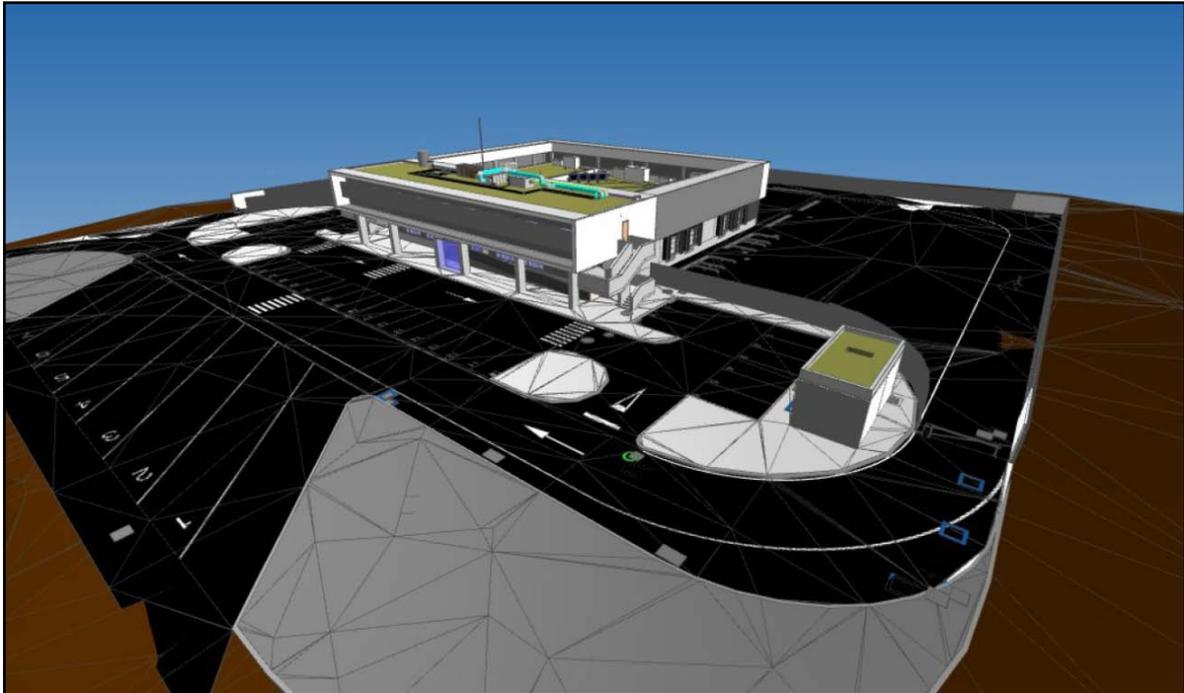
**Figura 7. Vallado del contradique (12/01/2021).**

### **2.1.2 Centro de Inspección Portuaria del puerto de Granadilla**

El 30 de septiembre de 2020 el Consejo de Administración de la APSCTFE adjudica las obras del proyecto “Centro de inspección portuaria del puerto de Granadilla, 1ª Fase”, a la empresa SATOCAN, S.A. por un importe de 2.842.469,79 euros (IGIC excluido) y un periodo de ejecución de 14 meses. Las obras comienzan el 4 de enero de 2021, con la firma del acta de replanteo.

El emplazamiento del Centro de Inspección Portuaria (CIP, en lo sucesivo) se sitúa sobre una parcela de uso industrial de 26.700 m<sup>2</sup>. Se proyecta un edificio de una planta rectangular con otro volumen superior que vuela sobre él en tres de sus costados (Figura 8). Dos de estos vuelos protegen los muelles de carga y descarga y el vuelo sobre la fachada principal y de acceso público protege dichos accesos a las dependencias administrativas. El volumen superior aloja una planta techada en parte, pero semicerrada, para alojar y ocultar de vistas las instalaciones de cubierta.

En la Figura 9 se muestra vista del estado de la edificación a fecha 21 de junio de 2021.



**Figura 8.** Imagen del modelo 3D de la edificación y urbanización del Centro de Inspección Portuaria (tomado de la memoria del “Proyecto modificado del Centro de Inspección Portuaria”, abril de 2022).



**Figura 9.** Estado del edificio Centro de Inspección Portuaria (21/06/2021).



### 2.1.3 Viario y redes básicas del puerto de Granadilla

Como ya se ha indicado anteriormente, las obras incluidas en el proyecto “Viario y redes básicas del puerto de Granadilla” fueron adjudicadas a la UTE Puerto de Granadilla (Sacyr Infraestructuras, SAU/AMC Construcciones y Contratas 2014, S.L., AMC) por acuerdo del Consejo de Administración de la APSCTFE de fecha 27 de noviembre de 2019, firmándose el acta de comprobación de replanteo el 28 de febrero de 2020.

En la sesión celebrada por el Consejo de Administración de la APSCTFE de 28 de abril de 2021, se examinó la propuesta relativa a la continuación provisional de las obras de “Viario y redes básicas del puerto de Granadilla”, que recibió la conformidad, acordándose la continuación provisional de las obras en los términos incluidos en tal propuesta. El 23 de julio de 2021 la APSCTFE recibe escrito del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana informado favorablemente sobre esta modificación de proyecto. La propuesta contempla los viarios básicos del puerto (Figura 10) y sus redes varias y actualmente se encuentra en ejecución.



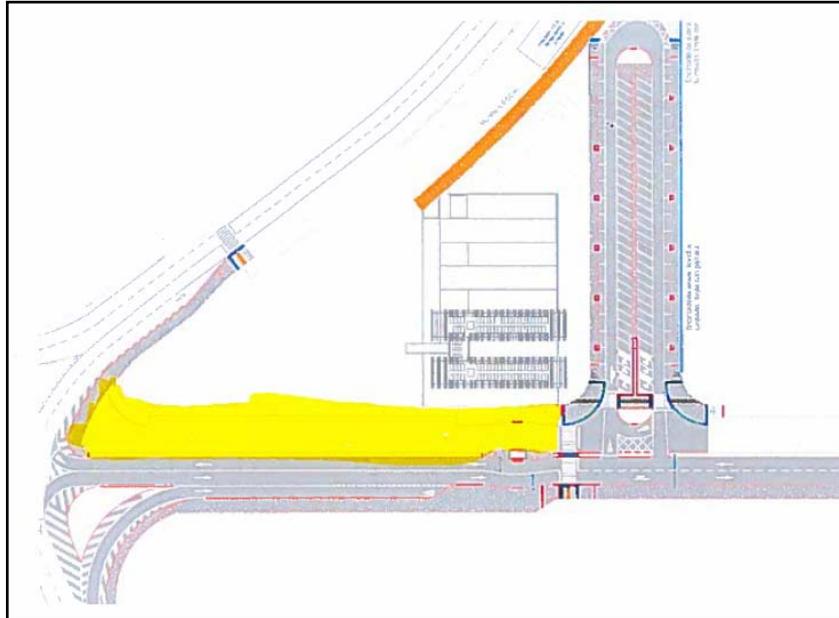
**Figura 10. Viario y redes básicas del puerto de Granadilla. Detalle de la rotonda del contradique hacia el cargadero de arena (20/05/2021).**

De forma resumida, se relacionan las modificaciones propuestas:

A.- Modificaciones por necesidad de añadir obras a las inicialmente contratadas:

- Pavimentación de calzada lado tierra y habilitación de acera en viario hasta el PK 0+186: al estar el edificio de servicios del puerto de Granadilla en ejecución, es

necesario habilitar la calzada y la acera del viario “A” que linda con la parcela del Edificio de Servicios del puerto (Figura 11).



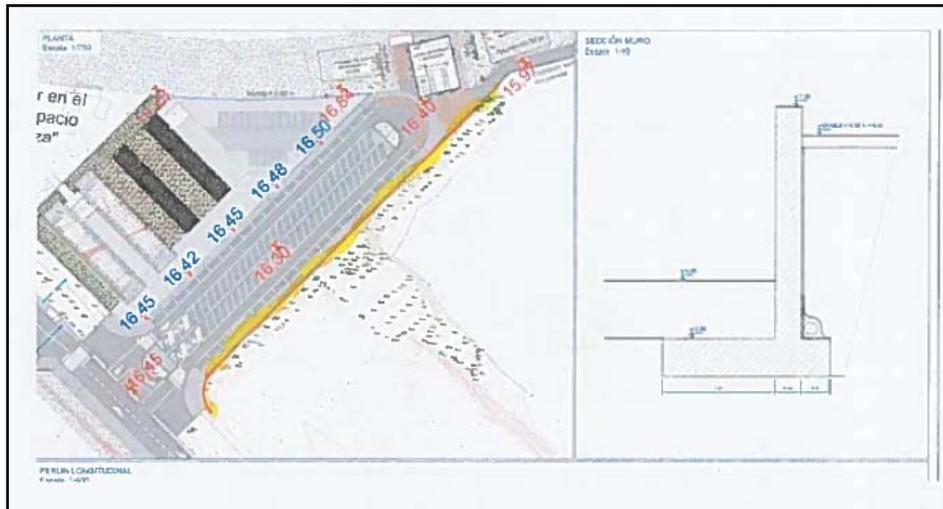
**Figura 11. Viario “A” que linda con la parcela del Edificio de Servicios del Puerto (tomado de la memoria del “Proyecto modificado N° 1 del “Viario y redes básicas del puerto de Granadilla”, septiembre de 2021).**

- Habilitación de la vía de servicio: para evitar incompatibilidades en materia de seguridad es necesario pavimentar la vía y dotarla de iluminación y drenaje.
- Adaptaciones a la red de saneamiento: para evitar la generación de inconvenientes significativos de carácter técnico y económico, es preciso incluir en el viario “D” y “E” un tendido de saneamiento por gravedad.

#### B.- Modificaciones por circunstancias sobrevenidas:

- Otorgamiento de concesión administrativa a la empresa Petrocan (muro de delimitación de parcela): Es preciso construir un muro que delimite la parcela del viario “F”, así que, en fecha 9 de noviembre de 2020 el Consejo de Administración de la APSCTFE otorga Concesión Administrativa a la empresa Petrocan para la ocupación de una superficie de 120.632,36 metros cuadrados a los efectos de instalar una factoría para el almacenamiento y abastecimiento de combustible de aviación, actividad de bunker y reservas estratégicas<sup>1</sup>. Esta concesión es posterior a la fecha de adjudicación del contrato, por lo que se hace necesario adaptar el proyecto (Figura 12) incrementando la partida de muros.

<sup>1</sup> VER Inf.OAG.2022.5 “Informe sobre el Estudio de Impacto Ambiental del parque de almacenamiento y distribución de combustible en el puerto de Granadilla (Tenerife), T.M. de Granadilla de Abona”; 8 páginas)



**Figura 12. Localización del muro limítrofe con la concesión administrativa otorgada a Petrocan (tomado de la memoria del “Proyecto modificado N° 1 del “Viario y redes básicas del puerto de Granadilla”, septiembre de 2021).**

- Modificación de muros por modificación de la canalización secundaria dentro de las obras “Canal de pluviales para el puerto de Granadilla” con posterioridad a la licitación de las obras: entre las modificaciones incluidas en el proyecto “Modificado N°1 del Canal de Pluviales del puerto de Granadilla” está la sustitución del canal secundario por una tubería enterrada, cambio que afecta en su desarrollo longitudinal a los muros de delimitación de las parcelas para las distintas edificaciones de la vía de servicio.
- Adaptaciones a la red de abastecimiento: tras los problemas detectados en la red de abastecimiento del dique exterior y del contradique, se hace preciso incorporar dispositivos de expansión a la red de abastecimiento proyectada que permitan asumir las dilataciones previstas.
- Adaptación de la red de media tensión: necesaria al no admitir la Consejería de Industria del Gobierno de Canarias el carácter privado de todas las instalaciones dentro del puerto.
- Modificaciones del cerramiento previsto en el proyecto: para dar cumplimiento a los requerimientos del Plan de Protección y Seguridad del puerto de Granadilla es necesario incrementar la altura del vallado con respecto al terreno hasta los 2,70 metros, frente a los 2 metros de altura previstos en el proyecto inicial.

C.- Modificaciones no sustanciales no incluidas en el contrato inicial: únicamente se mencionan, dada la complejidad de explicación.

- Modificaciones en las secciones de los viarios.
- Muro de la vía de servicio en la zona del marco II (giro DISA).
- Adaptación de las zanjas de canalizaciones.
- Adaptaciones del depósito de agua.

- Adaptaciones en la Red de Drenaje.
- Adaptaciones de la red de alumbrado.
- Adaptaciones de la red de baja tensión.
- Adaptación a la red de media tensión.
- Modificación del cerramiento del puerto.

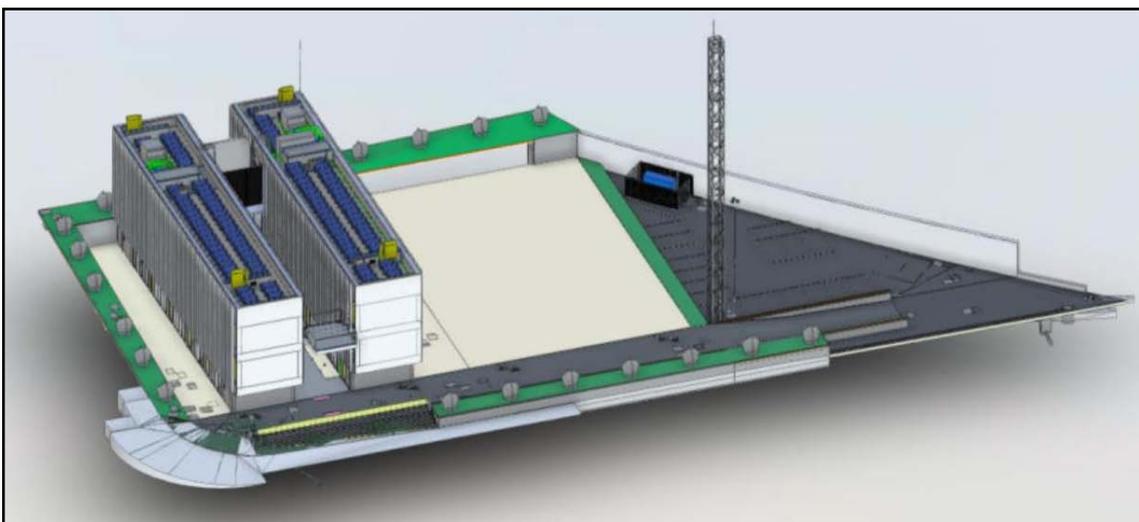
#### **2.1.4 Edificio de usos portuarios**

Tal y como se ha venido notificando, las obras incluidas en el proyecto “Edificio de servicios del Puerto de Granadilla” fueron adjudicadas a la UTE Edificio Servicios Puerto Granadilla por acuerdo del Consejo de Administración de la APSCTFE de fecha 30 de septiembre de 2020, comenzando las obras el 4 de enero de 2020.

Desde ese comienzo sobrevienen algunas circunstancias que, junto a la detección de algunos errores u omisiones del proyecto, obligan a la redacción del “Modificado nº 1 del Proyecto del Edificio de servicios del Puerto de Granadilla”.

Como ya se sabe, el proyecto recoge las actuaciones necesarias para la ejecución del edificio de uso administrativo destinado a las dependencias necesarias para la explotación del puerto. En él se ubicará la Policía Portuaria, Autoridad Portuaria, Policía Nacional y Guardia Civil. El OAG ya ha solicitado la cesión de una oficina para disponer de una sede en el puerto una vez se desmantele la infraestructura de la que la Fundación dispone de forma transitoria en el puerto.

El edificio se localiza en una parcela de 4.107,37 m<sup>2</sup>, constando, en su forma definitiva, con 4 módulos, aunque en esta primera ocupará una superficie construida de 2.601,43 m<sup>2</sup> con únicamente dos módulos y 17 plazas de aparcamiento, así como la urbanización de la parcela con construcción de muros de contención. (Figura 13).



**Figura 13. Imagen del modelo 3D de la edificación y urbanización del Edificio de Servicios del Puerto de Granadilla (tomado de la memoria del “Proyecto modificado nº 1 del Edificio de Servicios Portuarios del Puerto de Granadilla”, julio de 2022).**



Las obras se han venido llevando a cabo de forma continua (Figura 14), aunque durante su ejecución sobrevinieron algunas circunstancias que, junto con la detección de otros errores u omisiones del proyecto, hacían que fuera necesario modificar el proyecto. Se recogieron 27 modificaciones, dentro de los límites legales para considerarse no sustanciales. Estas modificaciones abarcan: rellenos de cimentación, hormigón en masa de contención talud encofrado, tabiques de pladur de mayor grosor, falsos techos resistentes a la humedad, saneamientos y remates de muros, vallados y adaptaciones de la carpintería, suministro y colocación de torre de comunicaciones adaptada a AESA, arquetas y altavoces de megafonía, unidades de tratamiento de aire, paneles solares, conductos, cajones de cierre, aislamientos acústicos, vallado, imbornales, etc.



Figura 14. Muros de contención del talud del edificio portuario (24/05/2021).

## 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 estudios realizados por el Instituto Hidrográfico de Cantabria (IH Cantabria, 2012) muestran que la dinámica costera en Granadilla obedece a un esquema diferente al de las costas continentales mediterráneas o atlánticas. 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 predijeron que, 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 espera que ocurra cuando el transporte es de oleaje. El volumen máximo de sedimentos retenidos es del orden de 2.000 m<sup>3</sup> en vez de los 50.000 m<sup>3</sup> para los que se diseñó el baipás, y los sedimentos no se acumularían al pie del dique norte del puerto, sino que se repartirían en una zona mucho más amplia (23 ha), haciendo prácticamente inviable la succión desde tierra que proponía la solución de baipás.

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](http://www.oag-fundacion.org).



**Figura 15. Ubicación del depósito de arena y punto de vertido de la alternativa adoptada**

La nueva solución consistió en reponer unos 2.000 m<sup>3</sup> anuales mediante descargas puntuales en la costa (Figura 15). Para garantizar la continuidad, se acopiaron unos 20.000 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>. 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<sup>3</sup>), suficiente para cubrir las necesidades correctoras de tres años.



Los puntos de vertido expuestos en el informe anual de 2018, no eran compatibles con las Normas de Conservación del Monumento Natural de Montaña Pelada, así que se determinó para las descargas el punto denominado Punta Brava de la Cueva del Trigo. En esta zona hay fondos rocosos que indican un transporte importante, coincidente con los modelos hidrodinámicos elaborados por el IH Cantabria. Según dicho modelado, allí disminuye el transporte de fondo pero, 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 llevó a cabo una prueba de vertido de 8 m<sup>3</sup> de arena, exponiéndose sus resultados en el Anexo I del informe anual de 2019.

Una vez seleccionado el punto, la APSCTFE llevó a cabo la redacción del proyecto, pero en diciembre de 2020 se recibe informe desfavorable del Órgano Gestor del Espacio Natural Protegido del Monumento Natural de Montaña Pelada (Área de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Seguridad del Cabildo de Tenerife), al estar prohibida por la normativa y el instrumento de planteamiento aplicable, la actividad que se pretende realizar.

Tal y como se indicó en el informe anual de 2020, era necesario, durante 2021, buscar alternativas viables para garantizar la reposición del flujo de arena. Se buscó una posible ubicación más al norte<sup>2</sup>, junto al Instituto Tecnológico de Canarias (ITER, en lo sucesivo), llevándose a cabo el día 9 de noviembre de 2021 una prueba en el saliente denominado “Punta del Risco” (Figura 16). Al encontrarse fuera del espacio natural protegido del Monumento Natural de Montaña Pelada, la intervención a realizar tendría un impacto visual menor que en los puntos del segundo y el tercer vertidos de prueba.



**Figura 16. Localización del último punto de prueba de vertido.**

<sup>2</sup> VER Inf.OAG.2022.3 “Informe sobre la Reposición del flujo de arena en la costa de Granadilla (Tenerife). Cuarta prueba de vertido”; 14 páginas

La prueba se llevó a cabo el 9 de noviembre de 2021, descargándose 12 m<sup>3</sup> de arena del depósito ubicado en la base de la obra de abrigo (Figura 17).



**Figura 17. Acopio de arena lista para ser vertida.**

La arena se vertió de forma gradual, durante unas cuatro horas, utilizando para ello una cubeta de vertido (Figura 18). El oleaje y el inicio de la marea llenante hicieron que la arena se dispersara de manera inmediata, no produciéndose acopio alguno.



**Figura 18. Grúa basculante con cubeta de vertido.**



Para el estudio de las corrientes locales de la zona, se fondeo del 12 de febrero al 15 de marzo de 2021, un perfilador de corrientes acústico doppler (Acoustic Doppler Current Profilers – ADCP) modelo Argonaut-XR de la casa SonTek.

El informe de la prueba concluye con las siguientes recomendaciones:

- 1.- El punto de vertido parece cumplir con los objetivos perseguidos, dispersando la arena de manera rápida en vaciante, produciéndose 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 APSCTFE el acondicionamiento de la zona.
- 3.- El vertido debe llevarse a cabo coincidiendo con la pleamar, justo al inicio de la marea vaciante y en un tiempo no superior a las 4 horas, para evitar el momento en que comience la nueva marea llenante. Así mismo, debe coincidir con los días de mayor amplitud de marea y con mar de fondo u oleaje.
- 4.- Si no se consiguieran los permisos necesarios para la ejecución del proyecto en este punto, el OAG considera que su desplazamiento hacia el norte no sería efectivo, puesto que con esta prueba ya se ha sobrepasado el límite predicho por el modelo IH Cantabria, y habría que decantarse por otras alternativas técnicas para acometer la medida correctora de obligado cumplimiento incluida en el Dictamen de la Comisión de 06/XI/2006 con arreglo al artículo 6, apartado 4, párrafo segundo, de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, sobre la “Solicitud del Reino de España en relación con el proyecto de construcción del nuevo puerto de Granadilla (Tenerife)”; proponiendo el OAG el vertido desde embarcación como la única ecológicamente viable, lo que además añadiría aspectos positivos, como la dispersión en un área mayor y a distintas profundidades, a costa de una mayor complejidad operativa y posiblemente un incremento de costes.

Con respecto a este último punto, es necesario informar que la APSCTFE ha iniciado los trámites para la licitación de la redacción del proyecto y solicitar los permisos pertinentes, por lo que se está a la espera de autorización de este punto de vertido de arena para reponer el flujo.

### **2.3 Medidas compensatorias**

Para compensar los efectos previstos del proyecto sobre la especie prioritaria de interés comunitario *Caretta caretta*, el hábitat natural prioritario “Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises)” y los lugares de Natura 2000 “Sebadales del Sur de Tenerife” y “Montaña Roja”, la Comisión Europea impuso unas medidas compensatorias mediante el Dictamen mencionado en el apartado anterior[1]. En dicho Dictamen, la Comisión Europea indica que toma nota del compromiso de las autoridades españolas de garantizar los recursos financieros necesarios para el control, aplicación y notificación adecuados de las medidas correctoras y compensatorias propuestas, considerando finalmente que el proyecto del nuevo puerto de Granadilla puede realizarse por razones imperiosas de interés público de primer orden, siempre y cuando se adopten a su debido tiempo cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida, como se establece en el punto en el que se relacionan las medidas propuestas.

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 con los fines para los que fue establecido. Después de catorce 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 y se cumple con toda la legislación vigente en materia laboral, de acceso al empleo público y de contratación del sector público. En el epígrafe “Transparencia” de la sede electrónica 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**

El Dictamen de la Comisión indica, con respecto a los efectos sobre el hábitat natural de interés comunitario 1110 “Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda” en el LIC “Seadales del sur de Tenerife”: *"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 Seadales de Antequera, en Tenerife, y Seadales de Güigüí (Figura 19), en Gran Canaria, tanto por parte del Gobierno de Canarias, como del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



Figura 19. ES7020128 Sebadales de Antequera (izquierda) y ES7011005 Sebadales de Güi-Güi (derecha)

### 2.3.4 B3 - Seguimiento de la tortuga boba

El Dictamen de la Comisión dice: “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 implica el plan de seguimiento (Figura 20), y hará una evaluación quinquenal. La última realizada corresponde al período 2013-2017<sup>3</sup> 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

<sup>3</sup> 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.

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

Las campañas de censo relativo de 2021 se realizaron en julio (Gran Canaria), agosto y octubre (Tenerife) y septiembre (Fuerteventura), con avistamientos de 6, 7 y 0 ejemplares de tortuga boba, respectivamente (Tabla 1, datos en negrilla).

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

| Especie                        | Campaña 2021 |   |   |            |   |   |
|--------------------------------|--------------|---|---|------------|---|---|
|                                | Grupos       |   |   | Ejemplares |   |   |
|                                | T            | C | F | T          | C | F |
| <b>Balaenopteridae</b>         |              |   |   |            |   |   |
| <b>Cachalote</b>               |              |   |   |            |   |   |
| <b>Calderón gris</b>           |              |   |   |            |   |   |
| <b>Calderón tropical</b>       | 1            |   |   | 11         |   | 1 |
| <b>Charrán común</b>           |              |   |   |            |   |   |
| <b>Delfín común</b>            |              |   |   |            |   |   |
| <b>Delfín de diente rugoso</b> |              |   |   |            |   |   |
| <b>Delfín listado</b>          |              |   |   |            |   | 1 |
| <b>Delfín moteado</b>          |              |   |   | 1          |   | 1 |
| <b>Delfín mular</b>            |              |   |   | 5          | 1 | 1 |
| <b>Gaviota</b>                 |              |   |   |            |   |   |
| <b>Garceta común</b>           |              |   |   |            | 1 |   |
| <b>Petrel de Bulwer</b>        |              |   |   |            |   |   |



|                              |   |   |     |
|------------------------------|---|---|-----|
| <b>Pardela</b>               | 1 | * |     |
| <b>Rorcual indeterminado</b> |   |   |     |
| <b>Rorcual común</b>         |   |   |     |
| <b>Rorcual tropical</b>      |   | 1 | 1   |
| <b>Tiburón martillo</b>      |   | 2 |     |
| <b>Tortuga boba</b>          |   | 6 | 7 0 |
| <b>Tortuga verde</b>         |   | 2 |     |
| <b>Zifio de Cuvier</b>       |   |   | 2   |
| <b>Zifio indeterminado</b>   |   |   |     |

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

El proyecto de restauración de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja fue elaborado por el Área de Turismo y Paisaje del Cabildo de Tenerife en 2002. Este proyecto recogía las actuaciones que la Corporación Insular consideraba que debían llevarse a cabo dentro del espacio natural. Con objeto de dar cumplimiento a las medidas compensatorias recogidas en el Dictamen de la Comisión, entre las que se encontraba la ejecución del proyecto de restauración de la Zona de Especial Conservación (ZEC) ES7020049 Montaña Roja, la APSCTFE redactó en 2006 el proyecto denominado “Proyecto de Restauración de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja, Fase I”. Este proyecto fue el resultado de extraer del proyecto original mencionado, elaborado por el Cabildo, las actuaciones comprendidas en terrenos de titularidad pública.

Esta primera fase de la medida compensatoria fue verificada y evaluada por el OAG en 2009, ya que debía realizarse 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 (2021) no se han apreciado acumulaciones de basura relevantes ni señales de vandalismo que preocupen, pero sí gran afluencia de público.

La vegetación persiste, dependiendo la evolución de su estado (acumulación de fitomasa) fundamentalmente de la pluviometría, que en 2021 ha sido muy baja (4,93 l/m<sup>2</sup> de precipitación media y un acumulado anual de 59,2 l/m<sup>2</sup>), con lluvias muy escasas y dispersas.

Para poder completar el cumplimiento de la medida compensatoria, se debe ejecutar la Fase II del proyecto de restauración. Para ello, la APSCTFE ha sacado a licitación pública (Expediente 22-27/2022) el “Proyecto de restauración de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja, Fase II”, mediante procedimiento abierto, por un valor estimado del contrato de 459.652,39 euros y con un plazo de ejecución de 10 meses. A fecha de este informe de 2021 (septiembre de 2022), se encuentra en fase de adjudicación, habiendo sido admitidos dos licitadores.

El OAG hará un seguimiento de la ejecución del proyecto, al tiempo que una verificación y evaluación una vez terminado éste. Este seguimiento se publicará de forma periódica en la web, con emisión de informe final, una vez ejecutado en su totalidad.

Sigue preocupando el incremento de visitantes que está teniendo lugar en esta ZEC durante los últimos años, circulación fuera de las pistas y senderos habilitados, masificación, incluso celebración de eventos deportivos, conciertos multitudinarios, etc.

## 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 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, reforzando 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<sup>4</sup>. 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*.

---

<sup>4</sup> Tuya *et al.* (2017). *Artificial seagrass leaves: a 'shield' to increase the survivorship of seagrass seedlings transplants*". Publicado en *Aquatic Botany* 136: 31–34.

### **3 EL SEGUIMIENTO AMBIENTAL**

El esquema del seguimiento ambiental del puerto en fase operativa difiere un poco del que se venía aplicando en fase de obras (ver justificación en PVA 2017-2021), sobre todo en lo que concierne al medio terrestre. No obstante, se 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**

En el informe anual del año 2019 se realizó una actualización de la evolución de las condiciones meteorológicas locales (Anexo II del informe del año 2019). Dicha actualización se volverá a llevar a cabo a lo largo del año 2022 en informe específico. El anexo actualmente en vigor puede consultarse en el mencionado informe, en el enlace:

[https://www.oag-fundacion.org/content/pdf/oag/pvagr\\_11.2020\\_Informe\\_anual\\_2019\\_Granadilla.pdf](https://www.oag-fundacion.org/content/pdf/oag/pvagr_11.2020_Informe_anual_2019_Granadilla.pdf).

#### **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, rellenos, explanada posterior, etc., por lo que es necesario mantener la vigilancia de muchos de los aspectos en los mismos términos que en la fase de obra. También se incluyen en este epígrafe aquellas actuaciones vinculadas a la urbanización de la zona portuaria en el medio terrestre.

##### **3.2.1 Materiales de acopio externos**

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

Se presume que los materiales que restan por incorporarse a las obras del puerto procederán en su mayoría de la excavación del colindante Polígono Industrial de Granadilla, 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<sup>3</sup> por lo que el OAG seguirá con las mismas verificaciones que durante la fase de obra.

Durante el año 2021 se han producido aportes externos de material provenientes de 2 puntos de préstamo, con un total de 86.925 metros cúbicos. Los puntos de préstamo, sus características y aportes, son detallados en el anexo I.

##### **3.2.2 Rellenos de las explanadas portuarias**

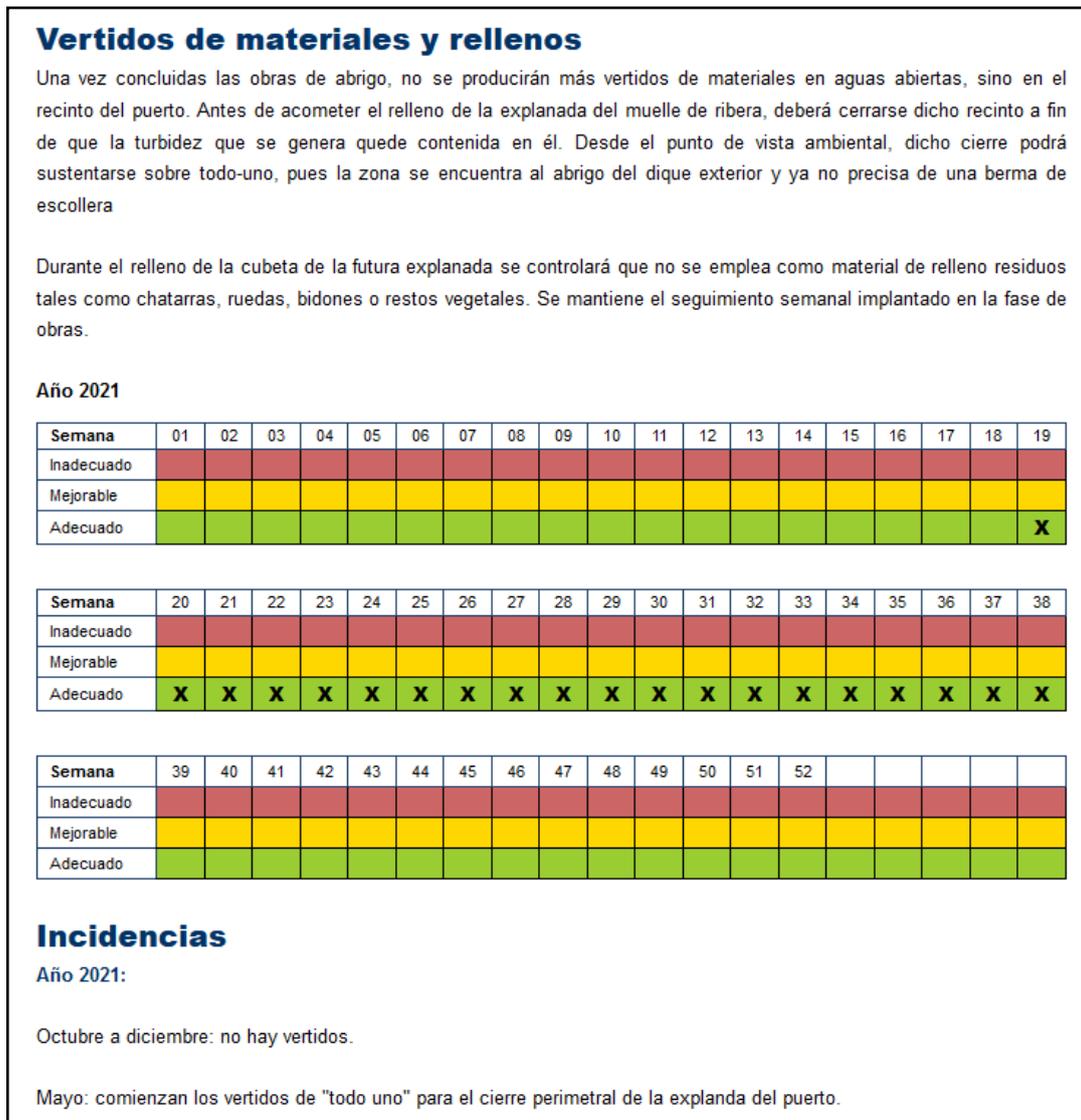
Está previsto que, para el relleno de la explanada del muelle de ribera, se cierre el recinto a relleno mediante un camellón perimetral de relleno general a fin de que la turbidez que se genera quede contenida en él. Desde el punto de vista ambiental, dicho cierre podrá sustentarse



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

Como ya se comentó en el apartado 2.1 los trabajos de cierre no han continuado más allá de octubre de 2021 por problemas con las autorizaciones necesarias para la realización de voladuras (Figura 21).



**Figura 21. Extracto de lo informado en la web del OAG**

### 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 2021 siguen siendo frecuentes. Por otra parte, las obras del puerto son una fuente importante de generación de polvo dado el continuo trasiego, carga y vertido de materiales. Las mediciones de polvo se llevaron a cabo desde enero hasta noviembre. Al cesar el vertido de áridos al final de la fase de obras, se decidió parar los muestreos, procediendo a la reactivación de éstos desde que vuelvan a autorizarse las voladuras necesarias en el polígono industrial.

Para mitigar el nivel de polvo las pistas siguen siendo regadas aunque, con el paso de los camiones durante estos años, se haya compactado la superficie de aquéllas que se mantienen operativas. Los problemas más importantes de polvaredas tuvieron lugar en la bajada llevada a cabo frente al giro del desvío de pluviales (Figura 22) y en la zona de vertidos y acopios (Figura 23). El OAG informa en su web (Figura 24), tanto de la concentración de partículas como de las medidas de refuerzo.



**Figura 22. Polvaredas en la bajada de camiones hacia el punto de vertido (mayo de 2021)**



**Figura 23. Polvaredas en la zona del antiguo cargadero (mayo de 2021)**

Durante el periodo muestreado por los captadores de partículas en 2021, únicamente en dos ocasiones se superaron (en la estación del ITER, fuera del recinto portuario) los límites expuestos por la normativa vigente. Esto ocurrió el 4 y el 10 de octubre de 2021, con valores de 37,72 y 37,71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el captador del OAG, inmerso en la obra, como es lógico, se superaron en más días. Se resumen en la siguiente tabla:

| Fecha                 | Concentración muestras ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|-----------------------|---|
| 9 al 12 de marzo      | 3 ciclos: 36,76; 37,82 y 44,39.                     |
| 4 al 6 de mayo        | 2 ciclos: 50,68 y 38,66.                            |
| 7 al 10 de junio      | 3 ciclos: 50,11; 49,07 y 46,05.                     |
| 7 al 10 de septiembre | 3 ciclos: 63,25; 73,39 y 51,19.                     |
| 4 al 8 de octubre     | 4 ciclos: 92,24; 135,92; 106,18 y 81,2.             |
| 8 de noviembre        | 4 ciclos: 68,78; 43; 44,9 y 47,56.                  |

Para mitigar el polvo en suspensión generado por las obras, el PVA plantea el riego de las superficies por las cuales se desplaza la maquinaria y en las zonas en las cuales se acopian los materiales. Asimismo, los camiones deberán circular con lona protectora para evitar la generación de polvo por rozamiento con el aire. En relación con el ruido, la obra deberá procurar que no exista maquinaria funcionando innecesariamente, ni que sus motores o silenciosos presenten defectos que provoquen más ruido del necesario. La verificación de estas medidas de mitigación se realiza con frecuencia quincenal, y su evaluación se expresa sintéticamente como B = bien, R = regular y M = mal.

| Año 2021           | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Riego de pistas    | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | R   | B   | B   | B   | B   |
| Refuerzo del riego | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | R   | R   | R   | R   |
| Ruido extra        | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   |

Notas:

Octubre de 2021: al no haber vertidos, el número de camiones circulando dentro de la obra es mínimo, por lo que ha disminuido la necesidad de refuerzo del riego.

Julio de 2021: aunque se han reforzado los riegos, es necesario incrementarlos en las zonas de más tránsito, dadas las condiciones de viento del verano en la zona.

Mayo de 2021: es necesario reforzar los riegos en la rampa de bajada llevada a cabo en el desvío de pluviales.

Figura 24.Extracto de lo informado en la web del OAG

### 3.2.4 Niveles sonoros

El PVA original estipulaba la medición de los niveles sonoros un día de cada mes (durante tres minutos), además de tres campañas al año de 15 días de duración cada una, 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) pueden verse en la 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 25. 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 25.

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 Tabla 3)
- 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.

Promediando las tres estaciones, el máximo nivel de presión sonora en un minuto ha superado el 33,67% de las veces el nivel basal de 73,51 db medido en 2021. Los niveles diarios superan el 31,88% (ER1), el 38,89% (ER2) y el 25% (ER4) de las veces el límite establecido por la

ordenanza municipal para instalaciones industriales en el medio urbano (promedio de 31,92%) (Tabla 3)

**Tabla 3. Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto /quincena) en 2019, 2020 y 2021**

| 2019<br>NS máx        | Total de<br>medidas | Superan<br>65 db | Proporción | Superan<br>73,51 db | Proporción | Superan<br>80 db | Proporción |
|-----------------------|---------------------|------------------|------------|---------------------|------------|------------------|------------|
| <b>ER1 – Rotonda</b>  | 54                  | 36               | 66,67%     | 24                  | 44,44%     | 21               | 38,89%     |
| <b>ER2 – Casetas</b>  | 54                  | 49               | 90,74%     | 48                  | 88,89%     | 47               | 87,04%     |
| <b>ER4 - Polígono</b> | 54                  | 52               | 96,30%     | 43                  | 79,63%     | 21               | 38,89%     |
| <b>Promedio 1 min</b> | 54                  | 46               | 84,57%     | 38,33               | 70,99%     | 29,66            | 54,94%     |
| 2020<br>NS máx        | Total de<br>medidas | Superan<br>65 db | Proporción | Superan<br>73,51 db | Proporción | Superan<br>80 db | Proporción |
| <b>ER1 – Rotonda</b>  | 72                  | 70               | 97,22%     | 38                  | 52,78%     | 24               | 33,33%     |
| <b>ER2 – Casetas</b>  | 72                  | 63               | 87,50%     | 50                  | 69,44%     | 32               | 44,44%     |
| <b>ER4 - Polígono</b> | 72                  | 64               | 88,89%     | 35                  | 48,61%     | 19               | 26,39%     |
| <b>Promedio 1 min</b> | 72                  | 65,67            | 91,20%     | 41,00               | 56,94%     | 25               | 34,72%     |
| 2021<br>NS máx        | Total de<br>medidas | Superan<br>65 db | Proporción | Superan<br>73,51 db | Proporción | Superan<br>80 db | Proporción |
| <b>ER1 – Rotonda</b>  | 69                  | 62               | 89,96%     | 38                  | 55,07%     | 22               | 31,88%     |
| <b>ER2 – Casetas</b>  | 72                  | 58               | 80,56%     | 37                  | 51,39%     | 28               | 38,89%     |
| <b>ER4 - Polígono</b> | 72                  | 61               | 84,72%     | 26                  | 36,11%     | 18               | 25%        |
| <b>Promedio 1 min</b> | 72                  | 60,33            | 85,04%     | 33,67               | 47,52%     | 22,66            | 31,92%     |

El ruido se mantiene en los valores medios, incrementándose, por los movimientos de maquinaria y vertidos en la zona los meses de mayor actividad (Figura 26).



**Figura 26. Medición del ruido diario en 2021 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones**

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.

Desde principios de año, diversas quejas recibidas en el registro de entrada de la APSCTFE, correos electrónicos varios y noticias de prensa y televisión, ponen de manifiesto determinadas molestias por sonido/vibraciones por parte de los vecinos de El Médano. Según se recoge en estas quejas, se trata de ruido y/o vibraciones que impiden trabajar y descansar, llegando incluso, según manifiestan algunos vecinos, a producir grietas en paramentos verticales de sus viviendas. Parecen ser vibraciones de muy baja frecuencia, notándose más al principio o al final del día y con vientos flojos, sobre todo de componente este. Como origen de la vibración señalaban a una plataforma petrolífera atracada junto al martillo de la obra de abrigo.

Desde el OAG, se llevaron a cabo distintas comprobaciones con sonómetro, no detectando ninguna anomalía, si es bien es verdad que, posicionados junto a la plataforma, se detectaba por el operario del OAG una vibración molesta, pero que no era registrada por el sonómetro (queda fuera del rango de muestreo de éste).

Se procedió a contactar con la APSCTFE con la mayor brevedad posible para que intentase solventar el problema. Éste tenía origen, efectivamente, en la plataforma indicada, siendo causado por los escapes. Tras la aplicación de una serie de correcciones, estas vibraciones cesaron.

El OAG continuará con la vigilancia ambiental del ruido, no sólo en las estaciones de muestreo propias que tiene en la obra, sino en las embarcaciones que atraquen en el puerto, con el fin de detectar y poner en conocimiento de la APSCTFE hechos análogos. No obstante, se insta a la población que pueda verse afectada por éste u otros problemas ambientales con origen en el puerto a contactar con el OAG para buscar posibles soluciones.

### 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 sobre el modo de proceder en caso de encontrar un ave deslumbrada (p.ej. pardela). Todas las luminarias instaladas deben 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, para reducir el flujo luminoso un tercio de lo normal a partir de las doce de la noche sin detrimento de la uniformidad. La medida no se aplicará donde la iluminación resultante fuese 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 informa en su web de las revisiones periódicas (Figura 28).

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. En la Figura 27 se muestran dos de las embarcaciones atracadas en el puerto. A la derecha de la imagen se observa cómo la estación petrolífera cumple (como hiciera en 2020) con las indicaciones de la APSCTFE manteniendo únicamente encendidas las luces que, por seguridad, debe tener encendidas. La embarcación a la izquierda, sin embargo, es el caso contrario. Se da la circunstancia de que la foto fue tomada en fechas en que los pollos



de pardela parten hacia el océano por primera vez para un viaje de varios años antes de regresar a tierra.



**Figura 27. Ejemplo de mitigación lumínica correcta (derecha) e incorrecta (izquierda)**

**Mitigación lumínica**

Muchas aves marinas regresan a tierra durante la noche y pueden verse deslumbradas por las luces del recinto portuario. Mientras dure la instalación de las luminarias, se verificará quincenalmente el cumplimiento de las disposiciones de la DIA al respecto y se informará al personal portuario sobre el modo de proceder en caso de encontrar un ave deslumbrada (p.ej. pardela):

- La luz emitida se proyecte por debajo del plano horizontal tangente al punto más bajo de luminaria.
- Luminaria instalada sin ninguna inclinación.
- Las lámparas son de vapor de sodio a baja presión (no de vapor de mercurio, de vapor de color corregido ni de halogenuros metálicos).
- El alumbrado del vial tiene 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)

**Año 2021**

| Semana         | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Verificación A | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación B | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación C | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación D | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |

| Semana         | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Verificación A | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación B | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación C | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación D | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |

| Semana         | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Verificación A | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación B | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación C | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |
| Verificación D | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  | S  |

S = sí; N = no; P = pendiente.

Incidencias:

Las luminarias definitivamente instaladas funcionan con LEDs (corrección de la medida "c" a controlar).

**Figura 28. Extracto de lo informado en la web del OAG**

### 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. Generó turbidez local y el desenraizamiento de la seba que allí crecía. Los dragados vinculados a la preparación de la banqueta del muelle de ribera son importantes y comenzaron, en 2014 y concluyeron en 2017. Sus efectos ambientales 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 de 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, por si fuera 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 2021 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 un plan interior marítimo (PIM) que concrete las medidas preventivas y de actuación frente a estas eventualidades y determine el equipo material y los recursos humanos que han de estar en condiciones de actuar de inmediato. Corresponde al OAG:

- a) Comprobar los términos de dicho plan desde el 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 las barreras anticontaminantes en perfecto estado operativo (para el cierre de la bocana, por ejemplo) y el buen funcionamiento de las bombas de extracción.
- c) Hacer un seguimiento de la evolución de derrames que salieran de la dársena portuaria o se produjeran fuera de ella, así como 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. La última versión de éste, que incluye las observaciones recibidas por parte de la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias ha sido remitida a Capitanía Marítima de Santa Cruz de Tenerife y a la Dirección General de Seguridad y Emergencias para emisión de informes, si es procedente.

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 acceder a todos los rincones de la dársena y acondicionada para retirar la basura flotante, y deberá realizar inspecciones cada día.

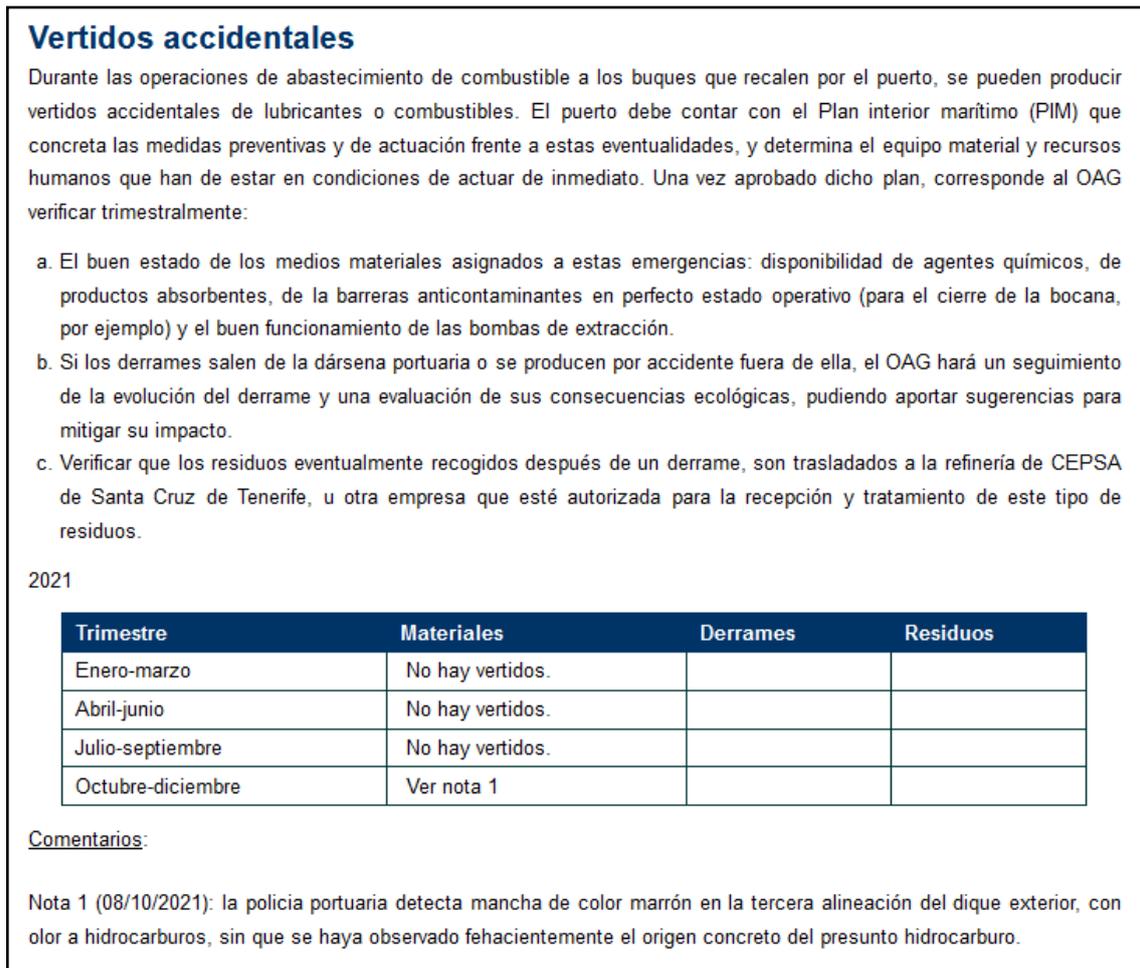
Por su parte, el OAG:

- Comprobará semanalmente y de modo no regular, la eventual presencia de residuos flotantes y las labores de inspección y limpieza (Figura 29).
- Verificará que los residuos son debidamente tratados por gestor autorizado.

| 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. 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) <b>Control de residuos flotantes.</b> Comprobación semanal (modo no regular) de presencia de residuos flotantes, de ejecución de las labores de inspección y limpieza (Si/No), y en su caso, verificación de que los residuos sólidos son debidamente tratados por gestor autorizado.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Año 2021  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Semana  | 51 | 52 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Inspección  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Gestor autor.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Muchos residuos   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Pocos residuos  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Sin residuos  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  |
| Semana  | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| Inspección  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Gestor autor.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Muchos residuos   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |
| Pocos residuos  |    |    |    |    |    | X  |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Sin residuos  | X  | X  | X  | X  | X  |    | X  |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  |
| Semana  | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 |
| Inspección  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Gestor autor.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Muchos residuos   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Poco residuos   |    |    |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Sin residuos  | X  | X  | X  |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Comentarios:  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Semana 44:</b> se detecta mancha de hidrocarburo dentro del puerto que se dispersa por la bocana, sin que se haya procedido ni a su recogida ni a su tratamiento.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Figura 29. Extracto de lo informado en la web del OAG

En 2021 no se dispone de la embarcación de limpieza necesaria. De hecho nunca se ha dispuesto de esta embarcación que debería inspeccionar la dársena diariamente. El OAG vuelve a reiterar la necesidad de ésta, a la par del cumplimiento de las obligaciones contraídas. De enero a octubre no se detectan vertidos. El 8 de octubre de 2021, la policía portuaria detecta mancha de color marrón en la tercera alineación del dique exterior, con olor a hidrocarburos, sin que se haya observado fehacientemente el origen concreto del presunto hidrocarburo. La mancha debería haber sido recogida y tratada pero no se hizo, al no disponer de la embarcación adecuada (Figura 30).



**Figura 30. Extracto de lo informado en la web del OAG**

### 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 blanquízal, 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 2021 no se observó ningún pescador deportivo dentro de las instalaciones (Figura 31).



Figura 31. Extracto de lo informado en la web del OAG

### 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.

El OAG se ha percatado de la gran afluencia de amantes de los deportes náuticos en la zona protegida por el contradique de los vientos predominantes del Noreste. Es común observar a buceadores, windsurfistas, *kilters*, *wingsurfistas*, *kayakers*, etc. (Figura 32) cruzando la bocana del puerto, por lo que el OAG insta a la APSCTFE a que, lo antes posible, de cara a la creciente actividad portuaria, instale boyas perimetrales perpendiculares al contradique, señalizando el canal de acceso, o llegue a acuerdo con el Ayuntamiento de Granadilla para delimitar la zona de baño y deportes náuticos, para evitar accidentes. No estaría de más poner carteles informativos en las playas colindantes, cada vez más frecuentadas.



**Figura 32. Wingfoil al abrigo del contradique (enero de 2021)**

### **3.3 Integración paisajística**

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

#### **3.3.1 Adecuación cromática**

En las fachadas de las naves se empleará preferentemente colores de las gamas dominantes en el entorno natural (amarillos, ocre, tierras, etc.), y se procurará evitar el uso de materiales que reflejen excesivamente la luz natural. En general, se busca no generar contrastes cromáticos disonantes con el entorno paisajístico. En 2021 no se ha construido ninguna nave ni edificio. De manera provisional, siguen dispuestas unas oficinas móviles en la base de la obra de abrigo para las dependencias de la policía portuaria y Guardia Civil.

#### **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 2021 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. Estos bolos y callaos deberán 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 y volumen, y se verificará finalmente su destino y uso. Se han detectado pequeños acopios de residuos asfálticos en la misma parcela donde se acopian (Figura 33).



Figura 33. Acopio de callaos en su ubicación actual (mayo de 2021)

### 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 (aunque transformado, lógicamente). 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.). Una vez concluido el dique exterior, se conformó el nuevo esquema de la dinámica litoral. La modificación de la dinámica litoral se postuló como 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 m<sup>3</sup> anuales, muy inferior al transporte potencial calculado (4.000 - 21.500 m<sup>3</sup> año). Ver Figura 34.



Figura 34. Franja de transporte eólico de arenas desde la bahía de El Médano

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 podrían 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 2021, se calcula tanto el flujo por separado del año 2021, como el acumulado de los años 2017 a 2021. La Tabla 4 resume los datos obtenidos en los cinco años.



**Tabla 4. Datos obtenidos con cálculos para los años 2017 a 2021 y el acumulado.**

| Año                   | Flujo anual en toda la franja (Tm/m <sup>3</sup> ) | Flujo anual que se dirige a Tejita (82,4%)(Tm/m <sup>3</sup> ) | Tasa por hora (gr/m/h) |
|-----------------------|--|--|------------------------|
| 2017                  | 5.594 / 3.901                                      | 4.710 / 3.284  | 735                    |
| 2018                  | 1.533 / 1.069                                      | 1.290 / 890  | 201                    |
| 2019                  | 10.536 / 7.348                                     | 8.871 / 6.186  | 1.384,97               |
| 2020                  | 16.437/11.462                                      | 13.839/9.651   | 2.130,34               |
| 2021                  | 93.985/65.540                                      | 79.131/55.182  | 1.235,95               |
| Acumulado (2017+2018) | 3.716 / 2.592                                      | 3.129 / 2.182  | 489                    |
| Acumulado (2017-2019) | 3.985 / 2.779                                      | 3.355 / 2.340  | 524                    |
| Acumulado (2017-2020) | 6.245/4.355  | 5.285/3.667  | 821                    |
| Acumulado (2017-2021) | 13.256,69/9.244,55                                 | 11.161,6 / 7.783,54  | 1.742,55               |

El flujo anual en 2021 de arena en toda la franja se ha estimado en 93.985 Tm o 65.540 m<sup>3</sup>, de los cuales, el 84,2%, es decir, 79.131 Tm o 55.182 m<sup>3</sup> 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 12.354 gr/m/h. Para estos cálculos se ha usado una densidad de arena de 1,43 g/cm<sup>3</sup> (media de cinco muestras tomadas en la zona). Comparando los datos del 2021 con años anteriores, se continúa con la tendencia del incremento de transporte de arena.

En 2021 finaliza el PVA en fase operativa I, y con él, la toma de datos de las trampas de arenas para el cálculo de dicho transporte. Se comenzó el muestreo en enero de 2017 y se finalizó en diciembre 2021, por lo que se obtiene un histórico de 5 años completos. Si fuera detectado cambio en el basculamiento de la playa de La Tejita o en sus perfiles batimétricos, podrían ser retomados estos estudios.

### 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 2020 ha habido muy pocas precipitaciones. La borrasca Filomena, tocó la costa de Granadilla entre el 7 y el 8 de enero, dejando fuertes precipitaciones que erosionaron incluso parte de la playa de El Médano, recuperándose posteriormente.

En el año 2022 se publicará la actualización del informe específico de condiciones meteorológicas locales (ver punto 3.1 del presente informe).

### 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 fue hasta 2013. La boya de oleaje fue robada mientras se encontraba en tierra para labores de mantenimiento, no habiendo 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.

En la actualidad, Puertos del Estado suministra en su página web ([www.puertos.es](http://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 del informe del año 2019 sobre el clima de Granadilla se desarrolla este punto con más profundidad, siendo su próxima actualización en 2022.

### 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 adoptó un sistema de envío de datos de la boya a tiempo real por lo que se minimizaron los posibles errores de comunicación, y se han obtenido datos hasta agosto de 2020. La boya fue retirada en 2021.

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 hasta noviembre de 2020 se obtuvieron datos en continuo con un perfilador de corrientes (ADP) fondeado en la estación TGr18 (Anexo II del informe anual de 2020).

En 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. Esta investigación actualmente está siendo desarrollada por antiguo personal del OAG, en el marco de una tesis doctoral.

Para comprender mejor el comportamiento de la hidrodinámica local tras la conclusión de las obras de abrigo, el OAG ha empleado boyas de deriva para reconstruir los flujos locales en



marea llenante y vaciante, en diversas campañas, en años anteriores. Para completar la información de estos estudios se realizó el 07/02/2021 la suelta lineal desde la Punta de Cueva del Trigo hacia el mar en marea vaciante.

La campaña de 2021 (Figura 35) muestra trayectorias similares a las obtenidas con anterioridad, vinculadas a las mareas. En marea llenante, la corriente discurre en dirección NE, paralela a costa; y en marea vaciante lo hace en dirección SO.



**Figura 35.** Trayectorias seguidas por las distintas boyas (colores distintos) en la suelta lineal realizada en marea vaciante el 07/02/2021 desde Punta Cueva del Trigo hacia mar adentro

### 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 36). 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<sup>2</sup>/día, aunque su variación es amplia (17,9 – 178,2 gr/m<sup>2</sup>/día). Cabe mencionar que en este año 2021 se realizó el último muestreo de captadores, por lo que se obtiene un histórico de 10 años (de 2011 a 2021) de estos datos. En caso de detectar la necesidad de retomarán dichas mediciones.

- En general, la tasa de sedimentación en 2021 ha aumentado respecto al año 2020 y 2019.
- La tasa de sedimentación media en el primer trimestre es de 15,2 gr/m<sup>2</sup>/día y en el segundo de 43,6 gr/m<sup>2</sup>/día.

- El año 2014 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 y 2020 vuelve a registrarse un descenso y nuevo aumento, aunque ligero, en 2021.
- La tasa promedio anual de sedimentación de todas las estaciones en 2021 es de 32,7 gr/m<sup>2</sup>/día, valor ligeramente superior al obtenido en el año 2020 y 2019 (27,5 y 22,8 gr/m<sup>2</sup>/día respectivamente), pero bastante menor que en años anteriores (por ejemplo, en 2018, que fue de 58,7 gr/m<sup>2</sup>/día).
- El valor máximo del año se registró en la estación TGr05 Tarajales (145,2 gr/m<sup>2</sup>/día) y el menor en la TGr04 La Caleta (0 gr/m<sup>2</sup>/día).

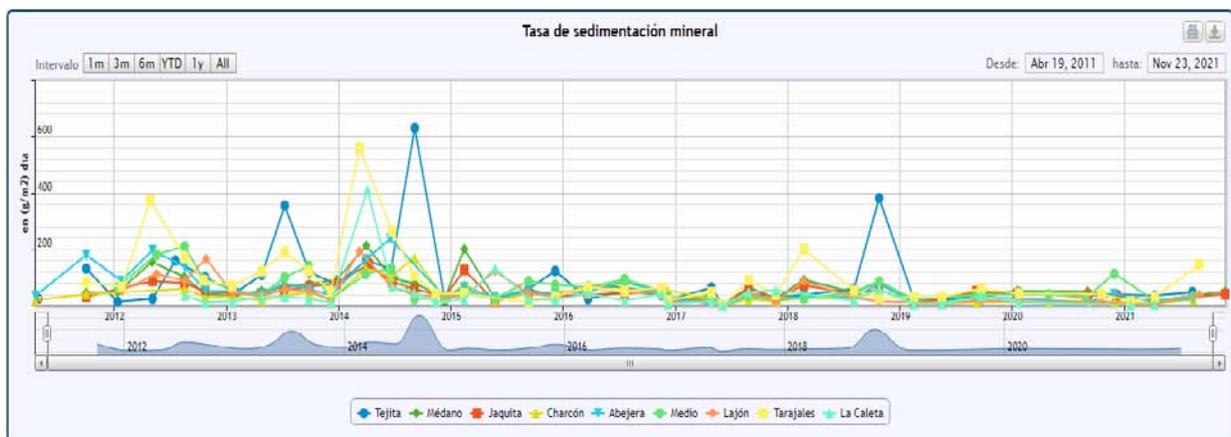


Figura 36. Evolución temporal de la tasa de sedimentación mineral en la costa de Granadilla (2011-2021)

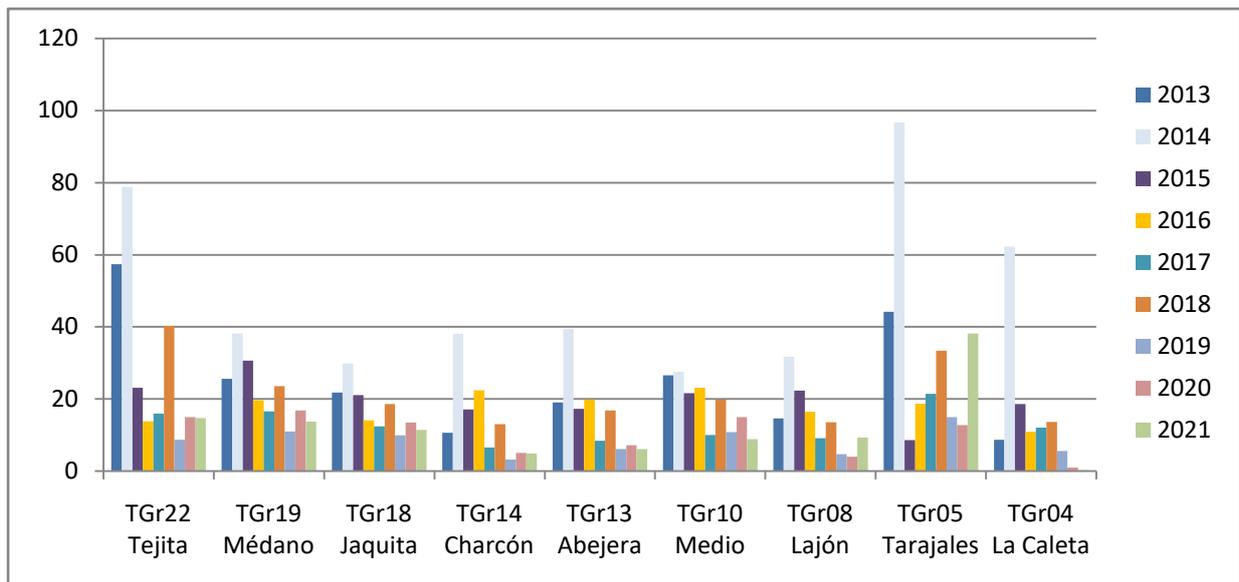


Figura 37. Variación espacial de la sedimentación anual (kg/m<sup>2</sup>) de material mineral en la costa de Granadilla a lo largo del periodo de 2013 a 2021



El promedio de la proporción de materiales volátiles de todas las estaciones muestreadas suele ser bastante constante y fluctúa entre 3 y 7% (Figura 37 y Figura 38 ). En 2021 los promedios se encuentran en un rango ligeramente superior (3 y 10%). Las estaciones del norte del puerto (TGr04, TGr05 y TGr08), destacan por promedios superiores a 10% para los dos trimestres muestreados, sobre todo la TGr04 con valores máximos de 19,1 %. Su ubicación explica este hecho.

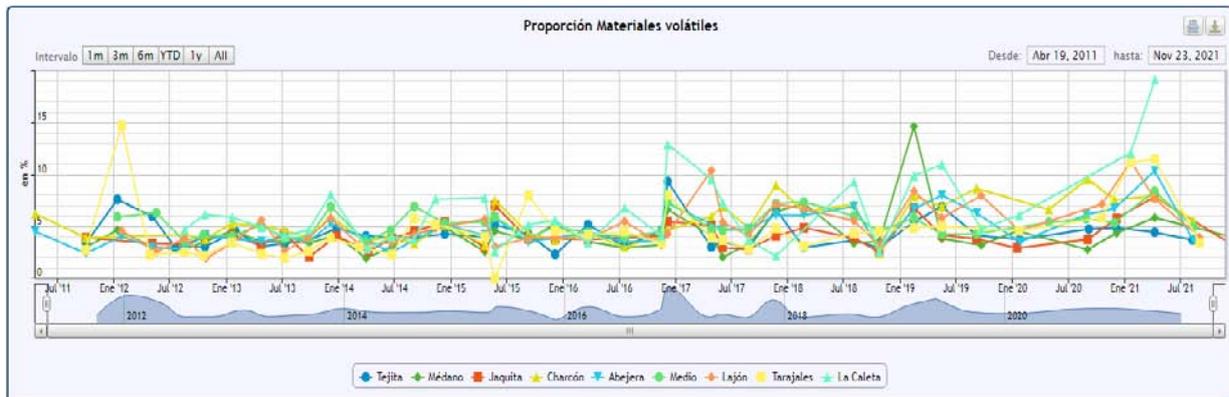


Figura 38. Evolución del contenido en materiales volátiles en el sedimento capturado (2013-2021)

### 3.4.6 Balance sedimentario

Se fijaron 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 durante todos estos años 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 39).

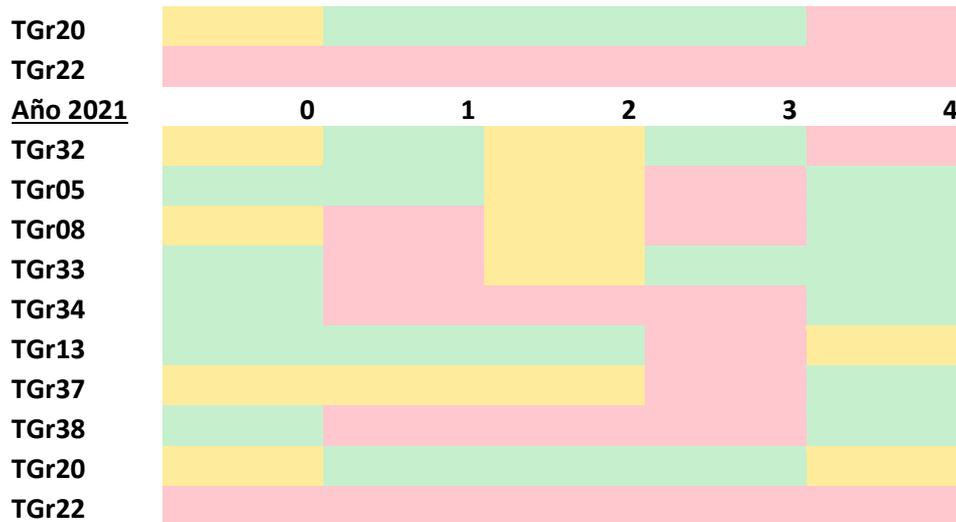


Figura 39. Estaca pentametrada y pizarra indicadora del número de estaca para la toma de foto

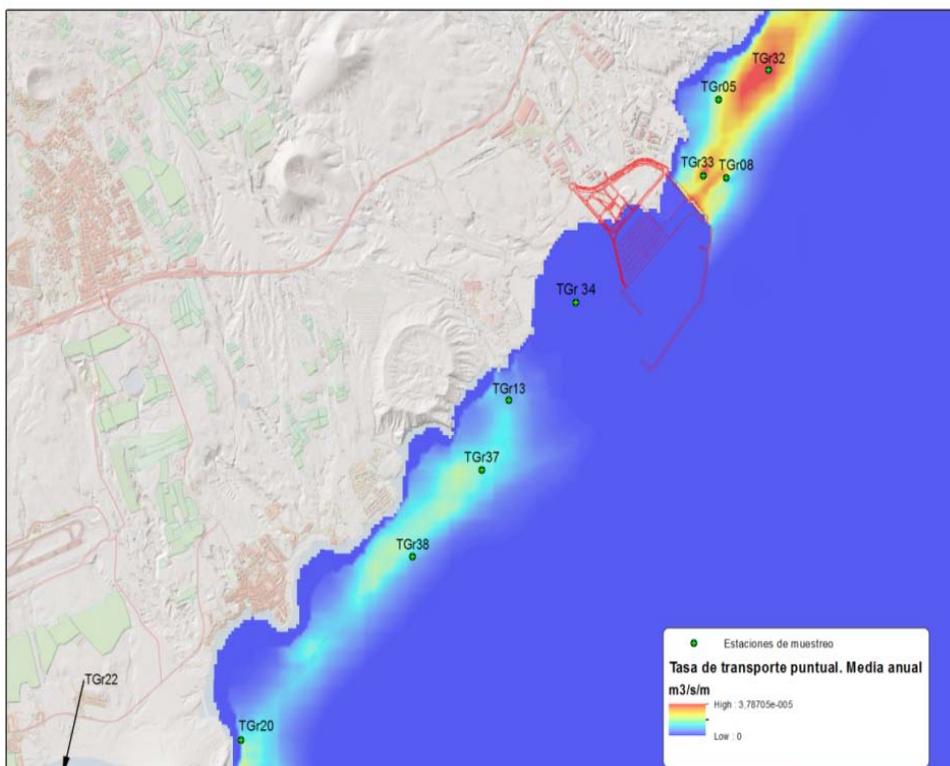
En la mayoría de las estaciones no existe un comportamiento uniforme a lo largo de la línea de estacas (125 m). En algunos casos las estacas más próximas a la costa (0-2) reflejan erosión y las más alejadas (3-4) reflejan acumulación, y en otros ocurre justo lo contrario. A veces dos estacas contiguas reflejan situaciones diferentes. En la Tabla 5 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.

**Tabla 5. Estacas de 0 a 4 en cada una de las estaciones de control.**  
Verde = ganancia, rosa = pérdida, amarillo = cambio no significativo

| <u>Año 2018</u> | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <u>TGr32</u>    | Verde    | Verde    | Verde    | Verde    | Rosa     |
| <u>TGr05</u>    | Verde    | Verde    | Amarillo | Amarillo | Rosa     |
| <u>TGr08</u>    | Rosa     | Rosa     | Rosa     | Rosa     | Verde    |
| <u>TGr33</u>    | Verde    | Verde    | Verde    | Verde    | Verde    |
| <u>TGr34</u>    | Rosa     | Verde    | Rosa     | Rosa     | Rosa     |
| <u>TGr13</u>    | Verde    | Verde    | Verde    | Rosa     | Rosa     |
| <u>TGr37</u>    | Amarillo | Rosa     | Rosa     | Rosa     | Verde    |
| <u>TGr38</u>    | Rosa     | Verde    | Rosa     | Rosa     | Amarillo |
| <u>TGr20</u>    | Rosa     | Amarillo | Amarillo | Verde    | Rosa     |
| <u>TGr22</u>    | Verde    | Rosa     | Rosa     | Amarillo | Rosa     |
| <u>Año 2019</u> | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        |
| <u>TGr32</u>    | Verde    | Amarillo | Amarillo | Verde    | Rosa     |
| <u>TGr05</u>    | Verde    | Verde    | Rosa     | Verde    | Verde    |
| <u>TGr08</u>    | Rosa     | Rosa     | Rosa     | Rosa     | Verde    |
| <u>TGr33</u>    | Verde    | Verde    | Amarillo | Verde    | Verde    |
| <u>TGr34</u>    | Verde    | Rosa     | Rosa     | Rosa     | Rosa     |
| <u>TGr13</u>    | Verde    | Verde    | Verde    | Rosa     | Rosa     |
| <u>TGr37</u>    | Verde    | Amarillo | Rosa     | Rosa     | Amarillo |
| <u>TGr38</u>    | Rosa     | Verde    | Rosa     | Rosa     | Verde    |
| <u>TGr20</u>    | Amarillo | Verde    | Amarillo | Rosa     | Verde    |
| <u>TGr22</u>    | Verde    | Verde    | Verde    | Verde    | Verde    |
| <u>Año 2020</u> | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        |
| <u>TGr32</u>    | Verde    | Verde    | Amarillo | Verde    | Rosa     |
| <u>TGr05</u>    | Verde    | Rosa     | Amarillo | Amarillo | Amarillo |
| <u>TGr08</u>    | Rosa     | Rosa     | Amarillo | Rosa     | Verde    |
| <u>TGr33</u>    | Verde    | Rosa     | Rosa     | Verde    | Verde    |
| <u>TGr34</u>    | Verde    | Rosa     | Rosa     | Rosa     | Amarillo |
| <u>TGr13</u>    | Verde    | Verde    | Verde    | Rosa     | Verde    |
| <u>TGr37</u>    | Rosa     | Verde    | Amarillo | Amarillo | Verde    |
| <u>TGr38</u>    | Verde    | Amarillo | Rosa     | Rosa     | Verde    |



En la Figura 40 se muestra la ubicación de las estaciones sobre el modelo de predicción elaborado por IH Cantabria (2010). Las estacas se revisan cada seis meses, aproximadamente. En general, la predicción se ha ajustado a la dinámica marina medida en la zona durante los años de estudio. La Figura 41 muestra los datos obtenidos para el año 2021 en cada una de las estaciones. Es particularmente destacable la pérdida en la estación TGr22, en la Tejita.



**Figura 40. 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)**

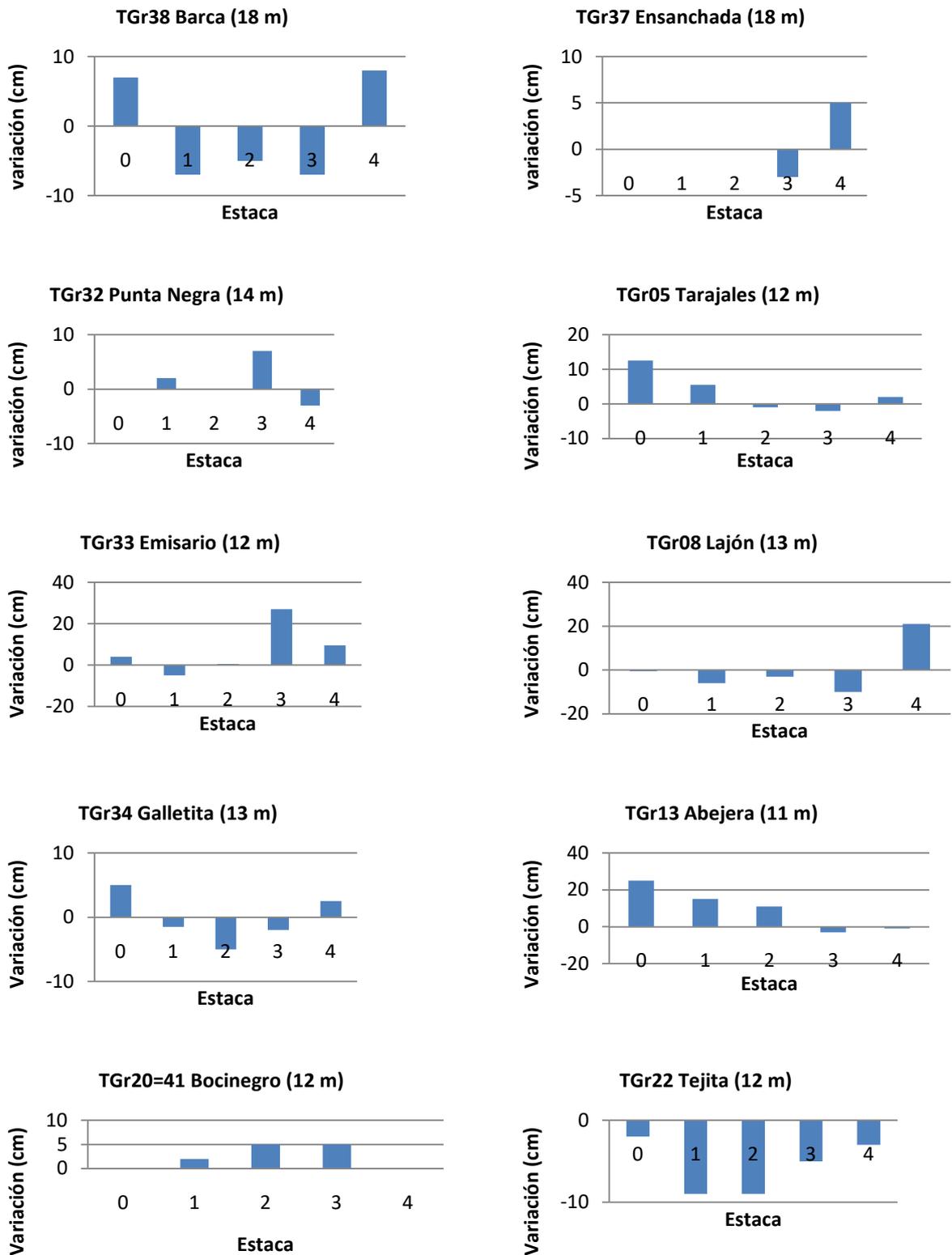


Figura 41. Variación media total por estacas en 2021 (cm). Cinco estacas por estación (eje horizontal)



La Figura 42 muestra la tendencia de cada una de las estaciones muestreadas en 2021.

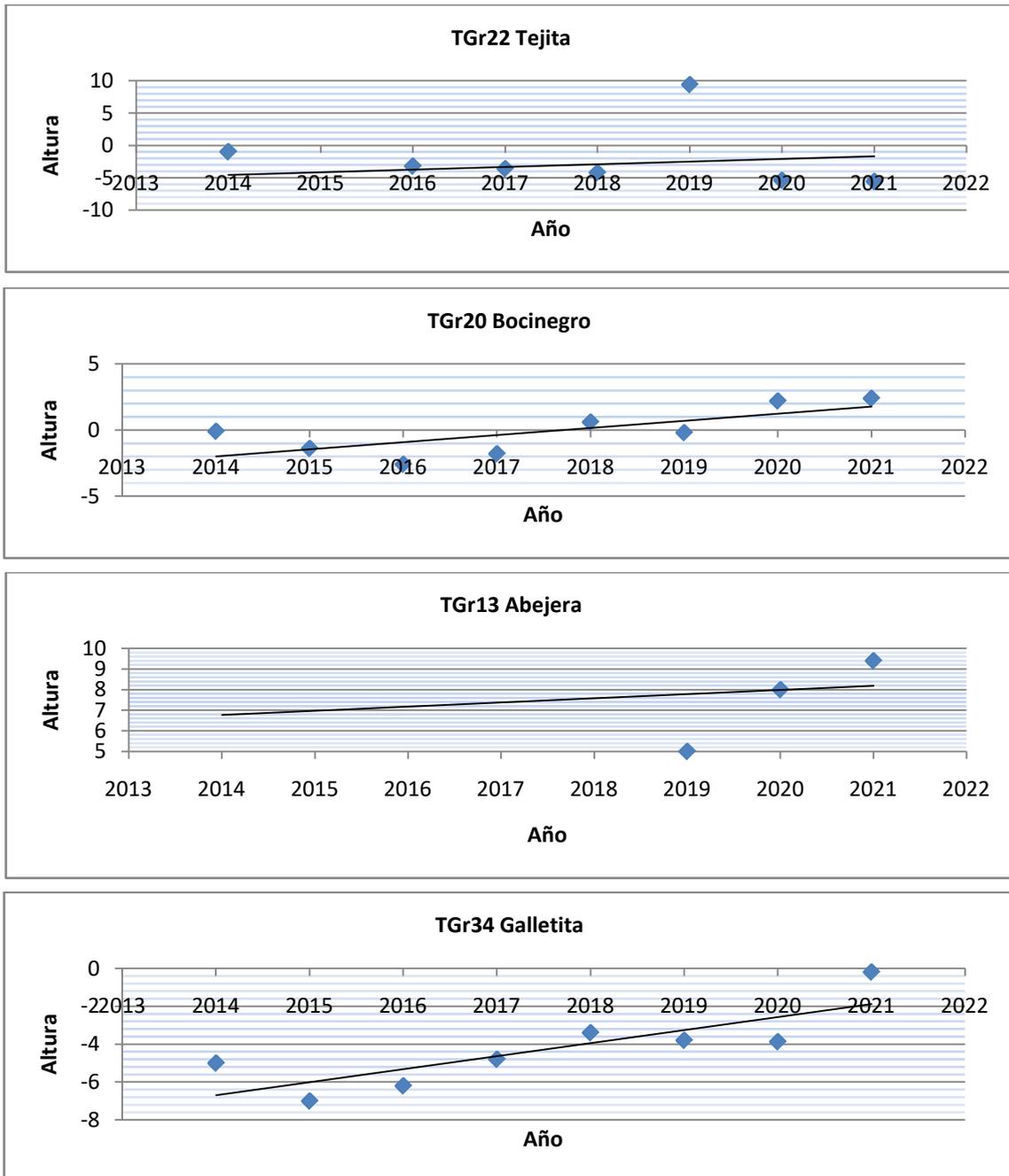


Figura 42. A) Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación

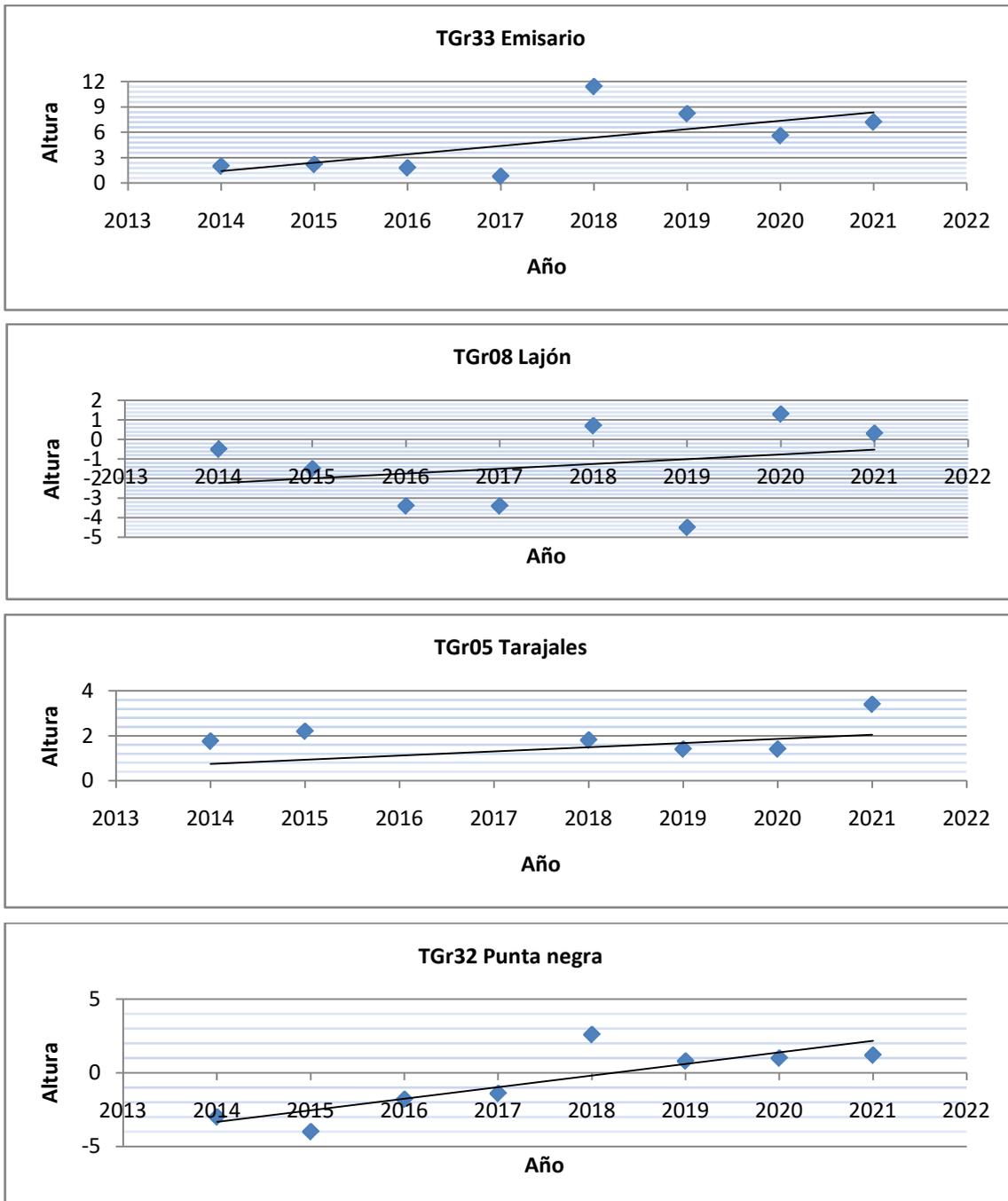
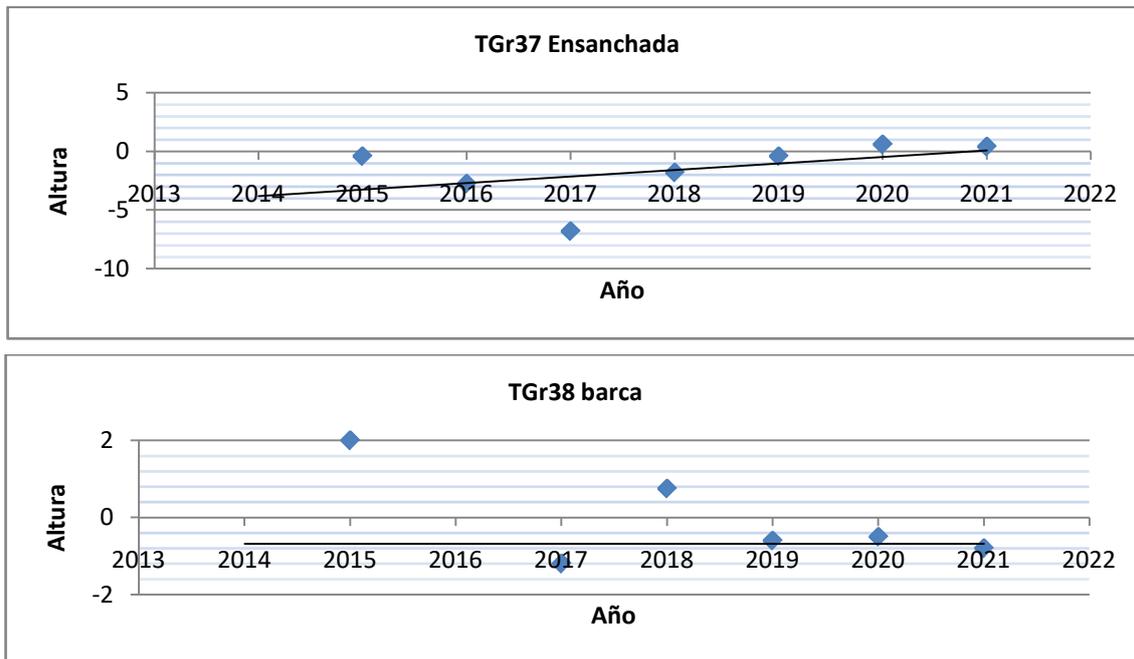


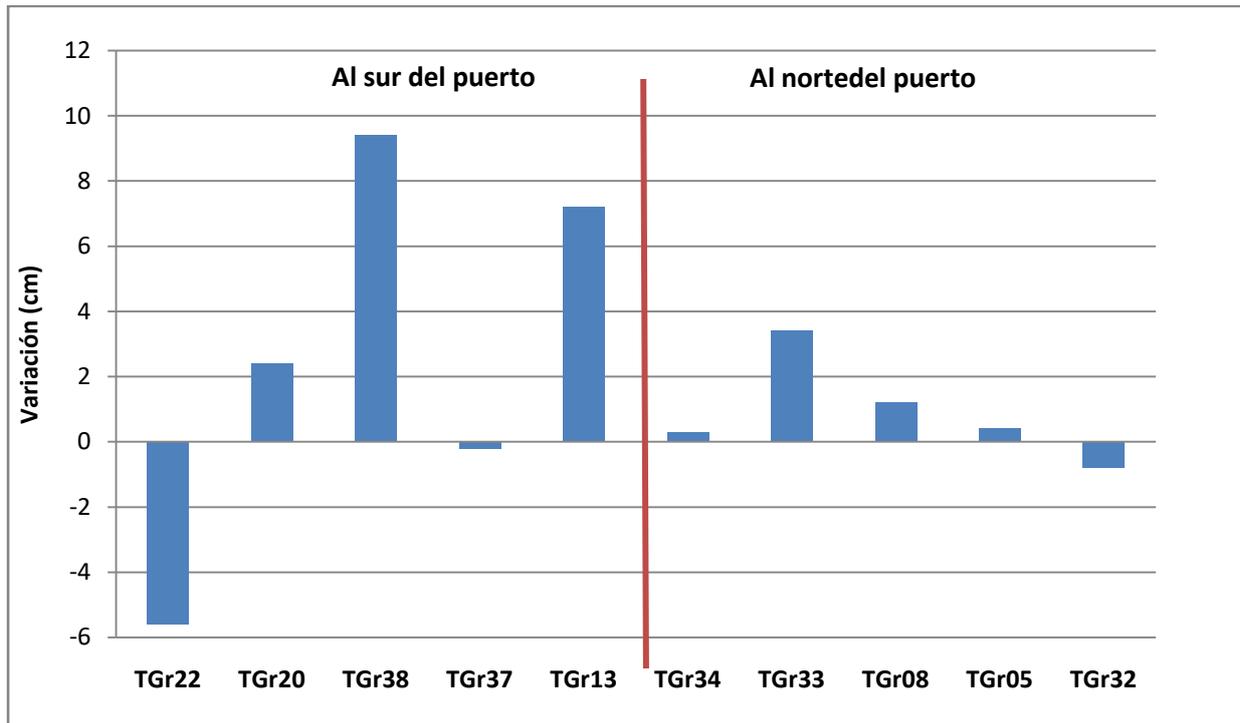
Figura 43. B) Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación



**Figura 44. C) 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 45 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). En el 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 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 observó un patrón tan claro, existiendo algunas estaciones con acumulación y otras con pérdidas. En 2020, al contrario que en 2019, se retorna al patrón general en la TGr22 con erosión. El resto de estaciones, en general, siguen un patrón similar, a excepción de la TGr34, estación al abrigo del contradique, que retorna a su tendencia normal a la sedimentación. En 2021 cabe destacar, respecto al año anterior, únicamente la diferencia de dinámica en la TGr38 que ha pasado de tener una acumulación de aproximadamente 8cm. El resto de estaciones han tenido, en regla general, un comportamiento similar al 2020.



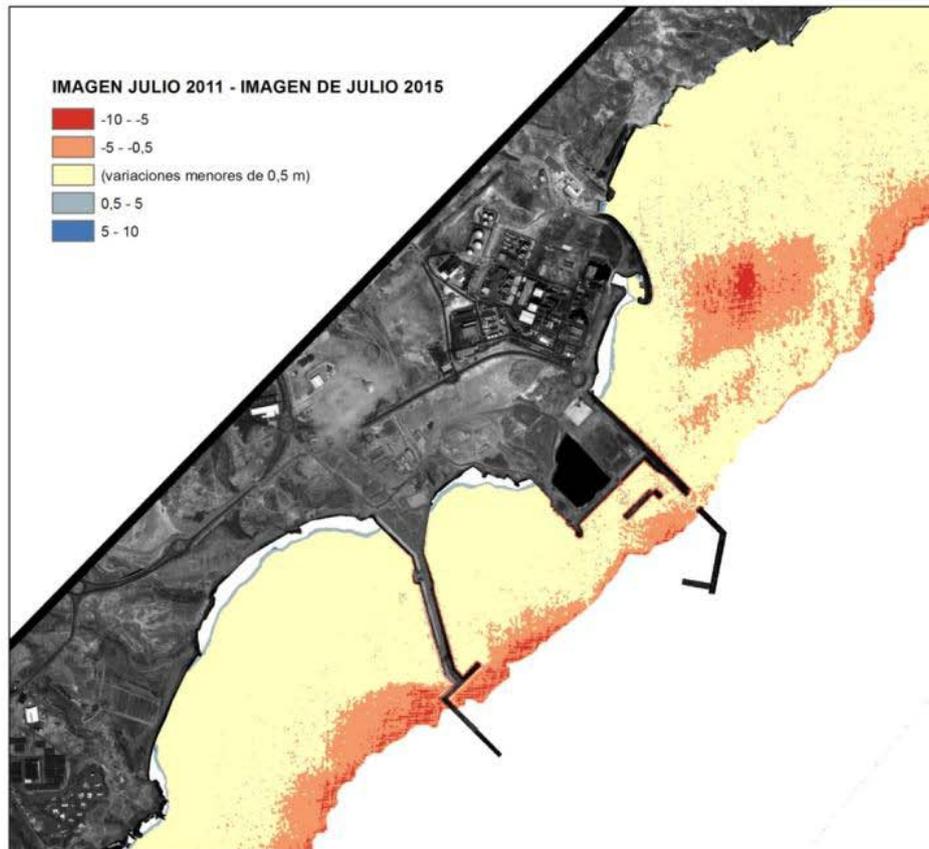
**Figura 45. Variación media de las estacas en cada estación desde que fueron instaladas hasta la actualidad. La flecha roja representa la posición del puerto con respecto a las estaciones**

### 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 46).

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.



**Figura 46. Diferencias batimétricas (> -2 m) entre 2011 y 2015**

Se da la circunstancia de que el algoritmo de análisis de la imagen se ha desarrollado para los productos de la plataforma WorldView2 y no encajan bien con las tomas de la más reciente WorldView3, que es la que se adquiriera actualmente tras la contratación 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 aprobó la aportación necesaria para el desarrollo de un nuevo algoritmo, proceso que culminó en octubre de 2021.

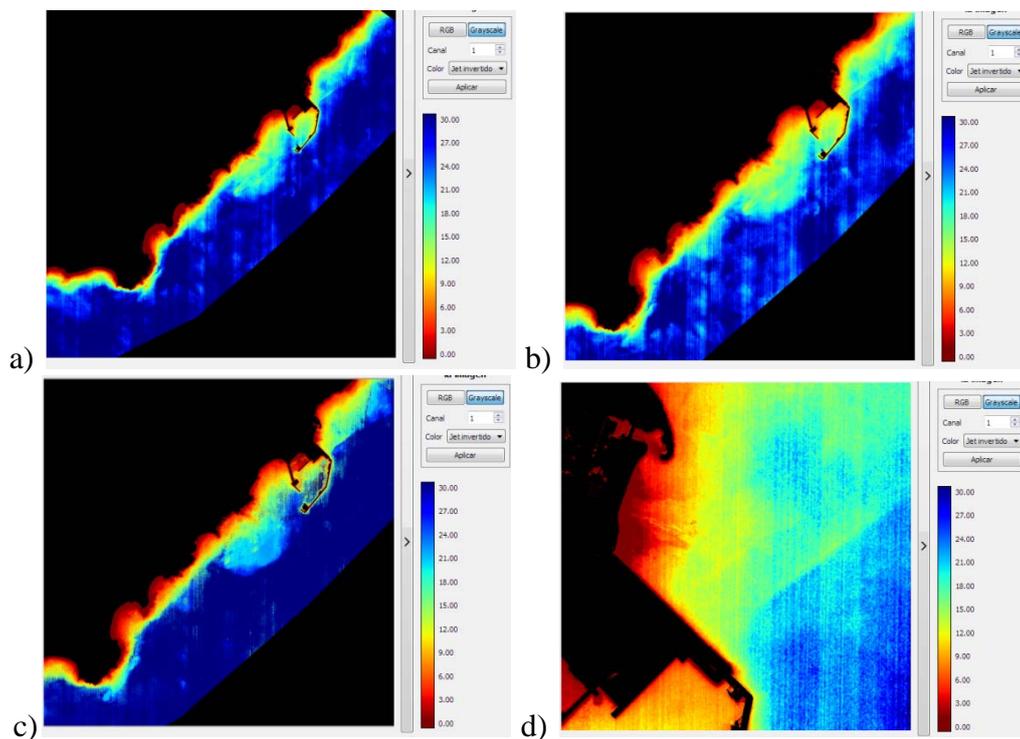
Sin embargo, la herramienta no ha terminado de probarse y no está lo bastante refinada al momento de redacción de este apartado, a pesar de lo cual, incluimos algunos resultados provisionales tras una breve reseña de algunos aspectos del programa

La aplicación se ha creado por un equipo integrado por personal del OAG y por alumnos de doctorado de la ULPG dentro del grupo GPIT, así como algunos miembros permanentes y el director de ese grupo, y se enfoca en la calibración radiométrica y atmosférica de las imágenes y la corrección de algunos defectos que sistemáticamente muestran. Igualmente se incorporan herramientas para la extracción automática de la masa de agua que interesa estudiar, corrección del brillo solar para atenuar el efecto radiativo del oleaje y filtros morfológicos para preparar la escena antes de los tratamientos más exigentes para extraer diversos parámetros y mediciones.

Esos últimos son la concentración de Clorofila-A y la turbidez del agua, la obtención de batimetría y la cartografía bionómica (hasta profundidades de 25-30 m).

Para la obtención de batimetría se ponen a disposición del usuario cuatro algoritmos que, de menor a mayor complejidad, son *Stumpf*, *Sigmoide*, *KNN* y *Subspace KNN*. Los dos primeros usan estadística avanzada de ajuste a modelos, pero más tradicional que los restantes que se basan en redes neuronales y *machine learning*. También son los más exigentes en cuanto a capacidad de cómputo y tiempo de generación de resultados.

De la imagen de 2021 (17 de diciembre), hasta el momento y respecto a la batimetría, podemos avanzar algunos resultados:



**Figura 47. Resultados de batimetría con a) Stumpf; b) Sigmoide; c) KNN; d) ruido**

Como puede verse en las imágenes de la Figura 47, parece que las versiones Sigmoide y KNN son más fieles, siendo quizá esta última la más fiable. Véase la profundidad junto al dique de abrigo, más delimitada. En las dos primeras pareciera que toda la dársena estaría a una profundidad de 15 m, mientras que en la KNN aparece como manteniendo las profundidades originales, solo interrumpidas por la propia obra. En d) se puede ver uno de los principales problemas con los que nos enfrentamos para poder realizar comparaciones entre imágenes de diferentes años, pues la presencia de ruido y de artefactos es muy alta. En la Figura 48 tenemos un ejemplo del objetivo buscado.

Estamos en el proceso de definir el mejor flujo de trabajo para intentar obtener superficies más suaves

**Figura 48. Ejemplo de batimetría sin ruido. Batimetría obtenida a partir de curvas de nivel del estudio de Promar en 2008.**





eliminando ese ruido para que al superponer batimetrías de distintos años tenga sentido calcular las diferencias. Por otro lado, se plantea la conveniencia de llevar a cabo la calibración de estos resultados para mejorar el programa.

### **3.4.8 Basculamiento de las playas**

La construcción de un puerto suscita preocupación ante el impacto de la infraestructura, entre otros, en la configuración de la costa debido a cambios que se inducen en el régimen de transporte de la arena y en el relieve submarino.

El PVA de Granadilla ejerce el seguimiento del cambio de línea de las playas aguas abajo del puerto, cuyo basculamiento estaba previsto. El OAG analiza desde julio de 2011 (antes del inicio de las obras) el canal pancromático (con 50 cm de resolución mínima) de imágenes de satélite WorldView (II y III).

La costa de Granadilla es batida y, en parte modelada, por la corriente fría de Canarias. Las estructuras de abrigo producen una alteración en el recorrido y las tasas de sedimentación de los materiales aportados por distintos mecanismos físicos de la dinámica costera y terrestre. A. Cendrero, en el tema 11 de la "Evaluación Preliminar de los impactos en España por el Cambio Climático (2005)", del MITECO<sup>5</sup>, indica que investigaciones en zonas de la costa española a partir de fotografías aéreas fotografías históricas y control continuo de perfiles de playa en 34 estaciones<sup>6</sup> han revelado que las dos causas principales de la erosión costera derivan de intervenciones humanas relativas a la construcción: embalses que reducen el aporte sólido a la costa y estructuras (diques espigones puertos y otras edificaciones) que alteran la dinámica litoral.

Se teme que esta gran obra produzca un vaciamiento del lecho marino en algunas zonas y, en otras, una acumulación de material que implique un impacto en la ecología de la zona aguas abajo de la intervención<sup>7</sup>. Las consecuencias podrían ser importantes teniendo en cuenta las interacciones a través de la interfase costera para las comunidades y especies tanto aguas abajo como litorales.

Desde la óptica de la Biología, las interacciones costeras pueden ser diferentes dependiendo del tipo de contacto entre ambos entornos (playas, acantilados, escarpes, arenales), llegando a ser importantes para la formación o mantenimiento de comunidades psamófilas, por poner un ejemplo: la desaparición de la arena cercana a la orilla del mar puede suponer el

---

<sup>5</sup> Uceda, Antonio Cendrero N.d. 11. IMPACTOS SOBRE LAS ZONAS COSTERAS: 56.

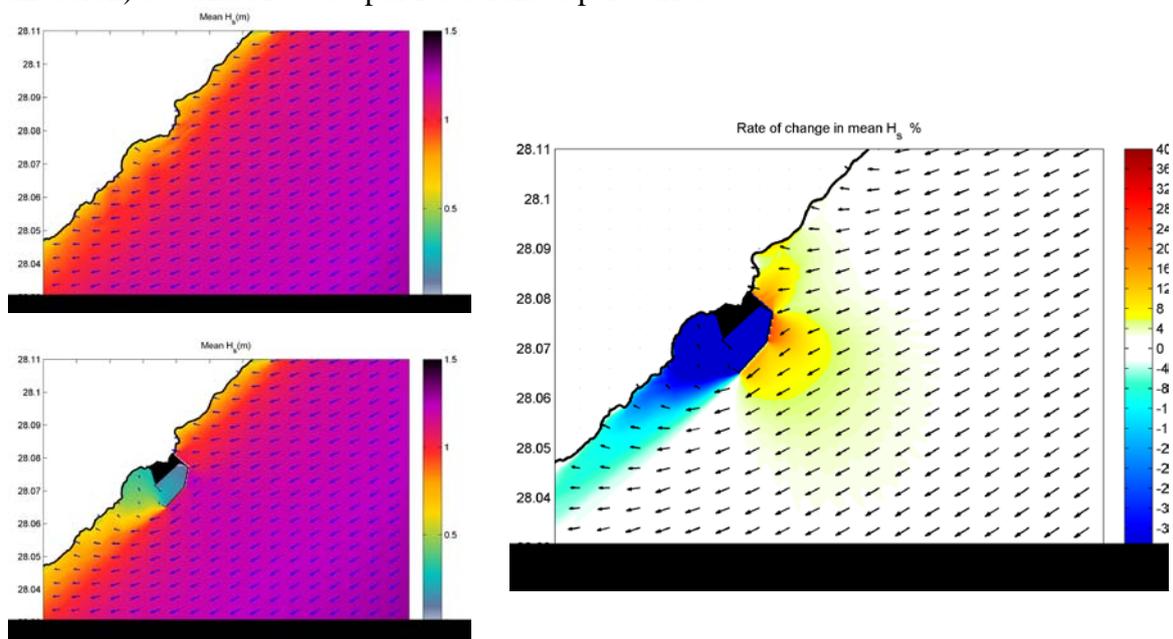
<sup>6</sup> Del Río, Laura, Javier Benavente, F. Gracia, et al. 2002 The Quantification of Coastal Erosion Processes in the South Atlantic Spanish Coast: Methodology and Preliminary Results.

<sup>7</sup> Granadilla\_es.Pdf N.d.

[https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/granadilla\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/granadilla_es.pdf), accessed August 4, 2022.

desmantelamiento de campos de dunas costeras que conforman un hábitat peculiar<sup>8</sup>. Bajo la superficie marina, cambios en la dinámica marina pueden provocar variaciones en los lugares y en las intensidades de deposición de sustrato y de alimento, larvas, etc., que pueden dar al traste con determinadas biocenosis en ciertas áreas. El último eslabón, desde el punto de vista humano, es precisamente la viabilidad del entorno natural del que dependen las poblaciones y las actividades económicas de los habitantes de la isla, pues estos impactos causarán cambios en los aprovechamientos que dependan de la salud ambiental del litoral<sup>9 10 11</sup>.

En el caso de Granadilla, desde la gestación del proyecto original hasta el final de la fase de obras, se encargaron varios estudios de pronóstico del comportamiento de la dinámica. Un estudio del Instituto Hidrográfico de Cantabria, terminado en 2012, predice cambios en el oleaje tras la construcción del puerto en su versión reducida de 2005, recogidas en los gráficos de la Figura 49. En ellas se explicita cómo el patrón de olas (en altura y en velocidad y dirección) se vería afectada por las defensas portuarias.



**Figura 49. Cambios en el oleaje inducidos. A la izquierda, dirección (pequeños vectores) y altura significativa media ( $H_s$ ) de las olas antes y después. A la derecha, variación de  $H_s$  tras la construcción (rojos: aumentos; azules: decrementos) IHC, 2012.**

<sup>8</sup> Cabrera-Vega, L.L., N. Cruz-Avero, L. Hernández-Calvento, A.I. Hernández-Cordero, and E. Fernández-Cabrera, 2013. Morphological Changes in Dunes as an Indicator of Anthropogenic Interferences in Arid Dune Fields. *Journal of Coastal Research* 165: 1271–1276.

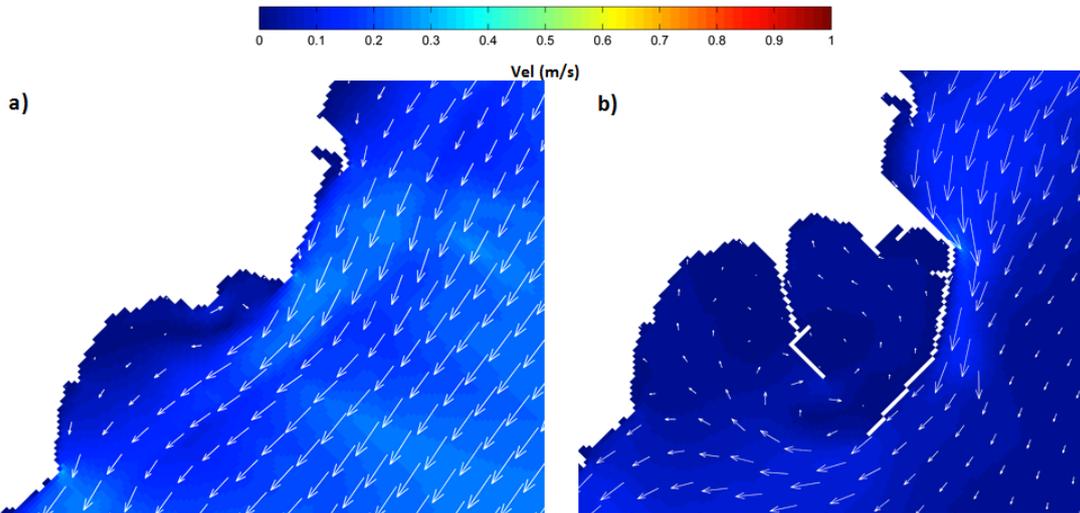
<sup>9</sup> United Nations N.d. “La biodiversidad y los ecosistemas marinos mantienen la salud del planeta y sostienen el bienestar social” | Naciones Unidas. United Nations. United Nations. “<https://www.un.org/es/chronicle/article/la-biodiversidad-y-los-ecosistemas-marinos-mantienen-la-salud-del-planeta-y-sostienen-el-bienestar>”, accessed August 4, 2022.

<sup>10</sup> J. Cortes, Alicia Villamizar, Gustavo Nagy, et al., 2020. Ecosistemas Marino-Costeros. In Pp. 132–160.

<sup>11</sup> Claudet, Joachim, Laurent Bopp, William W. L. Cheung, et al. 2020A Roadmap for Using the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development in Support of Science, Policy, and Action. *One Earth* 2(1): 34–42.



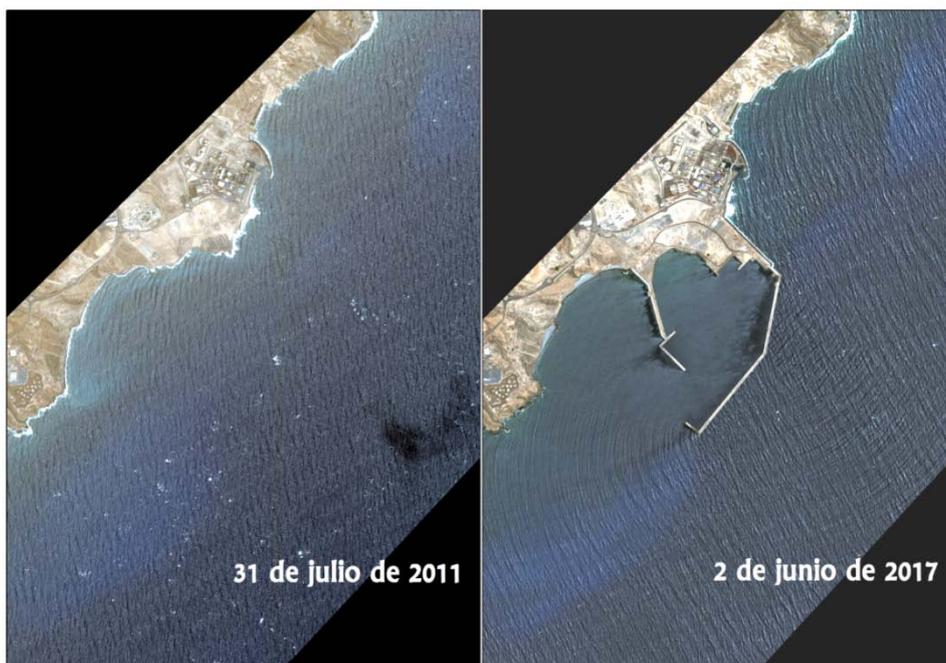
En 2017, fin de la fase de obras e inicio de la fase operativa, se volvió a encomendar al IHC que informara sobre los cambios a partir de datos reales, con la obra de abrigo completa, recomendación que dio como resultado un informe del que extraemos unos explícitos gráficos Figura 50 que recogen la variación de las velocidades de la corriente a profundidades medias (en marea vaciante).



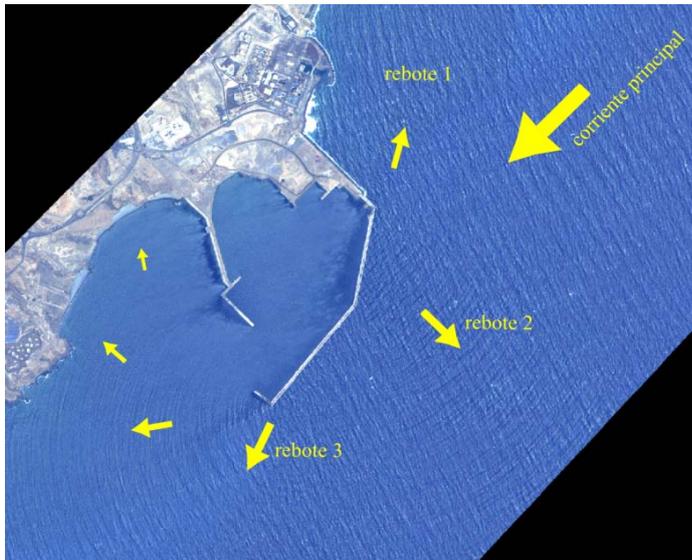
**Figura 50. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en las cercanías del Puerto de Granadilla, en un instante del período de simulación (marea vaciante) a) previo b) posterior.**

Los hallazgos de ambos estudios confirman las impresiones que suscitan las imágenes de satélite (véase esta comparación de las escenas de 31 de julio de 2011 y 2 de junio de 2017 (Figura 51) y las mediciones de las playas.

Con un poco más de esfuerzo se descubren los cambios en las playas cercanas a sotavento de la



**Figura 51. Efecto de las obras de abrigo en el régimen de olas y en su incidencia en la costa. Se aprecian cambios en la dirección y en la energía de las olas.**



**Figura 52. Rebotes de olas y derivaciones. 02/06/2017**

costa.

Siguiendo las directrices del Plan de Vigilancia Ambiental, que dicta la acción del Observatorio, se vigilan la morfología y otros parámetros de las playas, aplicándose varios métodos.

El OAG analiza imágenes pancromáticas (en blanco y negro, por usar una expresión menos técnica) tomadas por satélites WorldView (II y III, resoluciones de 40 y 30 cm) desde julio de 2011 (antes de las obras) sometiéndolas cuando fue necesario a georreferenciación para alinearla al resto de cartografía, asegurar la escala con la que se representa el territorio y conseguir una medición fiable y precisa.

Para el análisis se emplean principalmente herramientas de un programa de sistemas de información geográfica (SIG o GIS, indistintamente), el ArcGIS, fabricado por la empresa ESRI, de fácil uso y con mucha base matemática en sus desarrollos internos sobre los que basa las herramientas de trabajo.

El trabajo se lleva a cabo sobre un equipo de altas prestaciones, una estación de trabajo DELL Precisión 7400 en Windows 7 y 32 GB de memoria RAM y que permite el manejo de multitud de escenas satelitales simultáneamente y cuenta con un sistema de visualización suficientemente capaz, de alta calidad y claridad de imagen, mediante el uso de sucesivas tarjetas de vídeo NVidia de 4 GB y soporte CUDA y aceleración de gráficos.

La primera acción una vez se tienen las imágenes descargadas, es su alineación con la cartografía general de Canarias, que se construye sobre un sistema de coordenadas y una representación del objeto Tierra (geoide) concretos. Esa alineación es llamada georreferenciación.

Georreferenciar una imagen requiere conocer la ubicación geográfica de algunos puntos relevantes de la geografía del lugar que esa foto abarca (puntos de referencia o de control),

construcción (La Caleta, El medio y Punta del Vidrio). En todo caso, en la imagen de 2 de junio de 2017 (Figura 52. Rebotes de olas y derivaciones. 02/06/2017) se remarcan estas derivadas, así como la dirección del tren de olas en distintos puntos de la ensenada.

Puede distinguirse también en la imagen la aparición de un oleaje de rebote hacia el norte desde el primer cambio de alineación del dique, y otra línea de rebote hacia afuera a lo largo de la segunda alineación, que conllevaría una disipación de parte de la energía de la corriente cerca de la



cuyas coordenadas son proporcionadas a un programa que, con ellas, es capaz de producir las distorsiones necesarias para que todos los puntos de la imagen reflejen su ubicación geográfica real tras el proceso, como puede apreciarse en la Figura 53.

La eficacia de este tratamiento depende mucho de cómo se distribuyan en la imagen los puntos de referencia, de forma que se prefiere la dispersión frente a la alineación y a la concentración de los puntos a lo largo y ancho de la imagen. Igualmente es importante el número de puntos de control y, cuantos más puntos, suelen ser mejores los resultados.

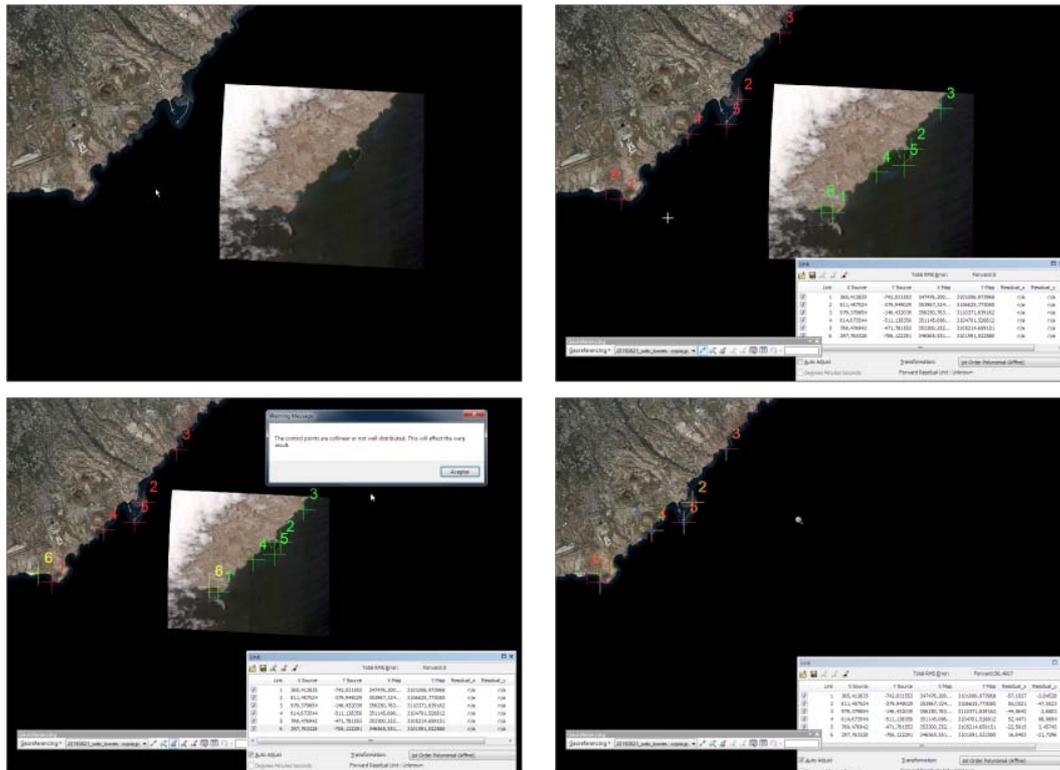


Figura 53. Ejemplo de georreferenciación. Puntos de control y resultado final de la técnica sobre el mapa de la IDE Canarias Ortoexpress del Gobierno de Canarias.

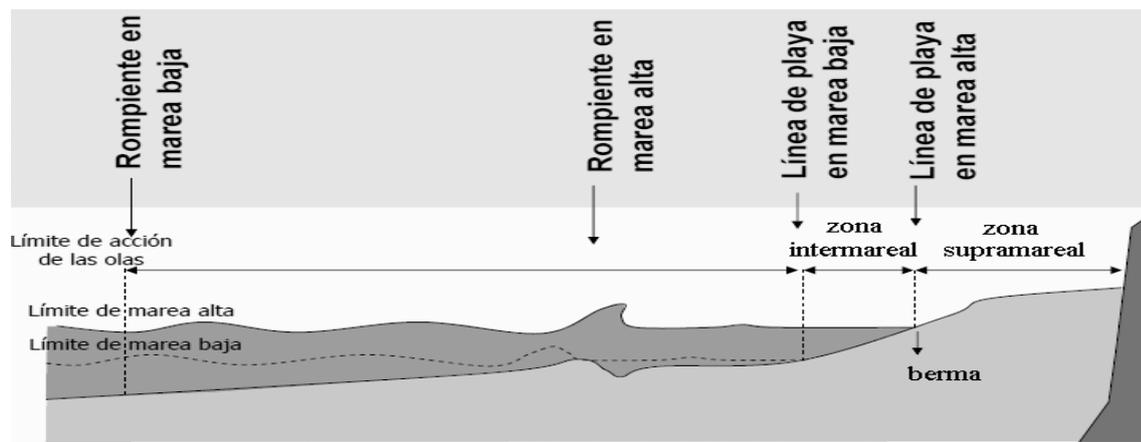


Figura 54. Toma satelital del 17 de julio de 2020.

La geometría del área cubierta (a lo largo de la costa SE), 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 una mayor exactitud de referenciación. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 54 puede verse que los accidentes geográficos se alinean en una diagonal del mapa de bits que forman la imagen. Esta es una limitación que introduce cierto grado de inexactitud en los resultados, aunque a la escala de trabajo en el PVA normalmente puede ser desdeñable.

Tratando de aprovechar que se adquieren fotografías de satélite dentro de la ejecución del PVA, desarrollamos una línea de mediciones de los cambios en las playas a partir de la línea de rompiente del oleaje, como indicador de la altura del fondo marino.



**Figura 55. Esquema del oleaje de una playa, tomada de: Ortiz, Idalí, and Monica Galicia Jiménez 2012 Detección de Bacterias Patógenas (E. Coli, Yersinia, Vibrio, Shigella, Salmonella) En La Arena de Mar de Las Playas Principal y Puerto Angelito En Puerto Escondido, Oaxaca.**

Tomando por un lado las características geográficas (posición) y geométricas (forma) de esa línea, en el OAG hemos concebido dos modelos para el análisis del basculamiento, que exponemos debajo.

#### **3.4.8.1 Modelo de avance-retroceso de la línea de rompiente**

Según este modelo, una playa se resume en su línea de rompiente de olas, asumiendo que el punto donde rompe la ola 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 nivel de la marea. En el Anexo XX 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 56 y Figura 57).



**Figura 56**



**Figura 57**

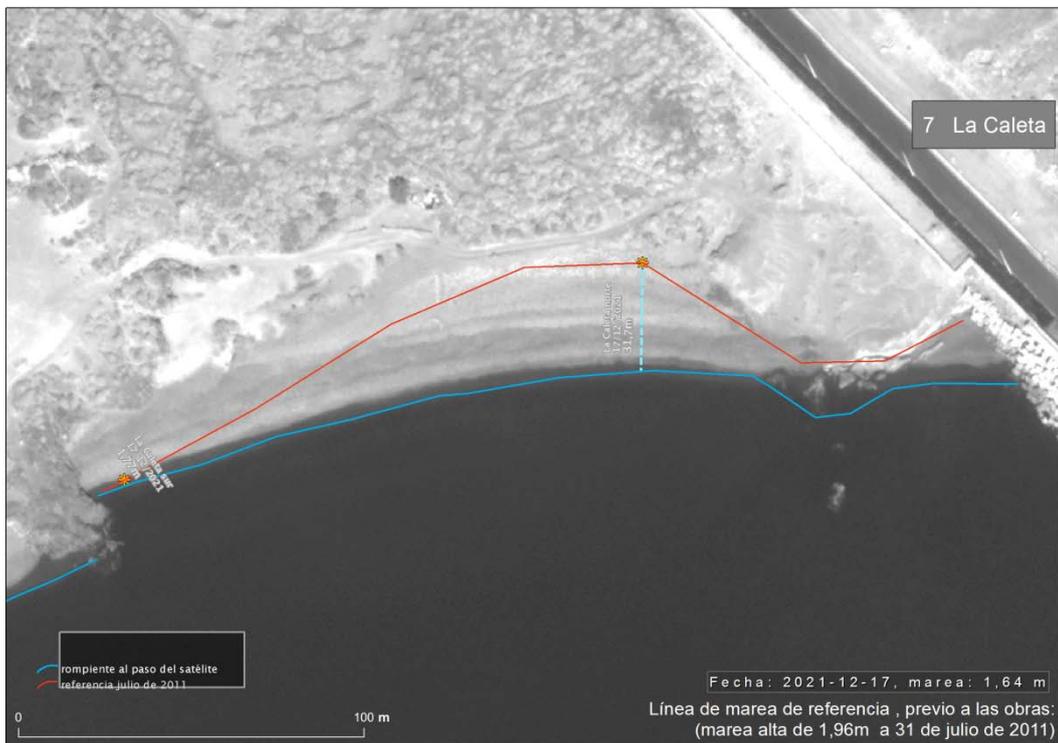
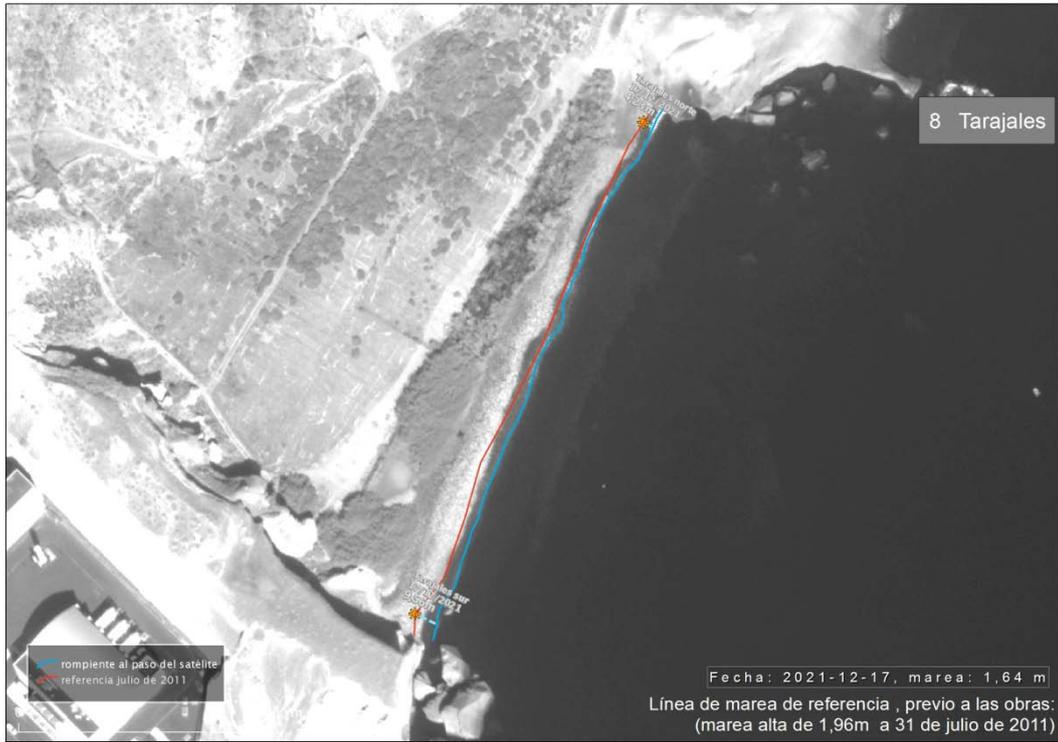
Para hacer cualquier medición comparada es necesario que la marea sea igual o próxima a 1'96 m, que es la de la imagen de referencia (31 de julio 2011). Para el presente informe se escogieron las imágenes del 17 de diciembre de 2021, con una marea de +1,5 m. La línea de playa de la imagen de referencia se representa sobre las fotos en color rojo, y corresponde a una marea de +1'96 m, como ya se mencionó.

**Tabla 6. 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 entre el 2 de febrero 2013 y el 17 de diciembre de 2021 con respecto a julio de 2011**

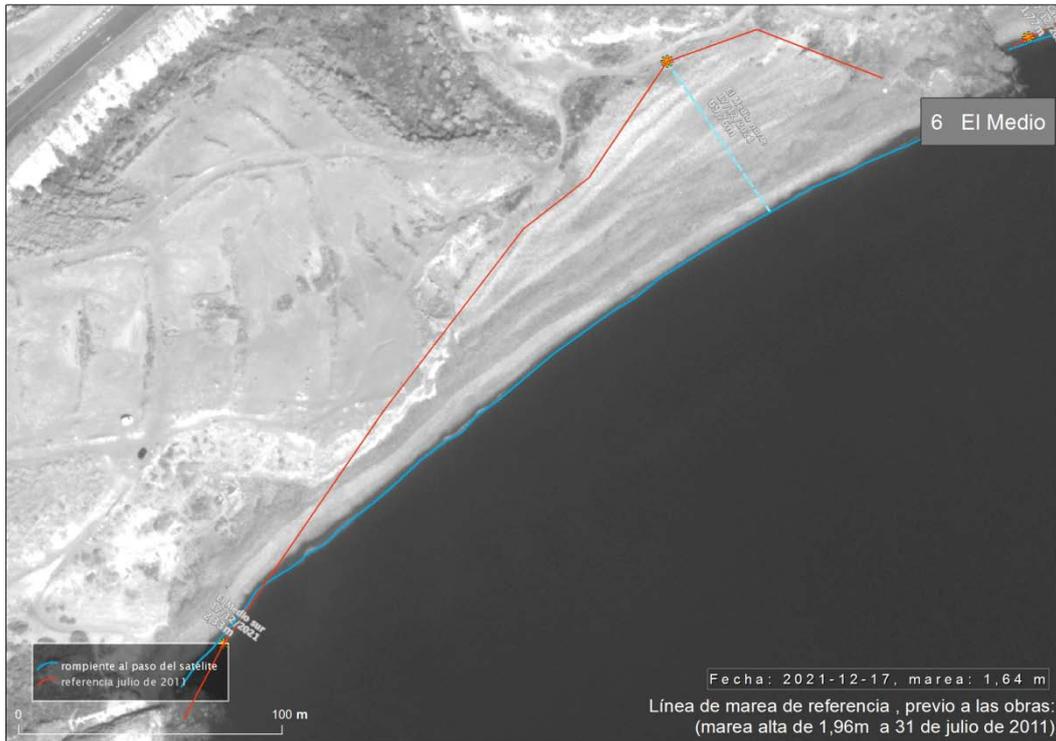
|                           |       | Nombre de la playa |           |           |           |          |           |                  |           |           |           |            |           |           |           |           |           |
|---------------------------|-------|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           |       | Los Tarajales      |           | La Caleta |           | El Medio |           | Punta del Vidrio |           | La Pelada |           | La Jaquita |           | El Médano |           | La Tejita |           |
| <i>Coefficiente</i><br>-> |       | 18,9 m             |           | 7,9 m     |           | 7,3 m    |           | 7,3 m            |           | 29,3 m    |           | 87,7 m     |           | 33,3 m    |           | 18,1 m    |           |
| Año<br>(* = marea a 1m)   | Marea | Sur (m)            | Norte (m) | Sur (m)   | Norte (m) | Sur (m)  | Norte (m) | Sur (m)          | Norte (m) | Sur (m)   | Norte (m) | Sur (m)    | Norte (m) | Sur (m)   | Norte (m) | Sur (m)   | Norte (m) |
| 2013                      |       | 5                  | 1         | -20       | 11        | -11      | 23        | -15              | 20        | 9         | 9         | 11         | 11        | 7         | 2         | -16       | 4         |
| 2014                      | 2,15  | 3                  | 0         | -13       | 17        | -17      | 44        | -36              | 51        | 13        | 13        | 17         | 25        | 12        | 6         | 28        | -7        |
| 2015                      | 1,96  | 11                 | 8         | -16       | 20        | -21      | 52        | -54              | 57        | 24        | 24        | -22        | 20        | ±         | ±         | -12       | 23        |
| 2016                      | 2,25  | -4,56              | -4,56     | -18,73    | 17,7      | -14      | 49,53     | -63,42           | 53,72     | 15,1      | 6,5       | ±          | ±         | ±         | ±         | ±         | ±         |
| 2017*                     | 1,00  | 7,29               | 7,89      | -19,79    | 23,09     | -9,6     | 62,25     | -69,11           | 58,58     | 22,95     | 30,17     | ±          | ±         | ±         | ±         | ±         | ±         |
| 2018*                     | 0,77  | 14                 | 14,22     | -3,53     | 26,6      | -6,96    | 67,7      | -69,11           | 66,65     | 32,68     | 38,84     | ±          | ±         | ±         | ±         | ±         | ±         |
| 2019                      | 1,33  | 9,55               | 6,71      | -9,13     | 36,88     | -9,8     | 68,3      | -74,83           | 57,87     | 25,02     | 26,29     | ±          | ±         | ±         | ±         | ±         | ±         |
| 2020                      | 1,5   | 10                 | 0         | -9,43     | 26,1      | -15,2    | 63,9      | -84,32           | 60,23     | 7,50      | 5,87      | ±          | ±         | ±         | ±         | ±         | ±         |
| 2021                      |       | 4,23               | 9,56      | 1,77      | 31,70     | 2,33     | 69,76     | 80,31            | 61,58     | 3,34      | 8,92      | ±          | ±         | ±         | ±         | ±         | ±         |

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.

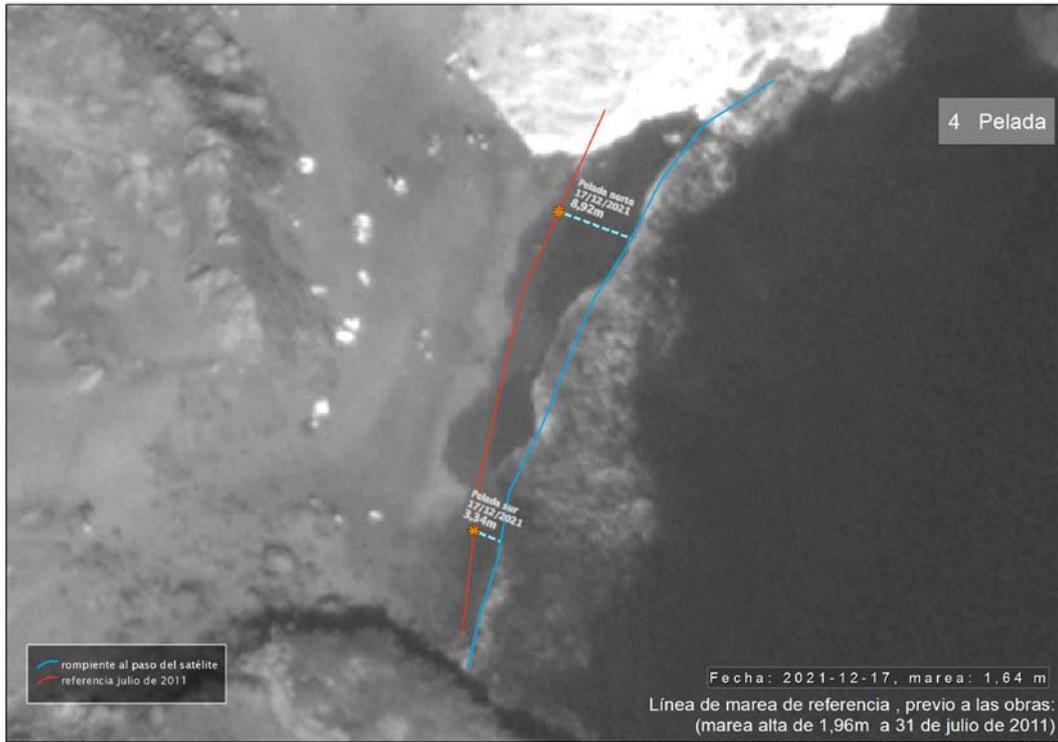
En las Figuras 58 y 59, Figuras 60 y 61, Figuras 62 y 63, Figuras 64 y 65 pueden verse la medición realizada a partir de la imagen del 17 de diciembre de 2021, la mejor de las que pudieron obtenerse en el año con garantías y aprovechamiento suficientes.



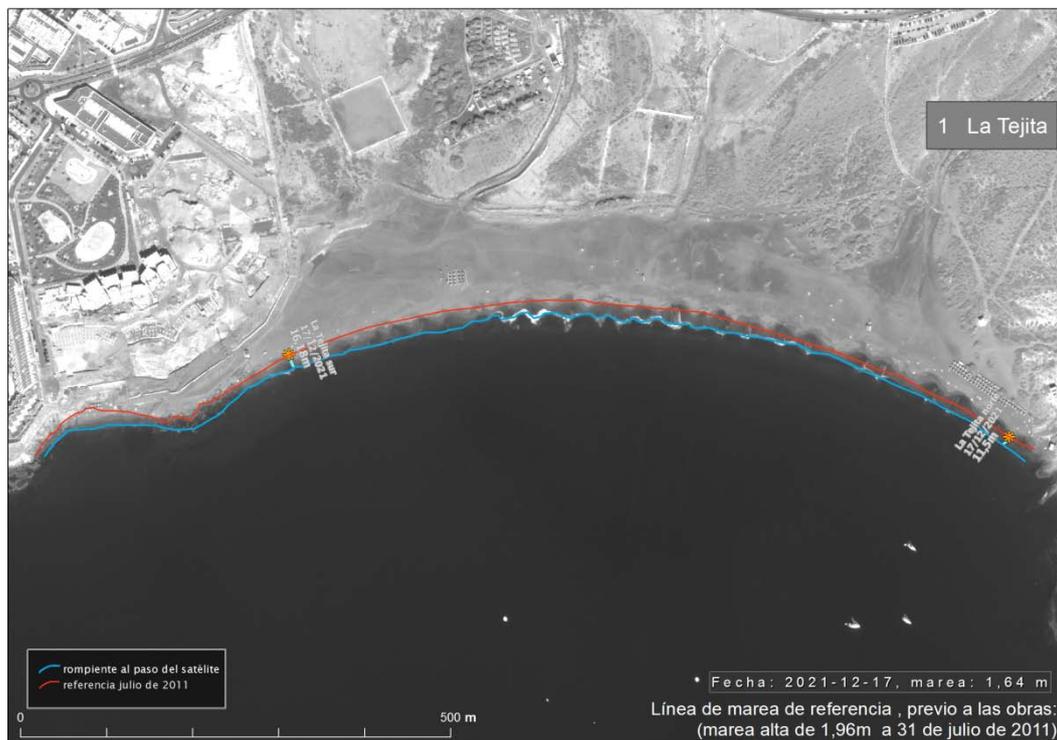
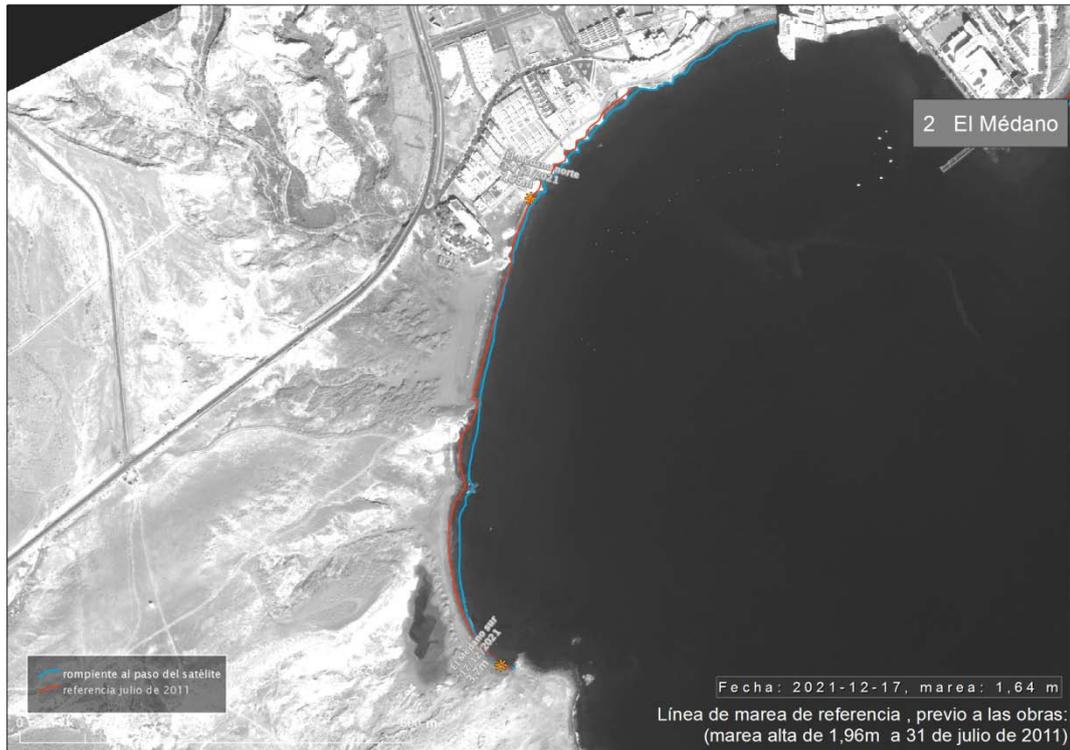
**Figuras 58 y 59: Playas de los Tarajales (arriba) y La Caleta (abajo) a 17 de diciembre de 2021**



Figuras 60 y 61: Playas de El Medio (arriba) y Punta del Vidrio (abajo) a 17 de diciembre de 2021



**Figuras 62 y 63: Playas de Pelada (arriba) y La Jaquita (abajo) a 17 de diciembre de 2021**



**Figuras 64 y 65: Playas de El Médano (arriba) y La Tejita (abajo) a 17 de diciembre de 2021**



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 17 de diciembre de 2021

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 58, debajo), El Medio y Punta del Vidrio (Figuras 60 y 61).

En La Caleta, igual que en Punta del Vidrio y que en El Medio, el patrón sugiere que se mantiene una leve erosión en el extremo Sur aunque en el extremo norte de esta playa parece haber un recrecimiento leve. En El medio el comportamiento es similar, y en Punta Del Vidrio podríamos decir lo mismo. Del resto de playas hay poco que decir, salvo que se mantienen aparentemente ajenas a las nuevas dinámicas generadas por el puerto industrial.

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 66 y Figura 67, un ejemplo.



Figura 66. Nuevo modelo de playa con articulación para medir basculamiento. Playa del Medio, 2011 (rojo) y 2019 (norte amarillo y sur púrpura). Ángulo a medir se ha marcado con un arco rojo

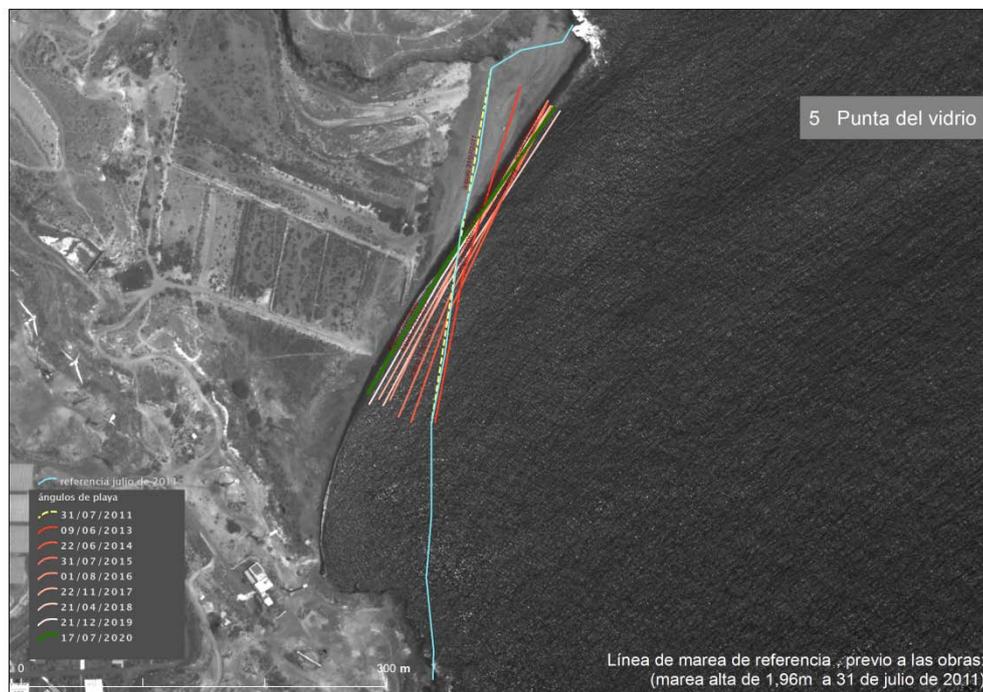


Figura 67. Playa de Punta del Vidrio: 2011 (amarillo discontinuo). La rompiente de 2011 en azul claro. Sucesivas mediciones en tonos de malva a rojo según antigüedad. La de 2021, en verde.

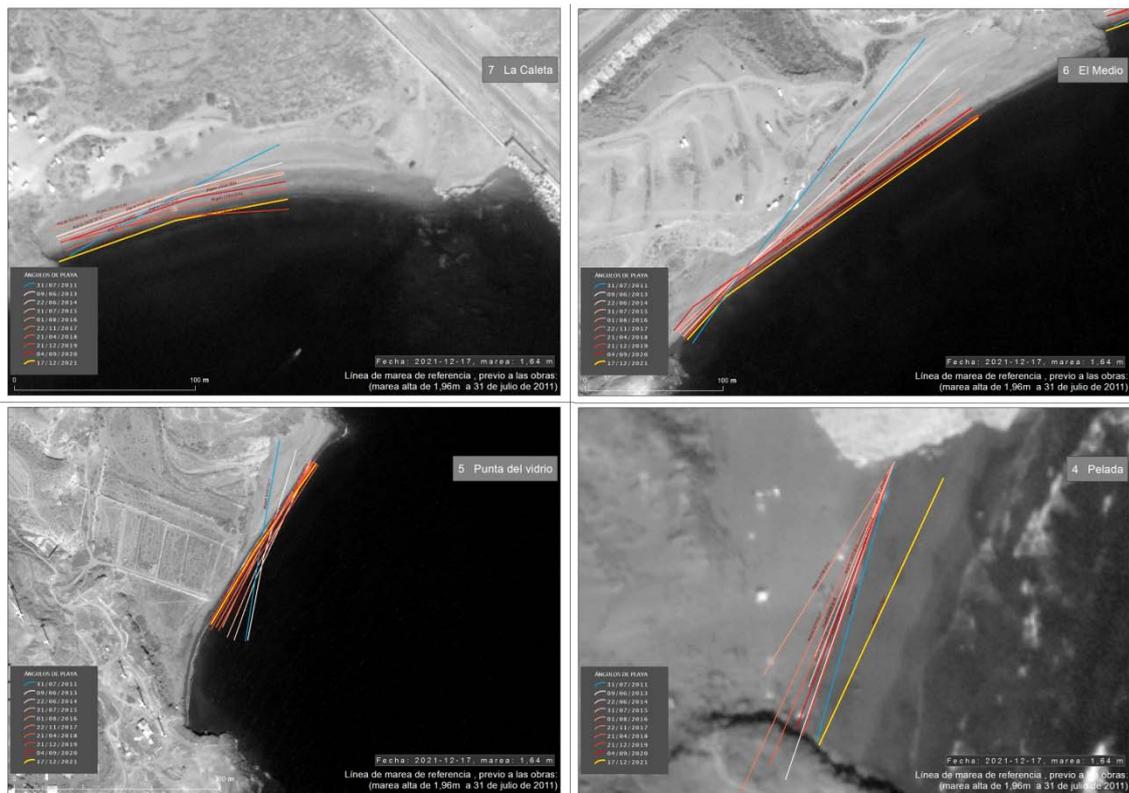


Figura 68. Cambios de orientación en el eje de las playas

El resultado de esta forma de medir el basculamiento se recoge en la Tabla 7

Tabla 7. Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas de reloj. En Pelada se considera solo una alineación (extremo Sur)

| Playa      | La Caleta |       | El Medio |       | Punta del Vidrio |       | Pelada |
|------------|-----------|-------|----------|-------|------------------|-------|--------|
|            | N         | S     | N        | S     | N                | S     | S      |
| 09/06/2013 | 10,46     | 9,98  | 7,06     | 6,55  | 6,75             | 1,63  | n/a    |
| 22/06/2014 | 12,46     | 10,58 | 12,38    | 6,58  | 15,02            | 10,08 | 5,36   |
| 31/07/2015 | 14,34     | 10,06 | 13,56    | 13,15 | 18,14            | 14,04 | 6,54   |
| 01/08/2016 | 16,14     | 12,75 | 14,48    | 10,55 | 19,49            | 16,54 | 19,49  |
| 22/11/2017 | 19,72     | 15,76 | 16,04    | 10,12 | 22,39            | 20,16 | 8,87   |
| 21/04/2018 | 16,1      | 7,64  | 18,67    | 7,7   | 22,76            | 18,81 | 6,75   |
| 21/12/2019 | 26,05     | 16,27 | 17,3     | 8,76  | 21,83            | 20,99 | 2,89   |
| 04/09/2020 | 16,61     | 10,73 | 15,58    | 4,53  | 22,75            | 18,80 | 4,56   |
| 17/12/2021 | 15,71     | 9,95  | 16,6     | 7,75  | 24,94            | 21,33 | 9,23   |

Los basculamientos en este método 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 prácticamente el proceso, al menos en los extremos norte de las playas. Aunque los datos presentan variaciones respecto a los años anteriores, no vemos un patrón claro de escoramiento en la última medición, cosa que sí hubo en los primeros años. El Medio y Punta del Vidrio, en 2021, reflejan mejor las conclusiones derivadas del método anterior, mientras que La Caleta no lo hace, sobre todo respecto al extremo N. Debe considerarse, no obstante, el momento de ruptura de la ola, que puede suceder más cerca o más lejos de la orilla justo en la toma. Un segundo antes o después la medición sería diferente. No obstante creemos que la metodología sí que permite saber a una escala adecuada las tendencias.

En el informe de año 2019 levantábamos una llamada de atención para estudiar una anomalía en los valores que, de confirmarse, hubiesen podido indicar un proceso basculante renovado, pero, a la luz de los resultados, no parece haber sido así. En 2021 entendemos que se trató de una circunstancia especial de ese año 2019 al momento de la instantánea.

### 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 69), licitación que finalmente ganó la empresa PROMAR2007 INVESTIGACIONES MARINAS S.L. En este informe de 2021 hacemos una revisión de los análisis para reunir los tres años y compararlos. Se sigue sin poder enlazar esta serie de campañas con la realizada en 2008 (antes de la construcción del puerto) debido a la ausencia de una base topográfica común conocida entre los trabajos de esta licitación y los de la antigua ya mencionada. Este estudio se retomará con otra frecuencia, hecho que se reflejará en los sucesivos informes anuales.



Figura 69. Playas objeto del levantamiento batimétrico.



Con técnicas actualizadas, basadas en geoposicionamiento diferencial GPS y GNSS, así como en el empleo de estaciones totales, ecosondas multihaz 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 multihaz, 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<sup>12</sup> se aplican a las mediciones obtenidas por el rover, corrigiéndolas (Figura 70 y Figura 71). 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.

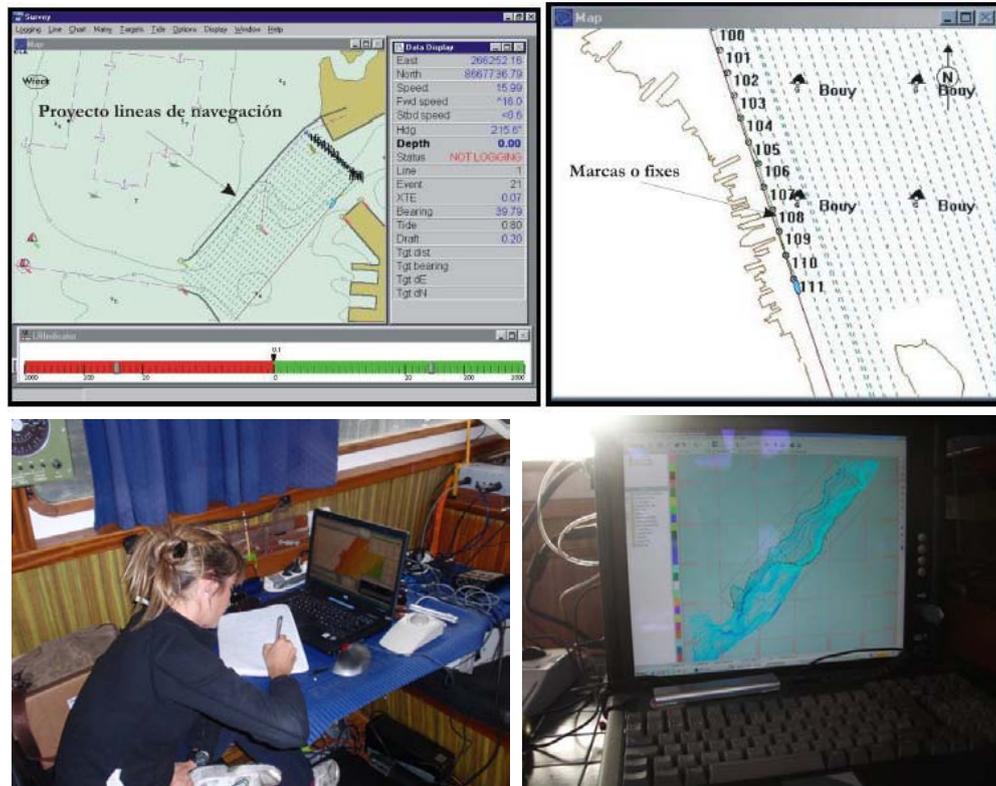
La navegación fue asistida por el software Hypack Max que utiliza la información de geoposicionamiento obtenida por los métodos que se han explicado.



**Figura 70. Buque oceanográfico "CALIMA" e instalación de equipos de navegación**

---

<sup>12</sup> 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 71. 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**

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.

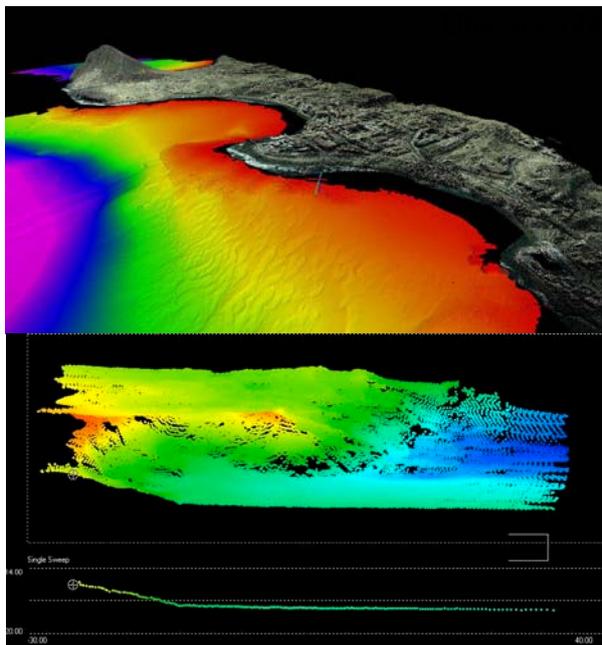


Los datos obtenidos se tratan luego por el software de procesado de datos, MB Max, (Hypack). Este programa pertenece a la compañía Coastal Oceanographics Inc. Se limpian los datos, de forma gráfica y con herramientas estadísticas, se introducen las correcciones de marea y los perfiles de velocidad de 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, un formato de ficheros de texto plano cada una de cuyas filas corresponde a un punto, del que solo se guarda su posición en el espacio en forma de coordenadas X, Y y Z, tal como se puede ver en la Tabla 8. Con los programas adecuados, se pueden visualizar esas posiciones en una estructura denominada nube de puntos (Figura 72), coloreadas de distintas maneras que faciliten la comprensión de distintas propiedades del conjunto de datos (pendientes, alturas, orientación...).

| X         | Y          | Z      |
|-----------|------------|--------|
| 347037,25 | 3099509,75 | -46,25 |
| 347037,75 | 3099509,75 | -46,26 |
| 347039,75 | 3099509,75 | -46,37 |
| 347037,75 | 3099510,25 | -46,25 |
| 347039,25 | 3099510,25 | -46,35 |
| 347039,75 | 3099510,25 | -46,35 |
| ...       | ...        | ...    |

**Tabla 8. Formato de fichero XYZ para guardar una nube de puntos.**



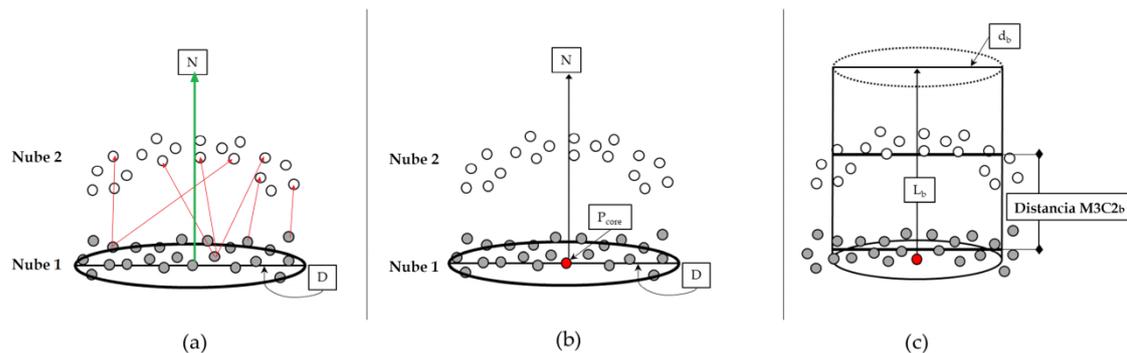
**Figura 72. Ejemplos de levantamiento en tiempo real y de nube de puntos (MBMAX, de Hypack)**

Se analizaron los resultados del trabajo de campo y su posterior proceso de gabinete, en el Observatorio se analizaron las diferencias entre las nubes de puntos comparándolas dos a dos (2017, 2018 y 2019) por cada playa para lo que se aprovecharon las capacidades del software “Cloud Compare”, de código abierto y especializado en el tratamiento de nubes de puntos<sup>13</sup>, mediante el algoritmo M3C2 que el programa implementa gracias a una extensión<sup>14</sup>, y que, entre otras cosas, permite de una forma robusta calcular la distancia en cada eje X, Y y Z que separa cada punto de una de las nubes de puntos del más cercano de la otra nube de puntos. Se analizan solo las distancias en el eje Z para evitar vectores no verticales y que llevarían a error y, para aliviar los cálculos y filtrar resultados extraños, se toma una de las nubes como nube de

<sup>13</sup> CloudCompareWiki N.d. [https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Main\\_Page](https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Main_Page), accessed September 8, 2022.

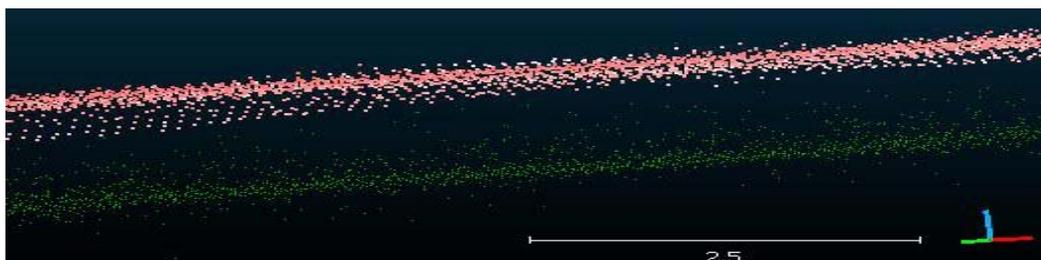
<sup>14</sup> M3C2 Plugin Cloud Compare N.d. [https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/M3C2\\_\(plugin\)](https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/M3C2_(plugin)), accessed September 8, 2022.

referencia (nube 1) y se lleva a cabo un submuestreo del conjunto de puntos escogiéndolos mediante círculos de un tamaño establecido por el usuario, partiendo de la idea de que normalmente, si el círculo no es demasiado grande, cualquier punto inscrito en él puede representar al resto de los que le acompañan el punto seleccionado es un CORE POINT. Se genera un cilindro en la vertical de cada CORE POINT que sirve para agrupar los puntos de la otra nube (nube 2) que se compararán con el CORE POINT. Pero no se comparan todos, claro. Entre todos los que el cilindro “captura” se establece una altura media y es este valor el que se compara con la altura (eje Z) del CORE POINT (véase Figura 73)



**Figura 73. Muestreo y cálculo en el método M3C2. a) multitud de mediciones posibles entre las nubes (rojo); b) selección del CORE POINT, en rojo (D=diámetro del entorno); c) cilindro de captura de puntos de la nube 2 altura media de estos puntos (L=altura del cilindro de captura).**

Esto es necesario porque los puntos de una nube no tienen por qué coincidir en el plano con los de la segunda nube, así que se “cazan” mediante este tipo de técnicas. Por otro lado, no debe olvidarse que las colecciones de puntos se hacen estadísticamente el error es asumible. En la Figura 74 se recoge un rincón de la playa de La Tejita donde las nubes de puntos de 2017 y de 2018 se distancian lo suficiente como para permitir comprender de qué tipo de estructuras se trata.



**Figura 74. 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**

El cálculo que hemos hecho genera valores negativos allí donde ha habido pérdida de cota (que representaremos en azules) y valores positivos en los lugares de acumulación (en la gama de los rojos). Cuanto menos intenso es el color y más blanquecino, menor es el cambio.

Los resultados no reflejan cambios significativos, ni en su dimensión ni en su extensión entre cada dos fechas para ninguna de las playas, tal como se ve en el conjunto de histogramas (Figura 75 y Figura 76), 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 y la media de las distancias es de alrededor de 3 cm.

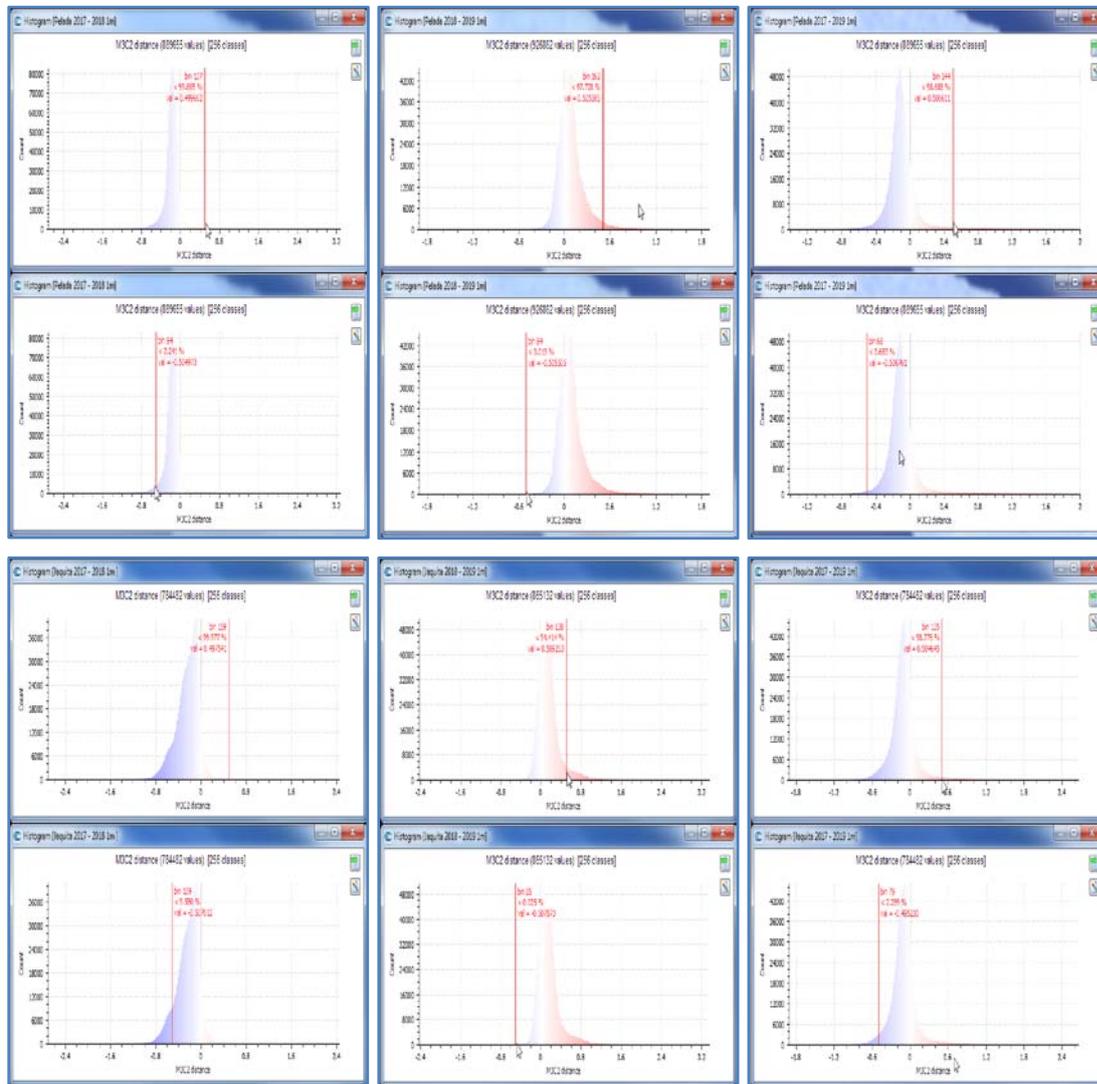
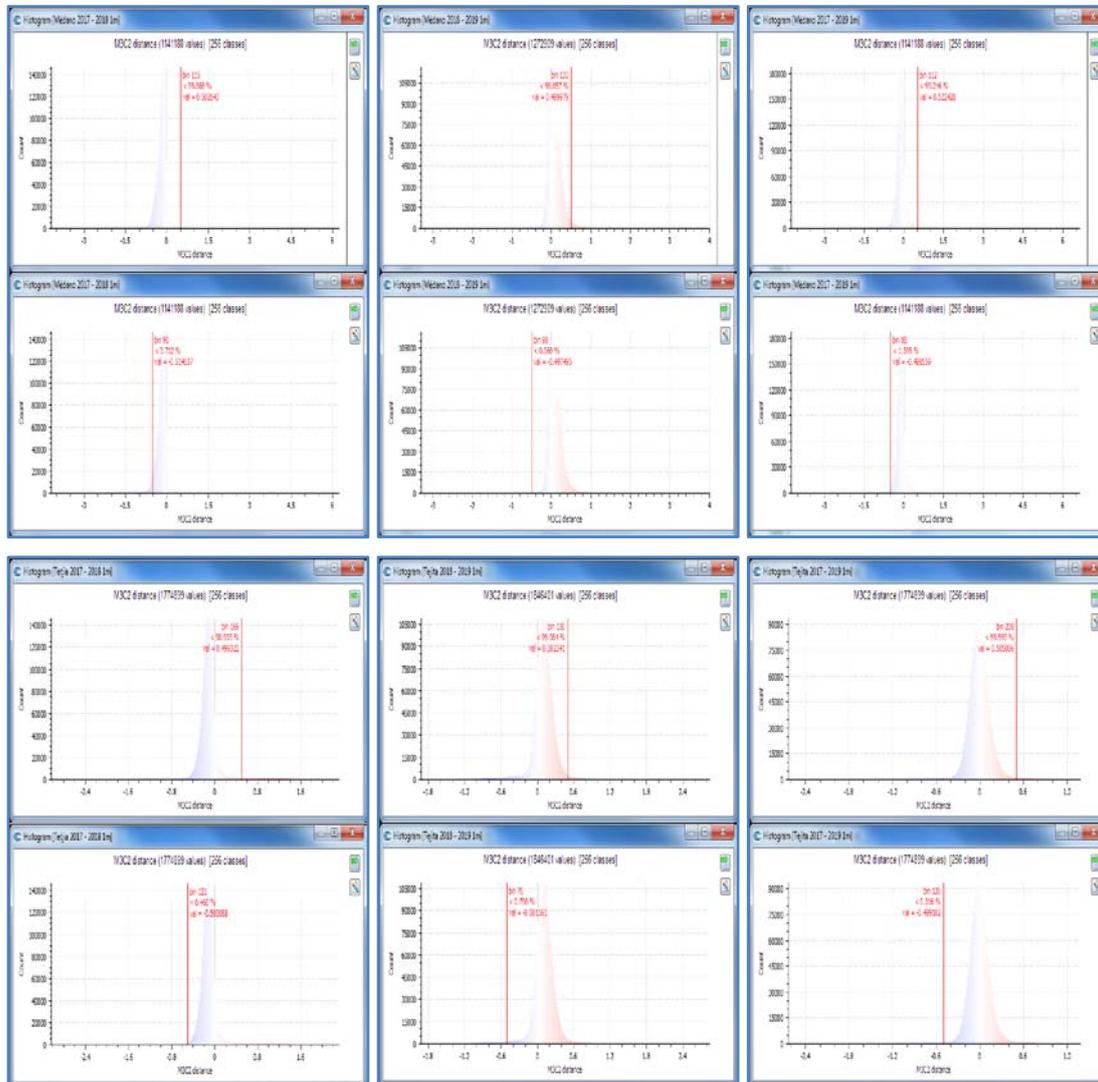


Figura 75. Histogramas de distancias en el eje Z. Pelada, y La Jaquita

En estos histogramas se señalan con una línea vertical roja las zonas del histograma que delimita las pérdidas (zona azul) o ganancias (zona roja) mayores de 0,5 m. En el texto que acompaña a cada línea se refleja el porcentaje de la nube de puntos que queda por “detrás” de la línea, de manera que, cuando se trata de la línea de pérdida, a la izquierda quedan los puntos que superan esos 0’5 m de erosión (en La Jaquita, entre 2017 y 2018, no llegó al 10% de los puntos, mientras que un 0’023% superó una acumulación de 0’5 m) En la zona roja, a la derecha de la línea vertical quedan puntos con ganancias mayores de medio metro. La presencia de diferencias incluso de 12 m en algún punto aislado, parecen deberse más a la presencia de *outliers*, *sinks* o sumideros, o interferencias (caso de La Tejita y El Médano).

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.



**Figura 76. Histogramas de distancias en el eje Z. El Médano y La Tejita**

A la vista del plano de cada una de las áreas se aprecia el predominio de las coloraciones lechosas de cambios cercanos al cero. De forma resumida vemos en la Tabla 9 la dimensión de los cambios habidos en el área sondeada, poniendo arbitrariamente el valor de 0'5 m como frontera entre reducida alteración o alteración importante.

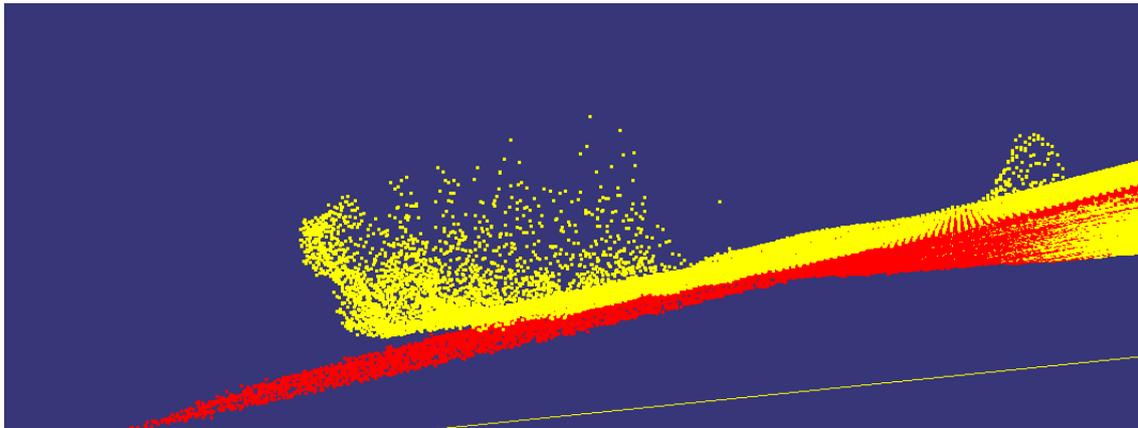
A la vista de los diferentes mapas, que se presentan en las figuras Figura 78, Figura 79 y Figura 81 y, a partir de los valores que resultan, podemos, playa por playa, comentar las conclusiones.

Abordando la playa de Pelada, comparando 2017 con 2018, detectamos la mayoría de las ganancias en el rango de menos de 10 cm y en las zonas más profundas al SE del ámbito



geográfico. La erosión se reparte por casi toda la zona, aunque es insignificante para un observador ( $< 3\text{cm}$ ) y está entreverada con bandas sin apenas cambios.

Comparando las campañas de 2018 y 2019 parecen generalizarse más los depósitos que en el período anterior. Ahora ocupan mayor área que las pérdidas y en las zonas más profundas llegan a los 60 cm de pérdida en algún rincón<sup>15</sup> y un extraño pico de elevación se recoge en los datos (ver detalle en la Figura 77). Este fenómeno está presente solo en el fichero de 2019 y no se sabe a qué se debe. Las dimensiones son de hasta 12 m en algún punto, pero es algo muy local. En el borde del conjunto de datos más próximo a la orilla es general una tímida elevación de las cotas, no mayor de 20 cm.



**Figura 77. Extraño conjunto de datos de la nube de 2019 en la zona SE de la playa de Pelada. En amarillo puntos de 2019, en rojo 2017.**

En cuanto al período total de 2 años (2017 vs. 2019) la tónica se parece más a la del primero, con una tímida disminución de cota generalizada y dos regiones de mínimo crecimiento ( $< 20\text{cm}$ ) a más profundidad.

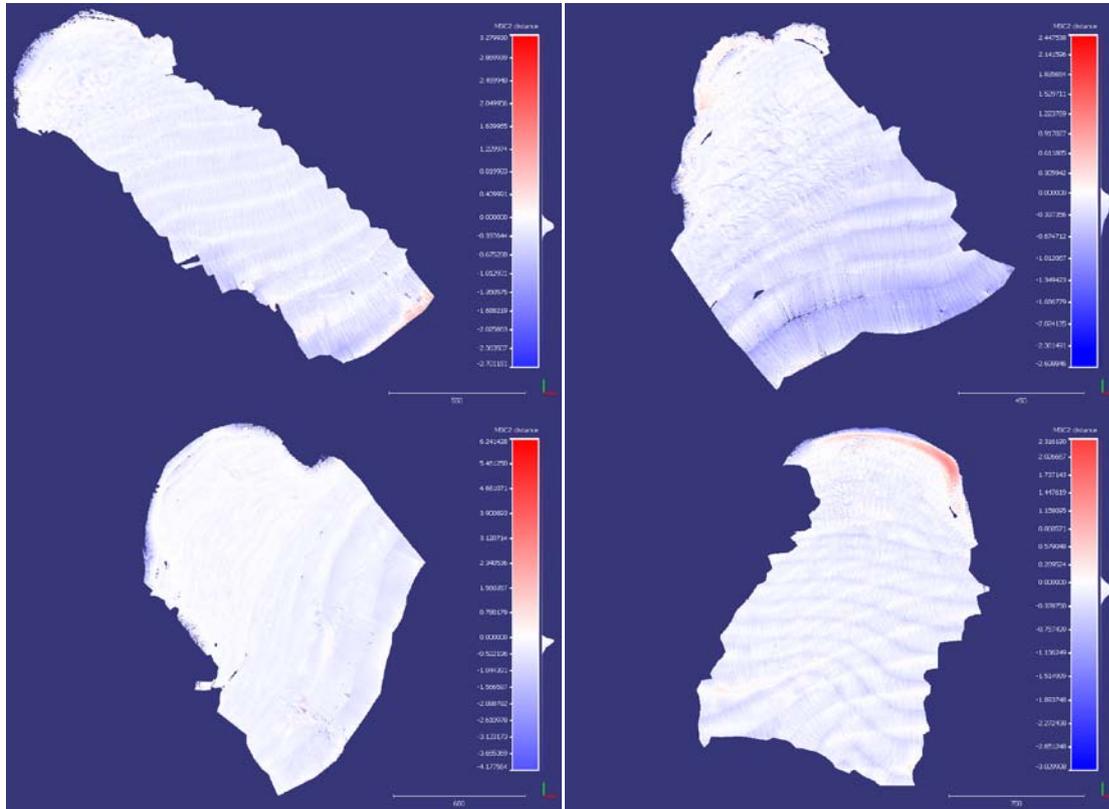
---

<sup>15</sup> En general, a mayor profundidad menor confianza tenemos en la literalidad de los valores, pues las nubes muestran cierto bandeado que no sabemos si atribuir al suelo marino o a algún artefacto tecnológico.

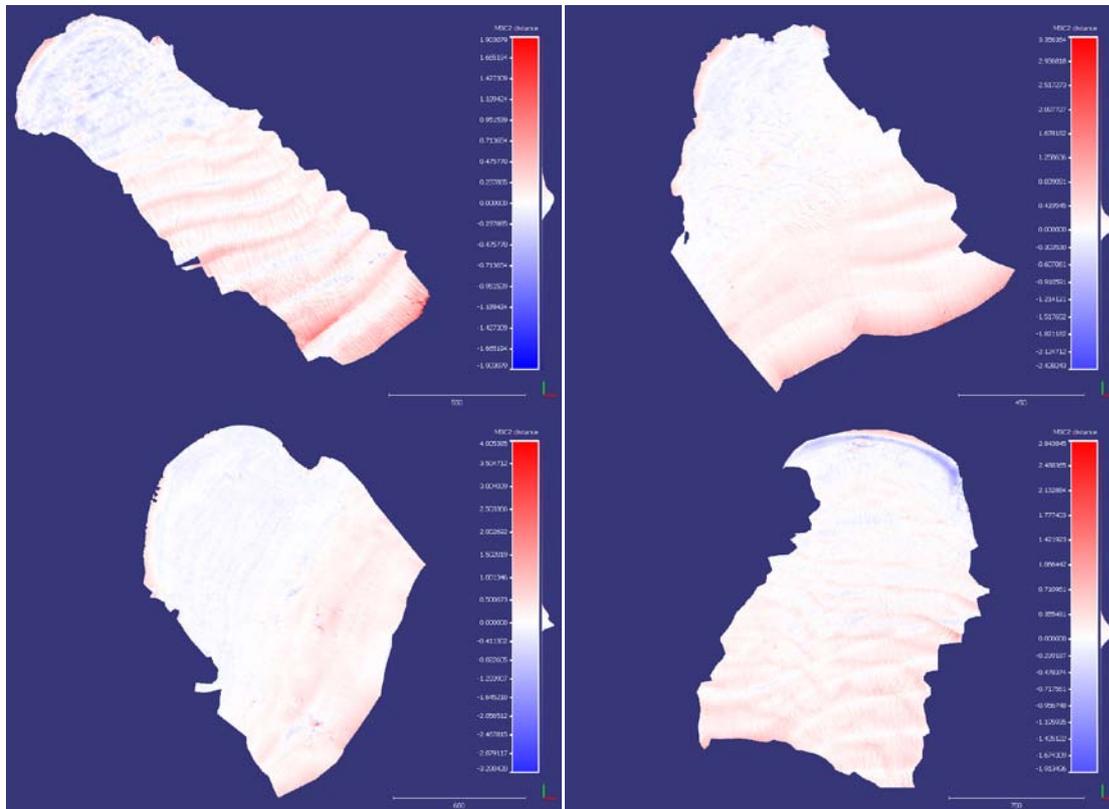
**Tabla 9. Distribución de ganancias y pérdidas por encima de 0'5 m**

| playa   | campana   | pérdida >= 0'5 | diferencias < 0'5m | ganancia >= 0,5m |
|---------|-----------|----------------|--------------------|------------------|
| pelada  | 2017-2019 | 0,68%          | 98,01%             | 1,31%            |
| pelada  | 2018-2019 | 0,02%          | 97,71%             | 2,27%            |
| pelada  | 2017-2018 | 2,24%          | 97,56%             | 0,19%            |
| Jaquita | 2017-2019 | 2,29%          | 96,49%             | 1,22%            |
| Jaquita | 2018-2019 | 0,03%          | 94,39%             | 5,59%            |
| Jaquita | 2017-2018 | 9,58%          | 90,40%             | 0,02%            |
| médano  | 2017-2019 | 1,40%          | 97,85%             | 0,75%            |
| médano  | 2018-2019 | 0,07%          | 97,99%             | 1,94%            |
| médano  | 2017-2018 | 3,71%          | 96,18%             | 0,11%            |
| tejita  | 2017-2018 | 0,32%          | 99,28%             | 0,41%            |
| tejita  | 2018-2019 | 0,47%          | 98,47%             | 1,07%            |
| tejita  | 2017-2019 | 0,79%          | 98,29%             | 0,92%            |

Para el caso de la Jaquita, al SO de Pelada, las diferencias arrojadas entre 2017 y 2018 descubren cierta deposición muy local, al S de la zona de El Salado, que puede llegar a los 40 cm. Suben las cotas también en la zona de rompiente, con valores de alrededor de 15 cm. En general, existe una diferencia negativa de entre los 40 y los 80 cm en zonas profundas (a partir de los 50 m) y más allá de los 500 m desde la orilla, mientras que hasta esos 500 m desde la costa los valores son muy reducidos e incluso, como se dijo, se acumula material. De 2018 a 2019 el fondo de esta playa parece elevarse en un intervalo cercano a los 30 cm, sobre todo en la mitad más profunda y cerca de la orilla, lo que, en el mapa se aprecia por el tono sonrosado que adquiere. También destaca que en la zona de rompiente a la izquierda del hotel, frente a la llamada Hoya de D. Casiano, parece que cerca de la orilla se gana altura (menor profundidad) en niveles entre los 40 y los 80 cm. Estos cambios se destacan con la comparativa total de los dos años, que resalta esas ganancias costeras y de los fondos más profundos, así como la tendencia a la erosión (por llamarlo de alguna manera) escasísima de casi todo el ámbito.

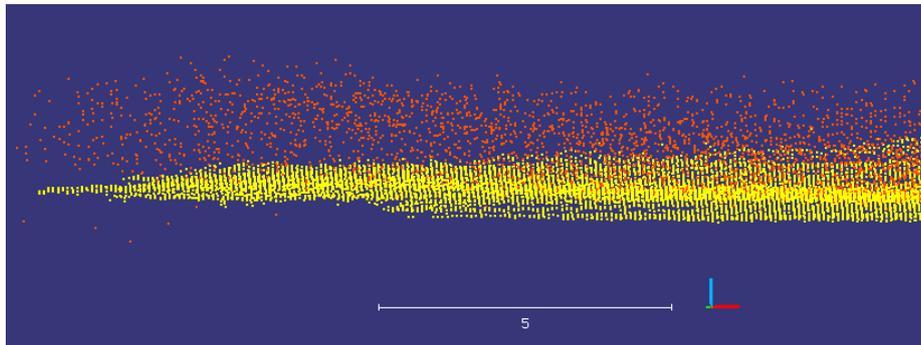


**Figura 78. Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2018.**



**Figura 79. Planos de las diferencias entre los barridos de 2018 y 2019.**

El comportamiento de la playa de El Médano incluye para el primer período comparado una importante erosión en la zona de la Piedra María, al N de la Mareta Wildpret (mitad S de la orilla) y también en la playa del pueblo. Aunque no muy extensa respecto al total del recinto sondeado, sí que, puesto que los valores superan el metro de diferencia en negativo, podría ser percibido por el público, en función del sustrato. Según los datos, entre los 60 cm y los 2 m en un área de 2000 m<sup>2</sup>. Dado que el fenómeno ocurre en el borde de la zona de estudio, habrá que descartar que se deba a artefactos técnicos. Se da la circunstancia de que el conjunto de puntos en estas zonas es muy irregular y seguramente en la toma de datos no se pudo hacer la campaña todo lo correctamente que se debió por motivos de condiciones meteorológicas ni se hizo un filtrado de puntos incorrectos, lo cual explicaría este resultado. Se puede observar (Figura 80) desde una vista lateral cómo los puntos rojos (2017) parecen “alborotados” mientras que los que están en amarillo (2019) tienen mayor orden y forman una capa más definida.

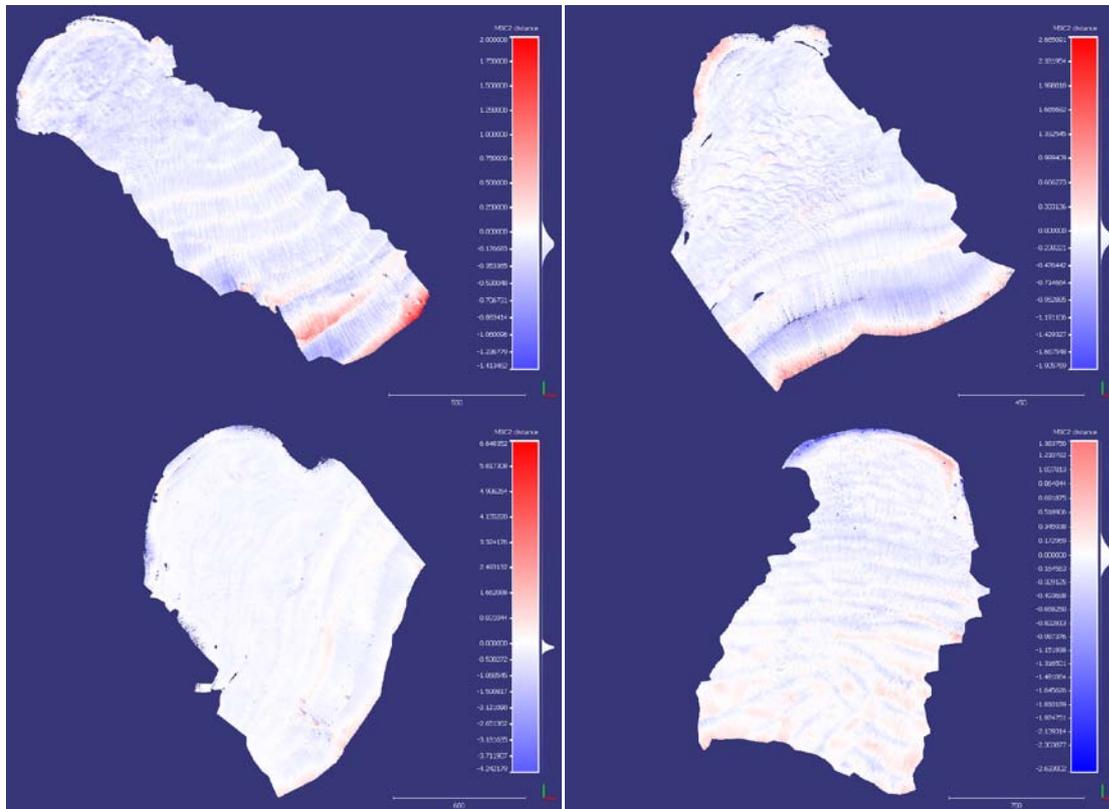


**Figura 80. Vista lateral de la anomalía en Piedra María, El Médano. 2017.**

El resto de los fondos en esta área no se altera más allá de 20 cm en la banda desde tierra hasta casi 900 m dentro del mar, y allí hay una pérdida extendida de entre 20 y 60 cm que, de nuevo, cabe preguntarse si es fruto de la técnica más que un hecho real.

Si observamos la comparativa 2018 -2019, se constata una recuperación en esos lugares que habían perdido material tanto en la zona profunda como en el triángulo costero, si bien en este último lugar no parece haberse compensado del todo y la ganancia es de alrededor de 80 cm. Las pérdidas no llegan a representar un 25% de la región total, y los puntos que superan los 20 cm no representan ni el 2% de los de distancias negativas.

El balance que arroja el estudio entre los dos años está teñido de tenue azul, lo que indica que la pérdida es lo más frecuente, si bien en valores menores de los 30 cm en las zonas menos someras, si nos olvidáramos de los dos puntos más cercanos a la orilla y de mayor desgaste que ya hemos indicado más arriba.

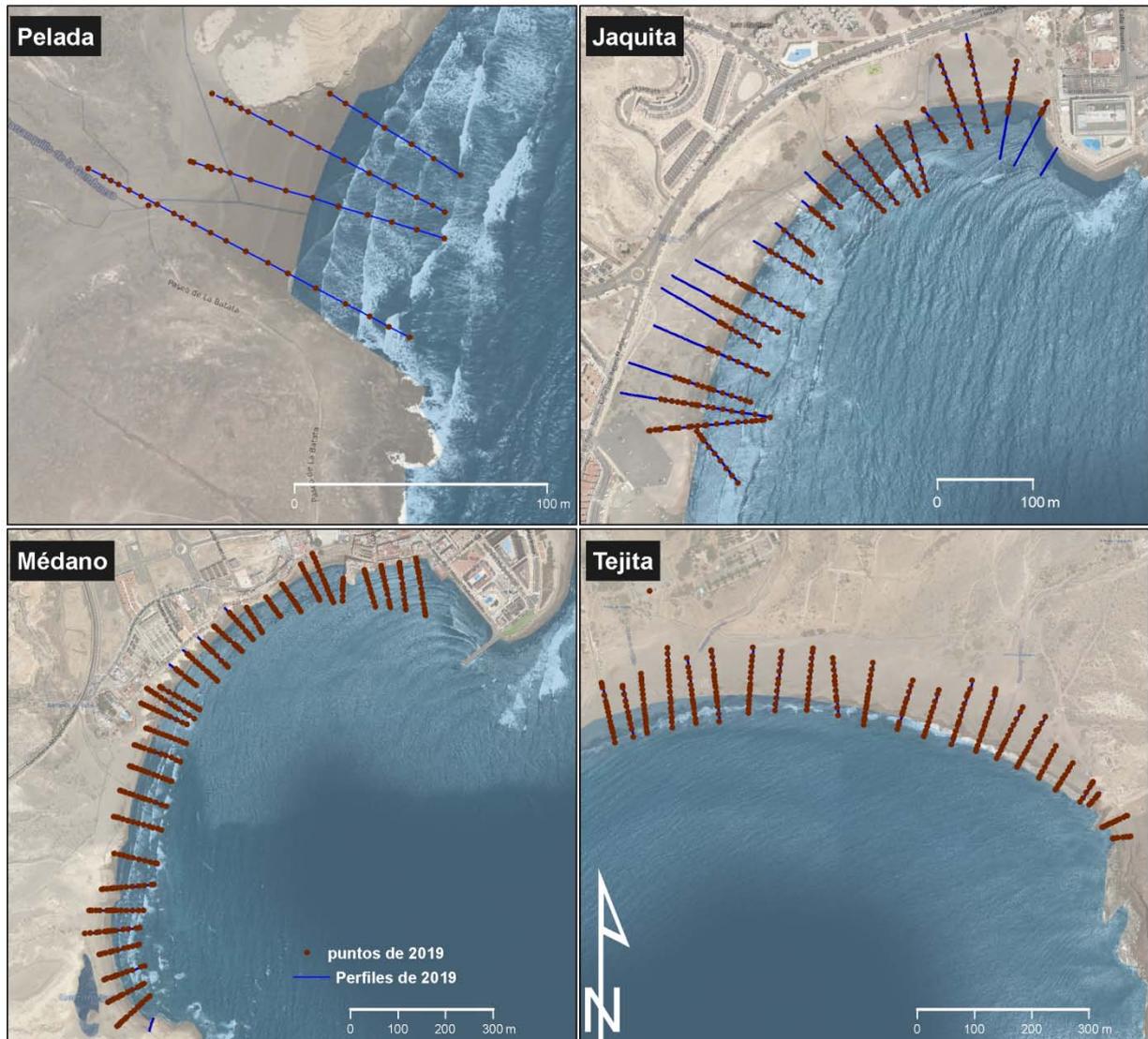


**Figura 81. Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2019.**

Finalizando este recorrido por los cambios batimétricos en las cuatro playas, nos detenemos en la playa de La Tejita, de la que se espera que no sufra cambios debidos a la infraestructura portuaria.

### **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.



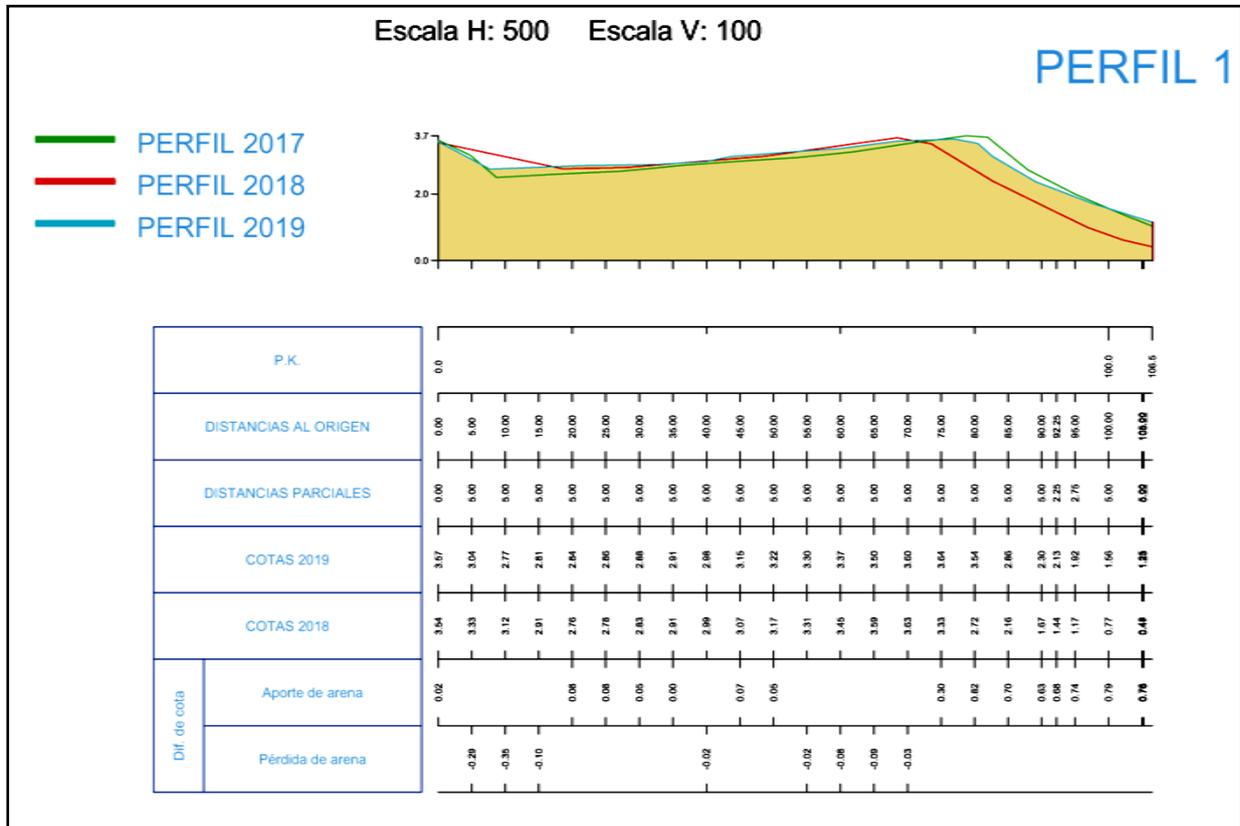
**Figura 82. Perfiles en los que se ha medido la cota respecto al cero establecido en el trabajo**

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 apoyadas en el fondo arenoso (Figura 82).

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 83 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

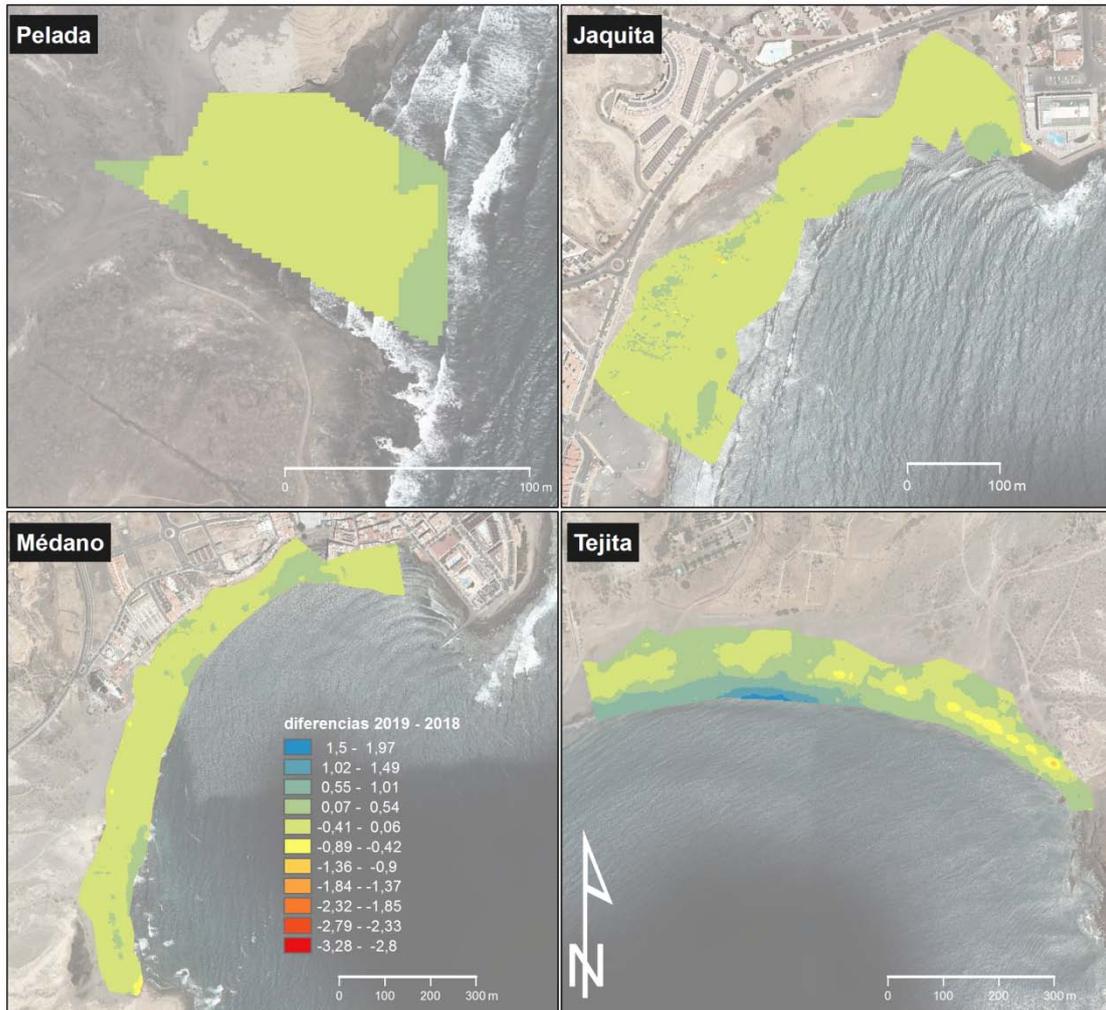
tasas netas de pérdida de ganancia no son muy altas, de 16 cm en el punto máximo, a unos 80 m del inicio del perfil (descartando los datos de 2018, por ahora).



**Figura 83. 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 84.

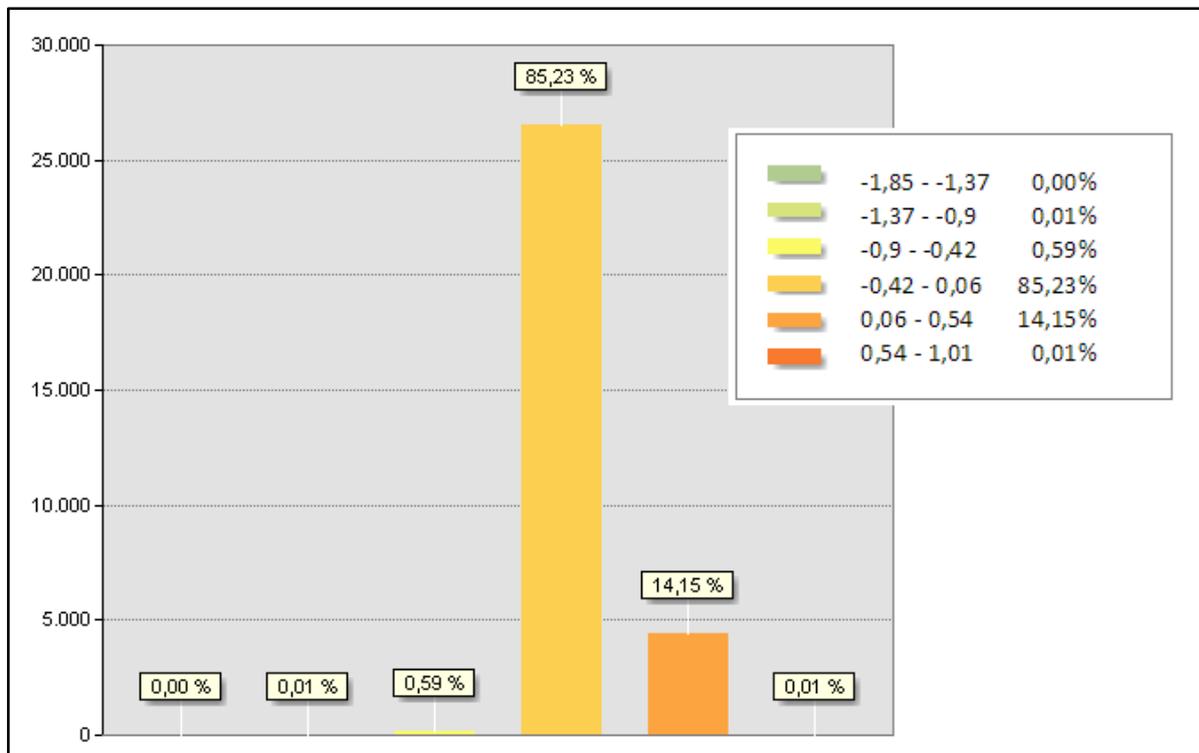


**Figura 84. Resultados del análisis de superficies provenientes de la interpolación kriging**

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.

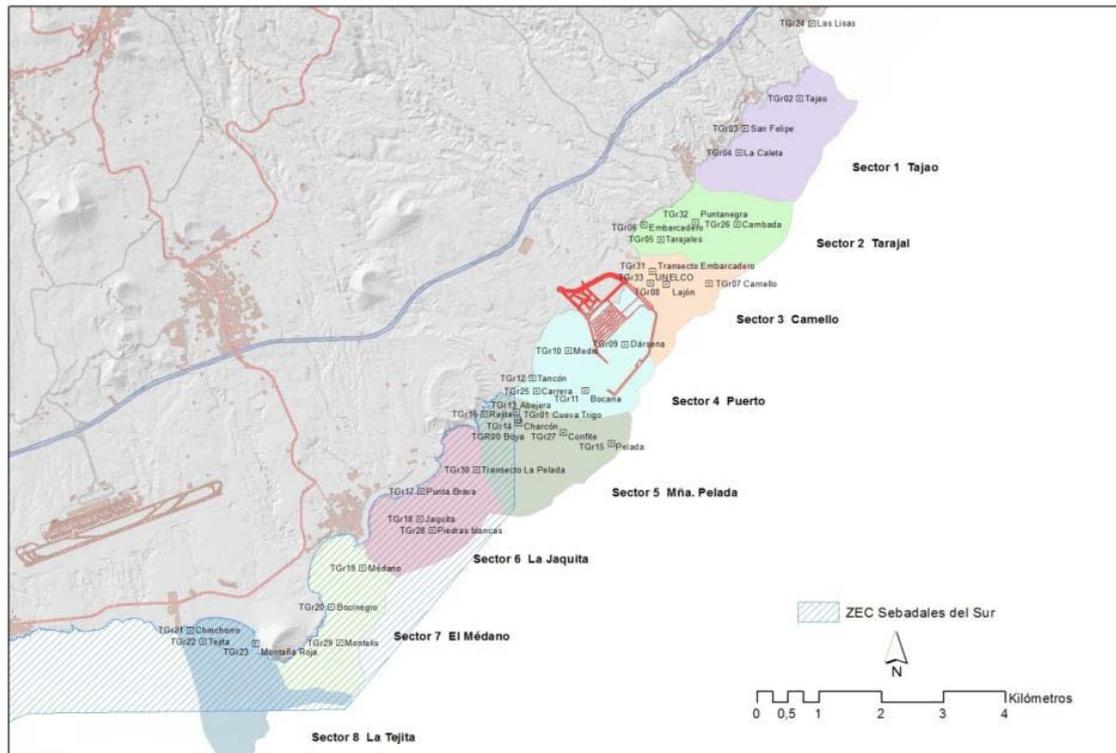
El gráfico de la Figura 85 corrobora esta impresión. Se puede constatar que más del **85%** de las celdillas de 2 x 2 m que componen la superficie de la pertenecen al intervalo **[-0'42, +0'06]** y más del **14%** en el intervalo **[0'06, 0'54]**. En total los dos rangos se reparten un **99,38%** del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



**Figura 85. 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 86. 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 86). 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 esta 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 a consultar, y así comparar su evolución en el tiempo (también definible). En un sistema de archivo anexo a este informe se incluyen las tablas con los valores obtenidos en 2021, así como copia de las analíticas recibidas de los laboratorios. Se comenta aquí lo más destacado.

La Tabla 10 y Tabla 11 resumen los trabajos de las campañas realizadas en 2018, 2019, 2020 y 2021 y los valores oceanográficos medidos (máxima, mínima y media) comparados con los de la situación previa a las obras.

**Tabla 10. Campañas de muestreo**

| <b>Campañas 2018</b>            | <b>Número campañas</b> | <b>Número estaciones</b> | <b>Número muestras</b> | <b>Número Parámetros</b> | <b>Datos aprox.</b> |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>Muestreo de aguas</b>        | 3                      | 10                       | 82                     | 21                       | 1.184               |
| <b>Muestreo de sedimentos</b>   | 2                      | 10                       | 20                     | 24                       | 480                 |
| <b>Sonda multiparamétrica</b>   | 8                      | 10x <5 prof.             | 321                    | 10                       | 3.210               |
| <b>Captadores de sedimentos</b> | 3                      | 9                        | 48                     | 3                        | 144                 |
| <b>Campañas 2019</b>            | <b>Número campañas</b> | <b>Número estaciones</b> | <b>Número muestras</b> | <b>Número Parámetros</b> | <b>Datos aprox.</b> |
| <b>Muestreo de aguas</b>        | 3                      | 10                       | 60                     | 21                       | 856                 |
| <b>Muestreo de sedimentos</b>   | 2                      | 10                       | 20                     | 25                       | 500                 |
| <b>Sonda multiparamétrica</b>   | 9                      | 10x <5 prof.             | 373                    | 10                       | 3.730               |
| <b>Captadores de sedimentos</b> | 3                      | 9                        | 49                     | 3                        | 147                 |
| <b>Campañas 2020</b>            | <b>Número campañas</b> | <b>Número estaciones</b> | <b>Número muestras</b> | <b>Número Parámetros</b> | <b>Datos aprox.</b> |
| <b>Muestreo de aguas</b>        | 4                      | 10                       | 240                    | 17                       | 4.080               |
| <b>Muestreo de sedimentos</b>   | 3                      | 10                       | 30                     | 18                       | 540                 |
| <b>Sonda multiparamétrica</b>   | 8                      | 10x <5 prof.             | 550                    | 10                       | 5.500               |
| <b>Captadores de sedimentos</b> | 3                      | 9                        | 48                     | 3                        | 144                 |
| <b>Campañas 2021</b>            | <b>Número campañas</b> | <b>Número estaciones</b> | <b>Número muestras</b> | <b>Número Parámetros</b> | <b>Datos aprox.</b> |
| <b>Muestreo de aguas</b>        | 3                      | 10                       | 82                     | 28                       | 2.296               |
| <b>Muestreo de sedimentos</b>   | 3                      | 10                       | 30                     | 18                       | 540                 |
| <b>Sonda multiparamétrica</b>   | 10                     | 10x <5 prof.             | 423                    | 10                       | 4.230               |
| <b>Captadores de sedimentos</b> | 2                      | 9                        | 36                     | 3                        | 108                 |



Tabla 11. Valores oceanográficos

| Año 2018                        | Instrumento | Unidade | Mínimo | Máximo  | Media  | Previo obra   |
|---------------------------------|-------------|---------|--------|---------|--------|---------------|
| <b>Temperatura</b>              | Sonda       | °C      | 18,20  | 22,64   | 19,92  | 18,61 - 24,65 |
| <b>Salinidad</b>                | Sonda       | psu     | 36,19  | 37,76   | 36,98  | 36,53 - 37,34 |
| <b>pH</b>                       | Sonda       | ud. pH  | 7,97   | 8,25    | 8,12   | 8,09 - 8,34   |
| <b>Saturación O<sub>2</sub></b> | Sonda       | %       | 97,6   | 108,40  | 103,36 | -             |
| <b>Turbidez</b>                 | Laboratorio | NTU     | 0      | 1,93    | 0,63   | 0 - 16,50     |
| <b>Turbidez</b>                 | Sonda       | NTU     | 0      | 2,70    | 0,17   | 0 - 16,50     |
| Año 2019                        | Instrumento | Unidade | Mínimo | Máximo  | Media  | Previo obra   |
| <b>Temperatura</b>              | Sonda       | °C      | 18,94  | 23,52   | 20,82  | 18,61 - 24,65 |
| <b>Salinidad</b>                | Sonda       | psu     | 37,01  | 38,16   | 37,46  | 36,53 - 37,34 |
| <b>pH</b>                       | Sonda       | ud. pH  | 7,93   | 8,37    | 8,14   | 8,09 - 8,34   |
| <b>Saturación O<sub>2</sub></b> | Sonda       | %       | 97,8   | 113,60  | 101,88 | -             |
| <b>Turbidez</b>                 | Laboratorio | NTU     | 0      | 1,58    | 0,47   | 0 - 16,50     |
| <b>Turbidez</b>                 | Sonda       | NTU     | 0      | 2,10    | 0,14   | 0 - 16,50     |
| Año 2020                        | Instrumento | Unidade | Mínimo | Máximo  | Media  | Previo obra   |
| <b>Temperatura</b>              | Sonda       | °C      | 19,27  | 23,85   | 21,51  | 18,61 - 24,65 |
| <b>Salinidad</b>                | Sonda       | psu     | 37,16  | 40,09   | 37,61  | 36,53 - 37,34 |
| <b>pH</b>                       | Sonda       | ud. pH  | 6,99   | 8,25    | 8,04   | 8,09 - 8,34   |
| <b>Saturación O<sub>2</sub></b> | Sonda       | %       | 96,60  | 105,90  | 100,24 | -             |
| <b>Turbidez</b>                 | Sonda       | NTU     | 0      | 0       | 0      | 0 - 16,50     |
| Año 2021                        | Instrumento | Unidade | Mínimo | Máximo  | Media  | Previo obra   |
| <b>Temperatura</b>              | Sonda       | °C      | 19,04  | 24,95   | 21,56  | 18,61 - 24,65 |
| <b>Salinidad</b>                | Sonda       | psu     | 34,91  | 38,24   | 37,28  | 36,53 - 37,34 |
| <b>pH</b>                       | Sonda       | ud. pH  | 5,37   | 8,05    | 7,43   | 8,09 - 8,34   |
| <b>Saturación O<sub>2</sub></b> | Sonda       | %       | 94,90  | 104,20  | 99,03  | -             |
| <b>Turbidez</b>                 | Sonda       | NTU     | 0      | 2427,00 | 8,75   | 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 las latitudes canarias, 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 87. Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (Charcón) (medición con sonda) 2011-2021**

La temperatura media, máxima y mínima obtenida por las sonda multiparamétrica en el periodo 2013-2021 se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12. Valores de Temperaturas medias, máximas y mínimos obtenidos en las distintas anualidades**

| AÑO         | T <sup>a</sup> Media | T <sup>a</sup> Máx. (mes) | T <sup>a</sup> Mín. (mes) | Periodo no muestreado            |
|-------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| <b>2021</b> | 21,56                | 24,95 °C (09)             | 19,04 °C (03)             | Meses 05, 12 no muestreados      |
| <b>2020</b> | 21,51                | 23,85 °C (08)             | 19,27 °C (01)             | Meses 03,06,07,09 no muestreados |
| <b>2019</b> | 20,82                | 23,52 °C (09)             | 18,94 °C (03)             | Meses 06,07,08 no muestreados    |
| <b>2018</b> | 19,92                | 22,64 °C (08)             | 18,20 °C (02,03)          | Meses 05,07,09 no muestreados    |
| <b>2017</b> | 21,27                | 24,31 °C (09,10)          | 18,83 °C (02)             | Meses 06,07,08,12 no muestreados |
| <b>2016</b> | 21,37                | 23,50 °C (09)             | 19,17 °C (03)             | Meses 04,06 no muestreados       |
| <b>2015</b> | 20,90                | 25,13 °C (09)             | 18,36 °C (02)             | Meses 03,07,08,11 no muestreados |
| <b>2014</b> | 21,55                | 24,23 °C (10)             | 18,52 °C (02)             | Meses 01,03,05,08 no muestreados |
| <b>2013</b> | 21,50                | 24,66 °C (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 88).

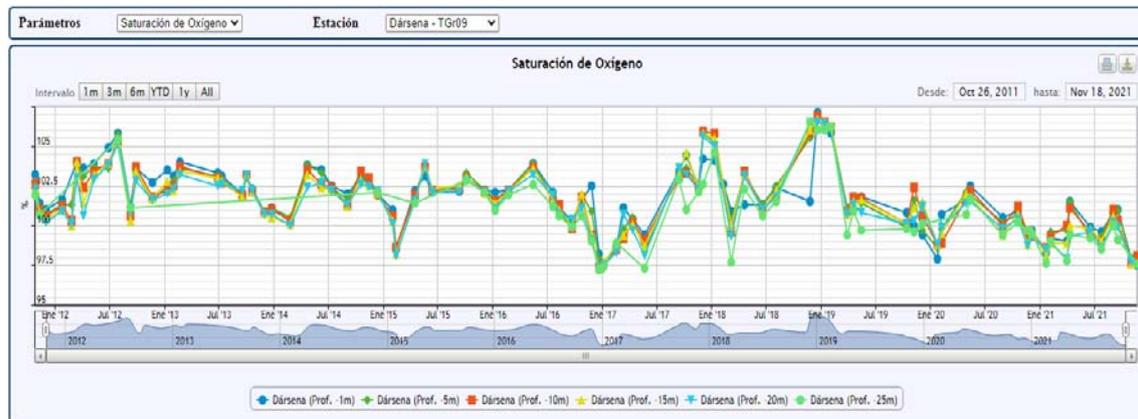


Figura 88. Saturación de oxígeno (%) en la estación Charcón (TGr14) a 3 profundidades, (2012-2021)

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 13. 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               |
|------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 2020 | 8,04              | 8,25            | 6,99            | Meses 03, 06, 07, 09 no muestreados |
| 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    |

Desde octubre de 2020 se tienen problemas de calibración con el sensor de pH de la sonda multiparamétrica, por lo que dichos datos no se exponen en la gráfica anexa. Así mismo, hay algunos datos anómalos del mismo sensor en algunas de las campañas, seguramente a la desestabilización del sensor (Figura 89).



**Figura 89. Registro del pH en La Dársena (TGr09) a seis profundidades (2012-2021)**

**Salinidad:** La salinidad del agua en los océanos varía entre 33 y 37 PSU (media mundial = 35 PSU), o a su equivalente de 45,5 y 50,4 mS/cm (media 38 mS/cm) expresado en conductividad a 20°C. Hasta mayo de 2014 venía midiéndose 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 meses de septiembre y octubre de 2018 no se dispone de datos debido a un problema de estabilización del sensor de pH. En este año 2021, salvo mínimas excepciones, la sonda ha medido de manera estable este parámetro.

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 90).



**Figura 90. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a diciembre de 2021**



**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 y 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 91).



**Figura 91. Turbidez (NTU) registrada en 2021 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 este año 2021 es de 0,12 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 2,33 NTU (en la TGr10-Medio) y media de 0,33 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<sup>3</sup>, 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/m<sup>3</sup>) (Tabla 14).

**Tabla 14. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla**

| Clorofila A $\mu\text{g/l}$ | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valor máximo                | 0,54 | 0,54 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,62 | 0,56 | 0,66 | 0,93 | 0,51 | 0,49 |
| Valor mínimo                | 0,06 | 0,05 | 0,26 | 0,15 | 0,22 | 0,32 | 0,11 | 0    | 0,10 | 0,19 | 0,25 |
| Media                       | 0,28 | 0,35 | 0,40 | 0,37 | 0,37 | 0,46 | 0,30 | 0,24 | 0,35 | 0,34 | 0,37 |

El valor medio de clorofila alcanzado en el ejercicio 2016 no se ha llegado a alcanzar en 2021, 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 92. Arriba: evolución de la concentración de clorofila proveniente de análisis de laboratorio entre 2011 y 2021 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2021**

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 2021 los vertidos existente que ha habido son



localizados en el interior del futuro muelle ribera por lo que no se han detectado picos atribuibles a este fenómeno (Figura 92).



Figura 93. Evolución 2011-2021 de la clorofila a en la estación Tejita (arriba), Dársena (medio) y Tarajales. Equivalencia 1 µg/l = 1 mg/m<sup>3</sup> de clorofila A

### 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 la calidad de las aguas (Tabla 15):

**Tabla 15. 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 15 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 los tres muestreos realizados en el 2021. 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 94).



**Figura 94. Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla y desde 2011 hasta 2021, inclusive**

La materia en suspensión en 2021 presenta valores que van desde 0 mg/l a picos de 9,40 mg/l. Se continúa con tendencia observada en años anteriores.

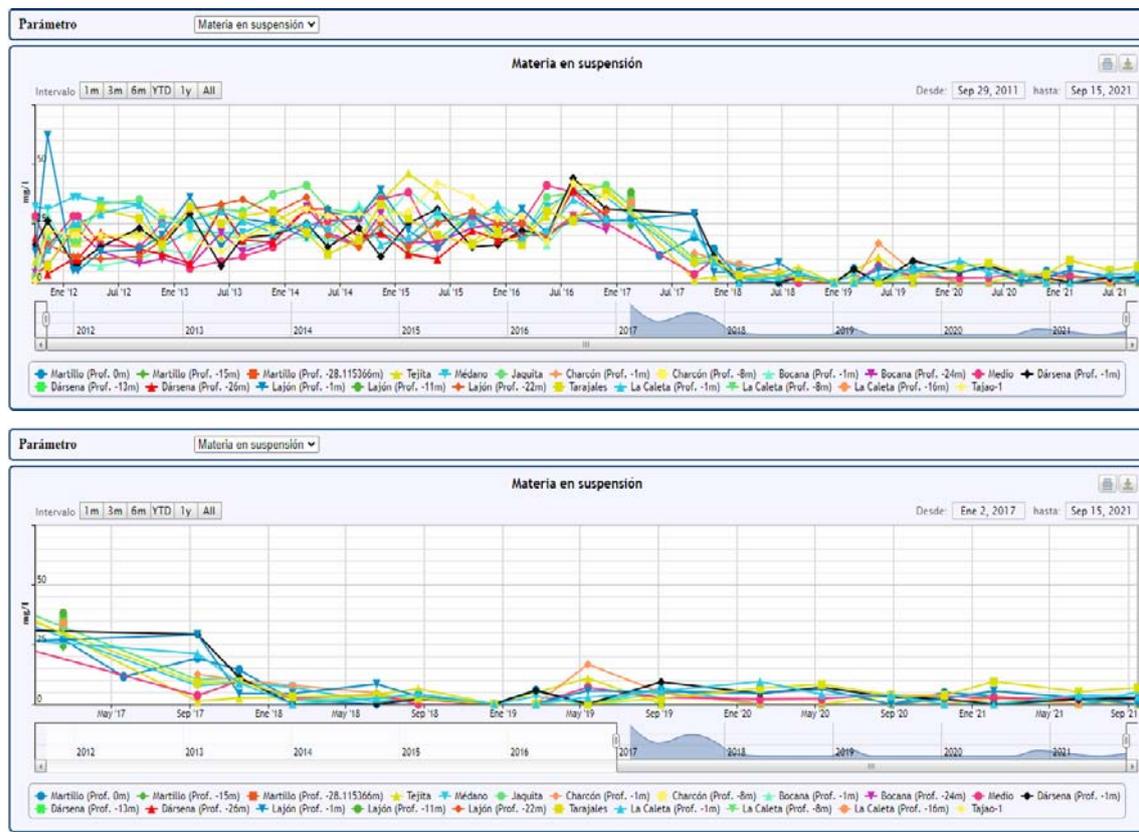


Figura 95. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2021 según las estaciones. Abajo: datos del 2017 a 2021

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 96).

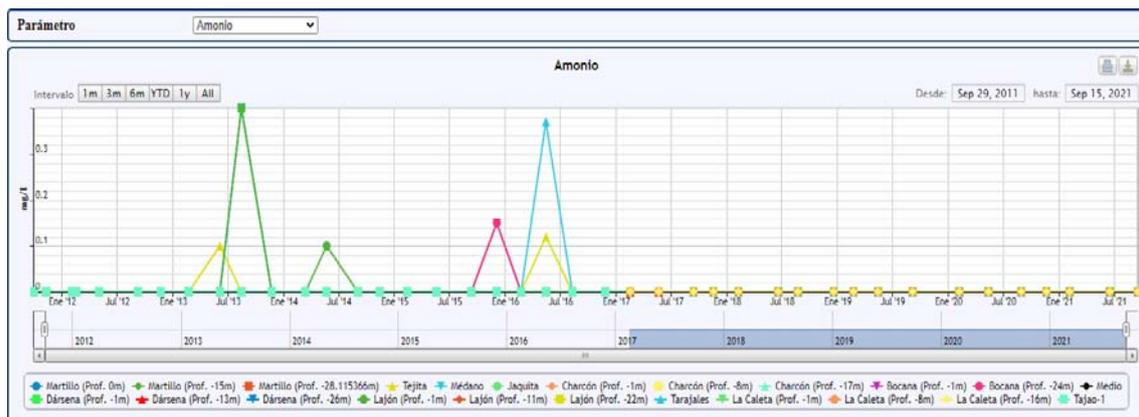


Figura 96. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2021)

Carbono orgánico total: En todos los muestreos dicho parámetro ha estado por debajo del límite de detección de  $0,10$  mg/l. Se confirma la tendencia de años anteriores. (Figura 97).

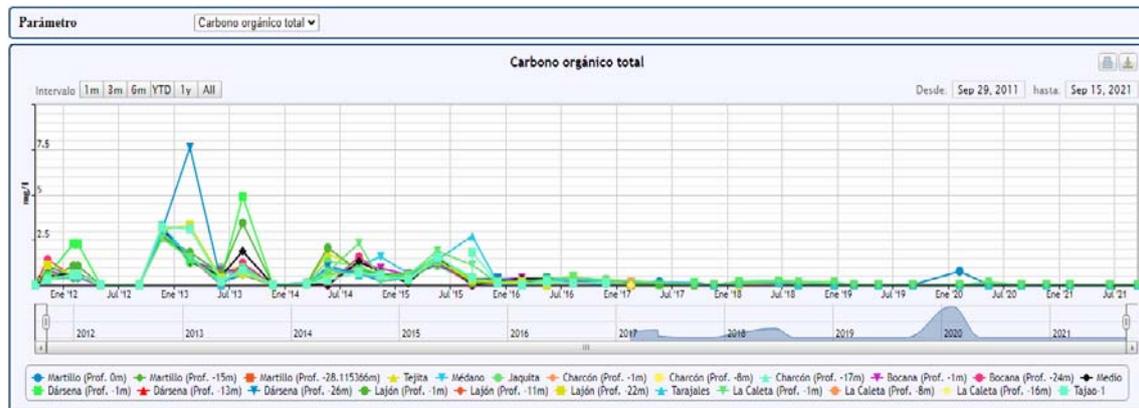


Figura 97. Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2021

Aceites y grasas: Siguiendo la tendencia de años anteriores, los valores para todos los muestreos del año 2021, 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, éste es el límite inferior de detección (Figura 98).

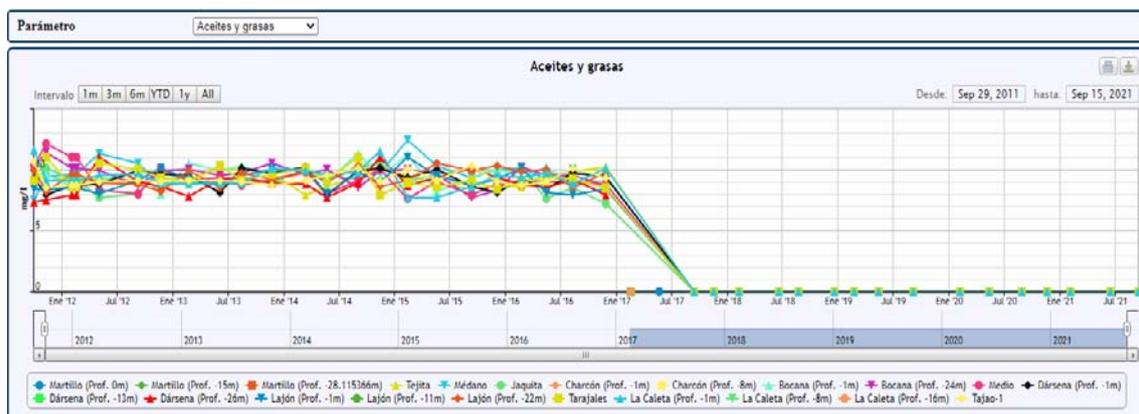


Figura 98. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2021)

Detergentes. En 2021 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 99).

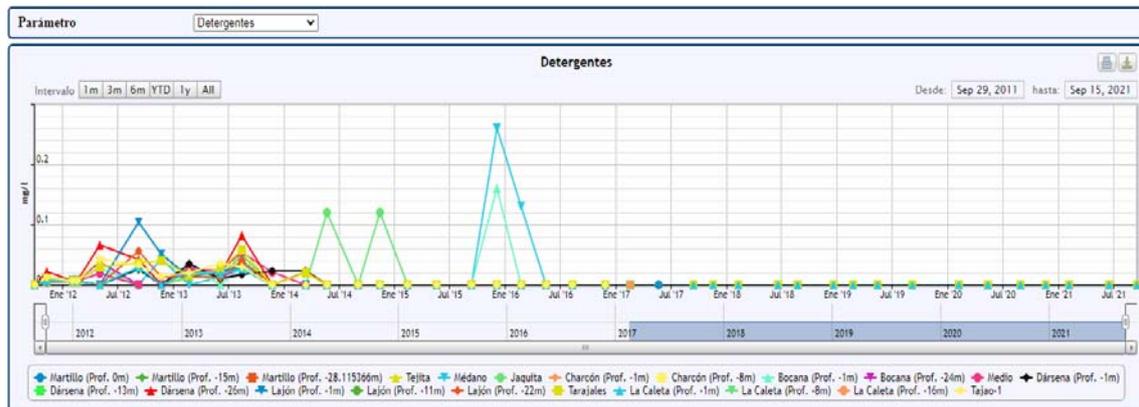


Figura 99. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2021)

Hidrocarburos totales: el valor máximo de referencia de hidrocarburos totales (2005) es de 870  $\mu\text{g/l}$ . Dicho máximo no se ha alcanzado en ninguna estación durante el periodo de obras, incluido el presente ejercicio (2012-2021), con registros inferiores a  $< 160 \mu\text{g/l}$ .

En 2015 el valor máximo fue de 157  $\mu\text{g/l}$ , por debajo del valor de referencia. Este ligero aumento registrado en 2015 no se continúa en los años de 2016 a 2021. El valor máximo en 2021 es de 17,20  $\mu\text{g/l}$  en la estación Dársena Superior (TGr09) (Figura 100 y Figura 101). El valor promedio para el 2020 es de 10,95  $\mu\text{g/l}$  y en este año 2021 el valor promedio es de 10,03  $\mu\text{g/l}$  y valor máximo 19,90  $\mu\text{g/l}$ .

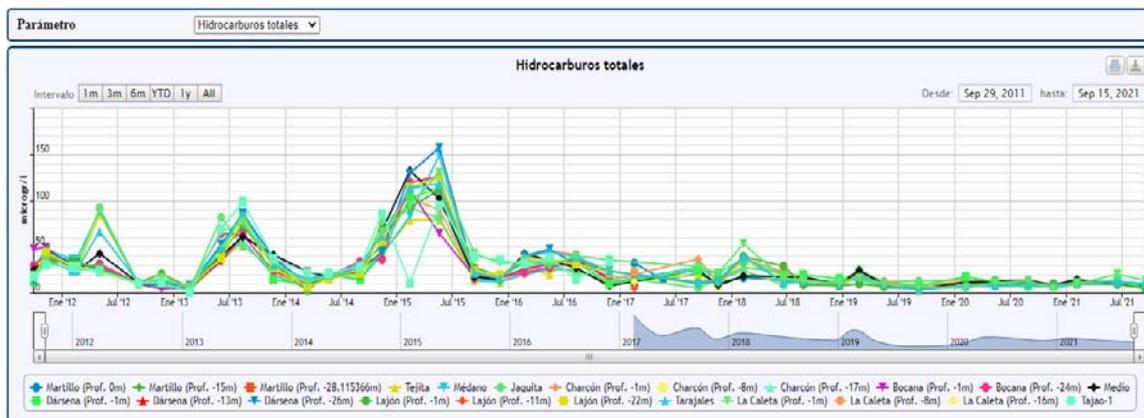
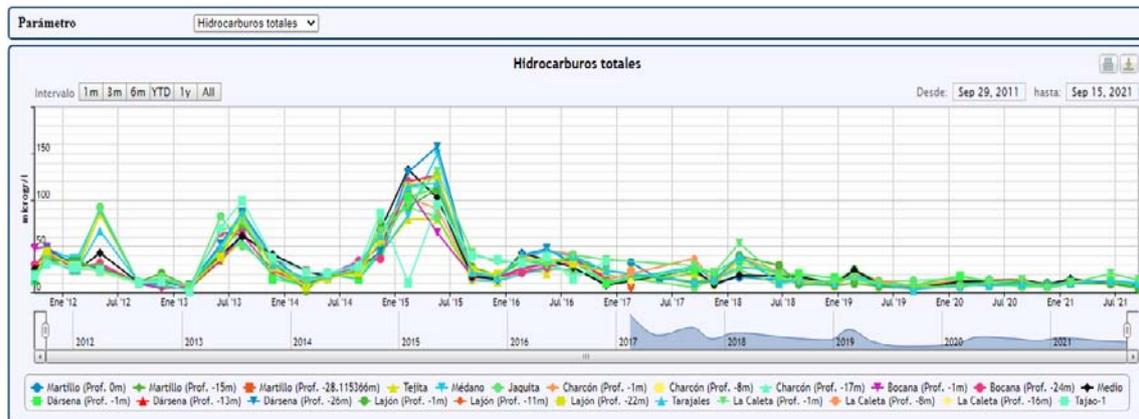


Figura 100. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2021 en la costa de Granadilla



**Figura 101. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017 - 2021 a lo largo de la costa de Granadilla**

Metales pesados (As, Cr, Zn, Cd, Cu, Pb, Ni), tolueno, PAHs, benceno y TBT: Los valores de los metales: cromo, cobre, cinc, cadmio y níquel están por debajo del límite de detección. Respecto al Pb únicamente aparece concentración por encima de límite de detección en la estación TGr40 en agua superficial, el valor obtenido es de 1,7 µg/l. Cabe mencionar que en el año 2020 ocurrió exactamente lo mismo, obteniendo en febrero en la misma estación el mismo valor de 1,7 µg/l.

En cuanto al As se continúa con la tendencia del año 2020. Desde que se obtienen registros de este parámetro (2017) únicamente se han obtenido datos por encima del límite de detección en estos dos últimos años (2020 y 2021). Para el 2021 se obtiene como máximo 0,29 y media anual de 0,20 µg/l. Se debe de seguir realizando un seguimiento de este metal pesado. El Real Decreto 871/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (Anexo V. Apartado A. Sustancias preferentes) recoge los valores límite NCA-MA (Normas de Calidad Ambiental - Media Anual) para aguas superficiales de 50 µg/l, valor no superando en ninguno de los dos últimos años.

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

La Figura 102 resume la evolución temporal de todos los parámetros en la estación TGr09 situada en la dársena del puerto y sirven de resumen general.



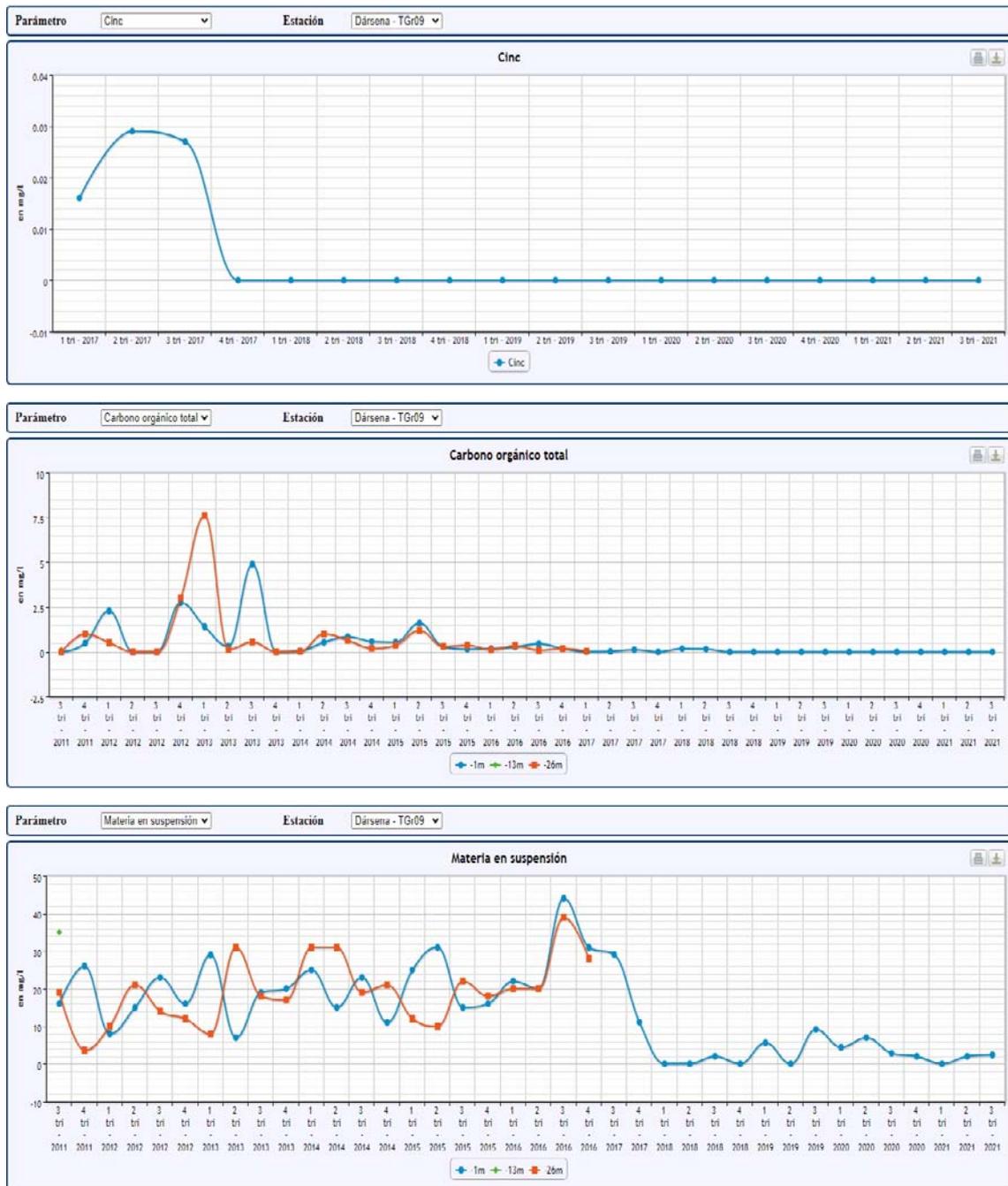


Figura 102C. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 “Dársena”

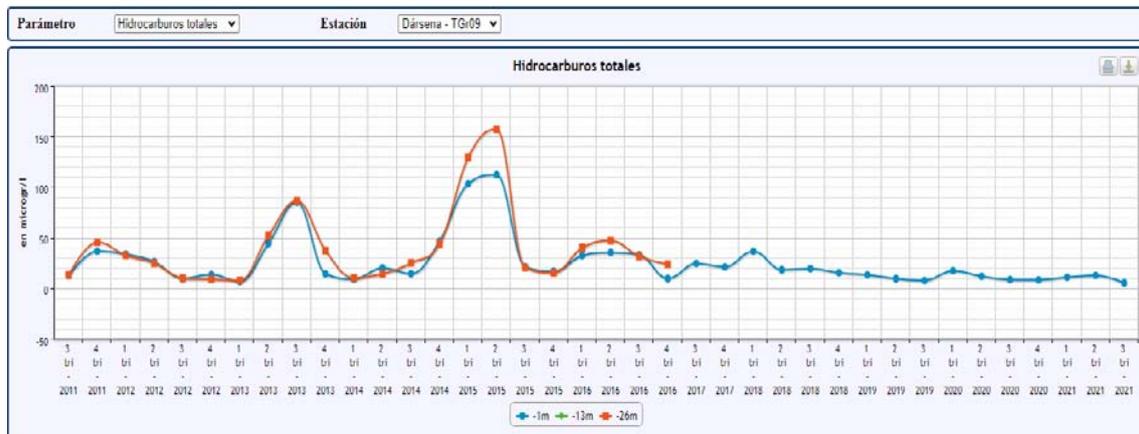


Figura 102D. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 “Dársena”

### 3.5.3 Contaminación microbiológica

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 2021 no se pudo muestrear en los meses de mayo y diciembre por problemas técnicos (Figura 103).



Figura 103. 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 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE).

En 2021 únicamente son destacables dos incrementos registrados en el mes de septiembre tanto para *E.coli* como Enterococos. El 06/09/21 se obtuvo en la TGr09 valores de 98 UFC/100 ml, por lo que se decidió repetir el muestreo el 15/09/21. En este caso, los valores para la TGr09 estuvieron por debajo del límite de detección pero en la TGr10 se obtuvieron los picos anuales más elevados (2760 UFC/100 ml para el caso de *E.coli* y de 789 UFC/100 ml para el caso de Enterococos) (Figura 104).



**Figura 104. Evolución de concentraciones de *E. coli* y de Enterococos fecales en la TGr10-Medio. (En la gráfica se muestra sólo los valores del primer muestreo de septiembre)**

### 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 2021, se han realizado tres muestreos en el año (enero, abril y agosto). 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



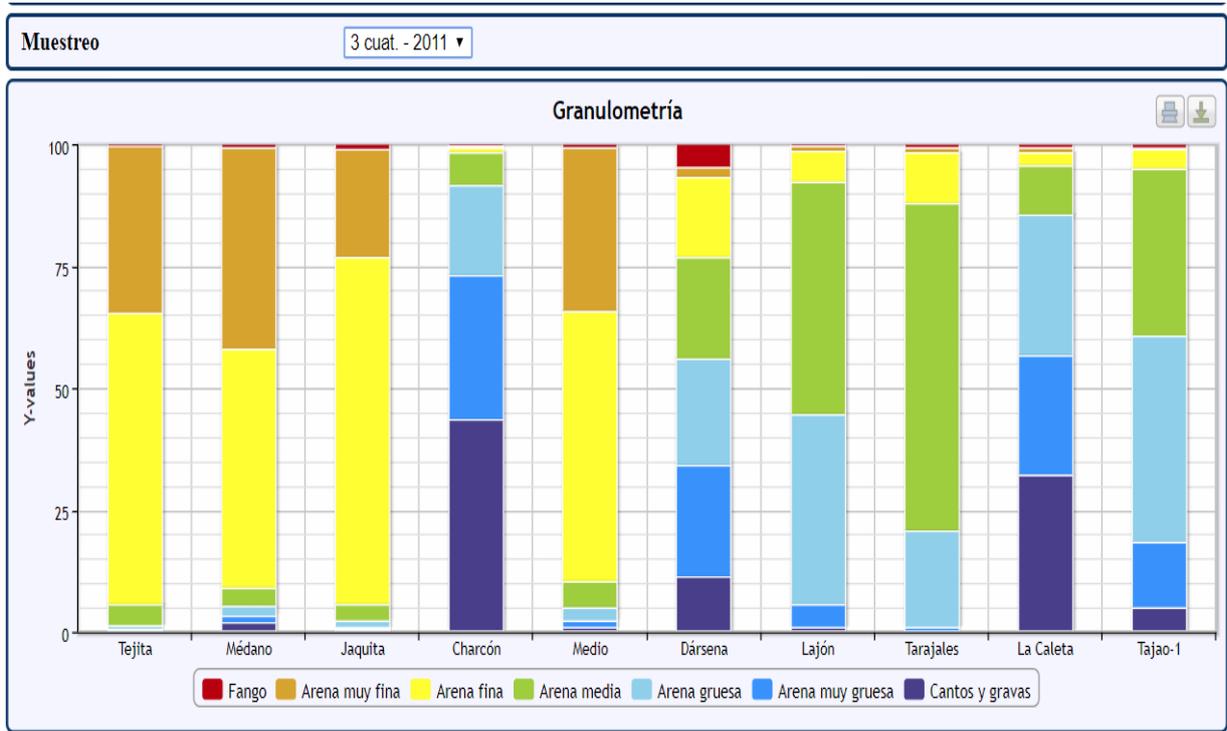
Figura 105. Clasificación D50 de los sedimentos muestreados en 2021



Figura 106. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)



Las gráficas que anteceden muestran para 2011 (Figura 106) y 2021 (Figura 105), 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.



**Figura 107. 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 108. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2020: arriba 1<sup>er</sup> muestreo realizado, medio 2<sup>a</sup> muestreo y abajo el último.**

La Figura 108 muestra la composición granulométrica de 100 gramos de sedimentos en los dos muestreos llevados a cabo en 2021. 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.



### **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 el año 2017 se están determinando los sólidos minerales y sólidos volátiles presentes en los sedimentos.

En 2012, tras el inicio en 2011 de los vertidos de materiales al mar, varios parámetros de los sedimentos (materia orgánica, carbono orgánico, fosfatos) incrementaron sus concentraciones respecto de los valores de referencia, lo cual es bastante lógico ya que la fracción fina de los vertidos es transportada y acaba sedimentando en el fondo. Esta tendencia se prolongó en 2013 y 2014 aunque de manera algo menos intensa, pero siempre por encima de los valores de referencia— lo que se atribuye 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 16). 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, que no se mantiene en 2020. Respecto al Nitrógeno Kjeldahl en 2019 se produjo una disminución generalizada en todos los muestreos, que aumenta otra vez en 2020, pero sin llegar a los niveles de los años anteriores a 2019. En 2021 se continúa la tendencia ascendente para valores de nitrógeno Kjeldahl (130,7 mg/kg), sin llegar a los máximos obtenidos en 2017. Respecto al fósforo total, se obtienen valores ligeramente superiores al 2020 pero bastante inferiores a los del 2019 (144,92 mg/kg de media en 2021 frente a los 125,54 mg/kg de 2020 y 574,99 mg/kg de 2019, valor medio máximo histórico encontrado para este parámetro).

**Tabla 16. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2021. Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior**

| Sedimentos                      | Unidades    | Mínimo      | Media       | Máximo      | Referencia  |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Componentes y nutrientes</b> | <b>2021</b> | <b>2021</b> | <b>2021</b> | <b>2021</b> | <b>2010</b> |
| Partículas D <sub>50</sub>      | mm          | 0,18        | 0,35        | 0,90        | 0,16 - 0,57 |
| Materia orgánica                | %           | 0,08        | 0,41        | 2,67        | 0,16 - 0,57 |
| Carbono orgánico total          | g/kg        | 0,45        | 2,37        | 15,30       | -           |
| Fosfatos                        | mg/kg       | 0,03        | 0,15        | 0,48        | 0,38 - 0,86 |
| Nitrógeno total                 | mg/kg       | 14,00       | 130,07      | 418,00      | <1,5        |
| Fósforo total                   | mg P/kg     | 11,80       | 144,92      | 376,10      |             |
| <b>Contaminantes</b>            | <b>2021</b> | <b>2021</b> | <b>2021</b> | <b>2021</b> | <b>2010</b> |
| 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       | 3,80        | 5,69        | 7,76        | <1,5        |
| <b>Componentes y nutrientes</b> | <b>2020</b> | <b>2020</b> | <b>2020</b> | <b>2020</b> | <b>2010</b> |
| Partículas D <sub>50</sub>      | mm          | 0,20        | 0,29        | 0,50        | 0,16 - 0,57 |
| Materia orgánica                | %           | 0,26        | 0,54        | 1,22        | 0,16 - 0,57 |
| Carbono orgánico total          | g/kg        | 1,49        | 3,14        | 7,05        | -           |
| Fosfatos                        | mg/kg       | 0,05        | 0,12        | 0,23        | 0,38 - 0,86 |
| Nitrógeno total                 | mg/kg       | 0           | 37,90       | 83          | <1,5        |
| Fósforo total                   | mg P/kg     | 28,50       | 125,54      | 240,70      |             |
| <b>Contaminantes</b>            | <b>2020</b> | <b>2020</b> | <b>2020</b> | <b>2020</b> | <b>2010</b> |
| 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       | 3,36        | 3,98        | 5,13        | <1,5        |
| <b>Componentes y nutrientes</b> | <b>2019</b> | <b>2019</b> | <b>2019</b> | <b>2019</b> | <b>2010</b> |
| Partículas D <sub>50</sub>      | 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    |             |
| <b>Contaminantes</b>            | <b>2019</b> | <b>2019</b> | <b>2019</b> | <b>2019</b> | <b>2010</b> |
| 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       |



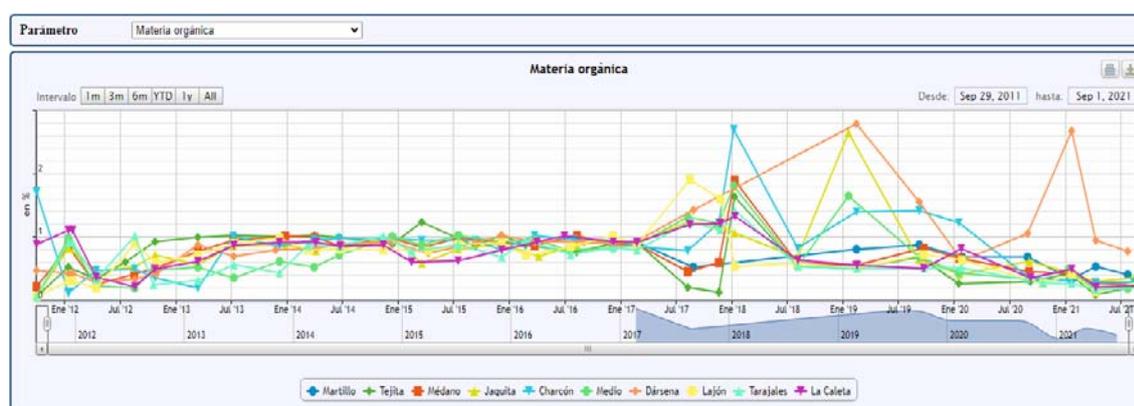
|                                 |             |             |             |             |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| HCT (hidrocarburos)             | mg/kg       | 1,20        | 2,42        | 3,51        | <1,5        |
| <b>Componentes y nutrientes</b> | <b>2018</b> | <b>2018</b> | <b>2018</b> | <b>2018</b> | <b>2010</b> |
| Partículas D <sub>50</sub>      | 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    |             |
| <b>Contaminantes</b>            | <b>2018</b> | <b>2018</b> | <b>2018</b> | <b>2018</b> | <b>2010</b> |
| 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        |
| <b>Componentes y nutrientes</b> | <b>2017</b> | <b>2017</b> | <b>2017</b> | <b>2017</b> | <b>2010</b> |
| Partículas D <sub>50</sub>      | 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      |             |
| <b>Contaminantes</b>            | <b>2017</b> | <b>2017</b> | <b>2017</b> | <b>2017</b> | <b>2010</b> |
| 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          |
| <b>Componentes y nutrientes</b> | <b>2016</b> | <b>2016</b> | <b>2016</b> | <b>2016</b> | <b>2010</b> |
| Partículas D <sub>50</sub>      | 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        |
| <b>Contaminantes</b>            | <b>2016</b> | <b>2016</b> | <b>2016</b> | <b>2016</b> | <b>2010</b> |
| 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          |
| <b>Componentes y nutrientes</b> | <b>2015</b> | <b>2015</b> | <b>2015</b> | <b>2015</b> | <b>2010</b> |
| Partículas D <sub>50</sub>      | 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        |
| <b>Contaminantes</b>   | <b>2015</b> | <b>2015</b> | <b>2015</b> | <b>2015</b> | <b>2010</b> |
| 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 2021 estos dos parámetros vuelven a presentar los valores extremos obtenidos en 2019, pero con media similar a las de 2020.

**Tabla 17. 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 | 2020 | 2021 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valor máximo         | 1,71 | 1,43 | 1,02 | 1,02 | 1,30 | 1,05 | 1,90 | 2,69 | 2,78 | 1,22 |      |
| Valor mínimo         | 0,05 | 0,11 | 0,19 | 0,52 | 0,58 | 0,69 | 0,12 | 0,53 | 0,50 | 0,26 |      |
| Media                | 0,39 | 0,56 | 0,77 | 0,88 | 0,86 | 0,89 | 0,97 | 1,07 | 1,01 | 0,54 |      |



**Figura 109. Variación temporal (2011-2021) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de Granadilla**

Hidrocarburos totales. En 2021 se sigue la tendencia ascendente del año anterior con un aumento paulatino generalizado en todas las estaciones, llegando a superar a los valores obtenidos en 2017. No se identifica causa clara a este aumento (Figura 110 y Figura 111).

**Tabla 18. 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 | 2020 | 2021 |
|--------------|---------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valor máximo | 1057,60 | 235,10 | 1,75 | 1,95 | 1,73 | 1,55 | 7,49 | 1,28 | 3,51 | 5,13 | 7,76 |
| Valor mínimo | 37,70   | 0,10   | 0,30 | 0,40 | 0,23 | 0,37 | 0,71 | 0,71 | 1,20 | 3,36 | 3,80 |
| Media        | 340,69  | 35,37  | 0,72 | 0,98 | 0,90 | 0,81 | 2,42 | 0,98 | 2,42 | 3,98 | 5,69 |

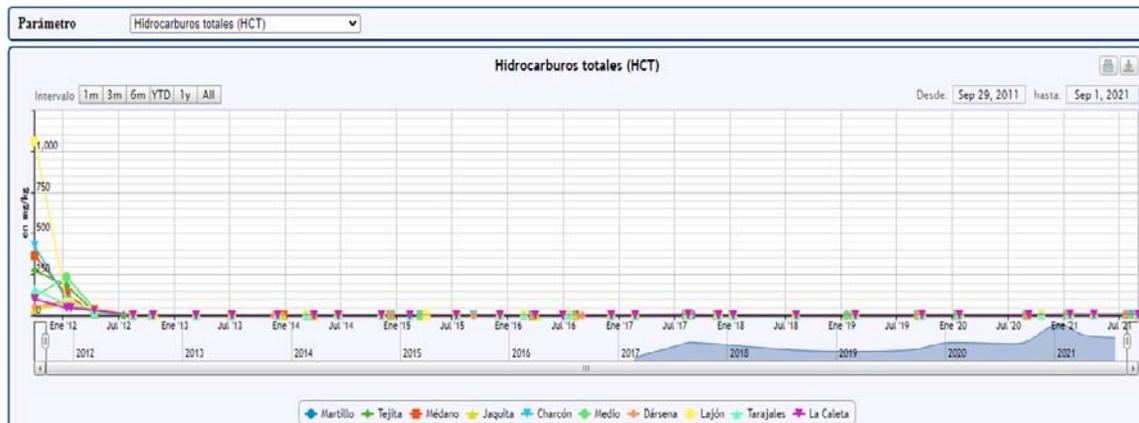


Figura 110. Variación temporal (2011-2021) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

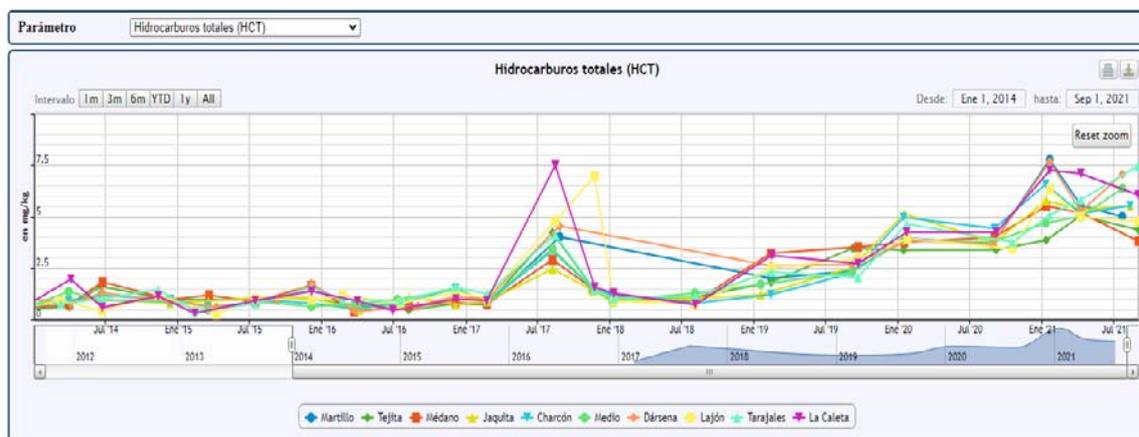
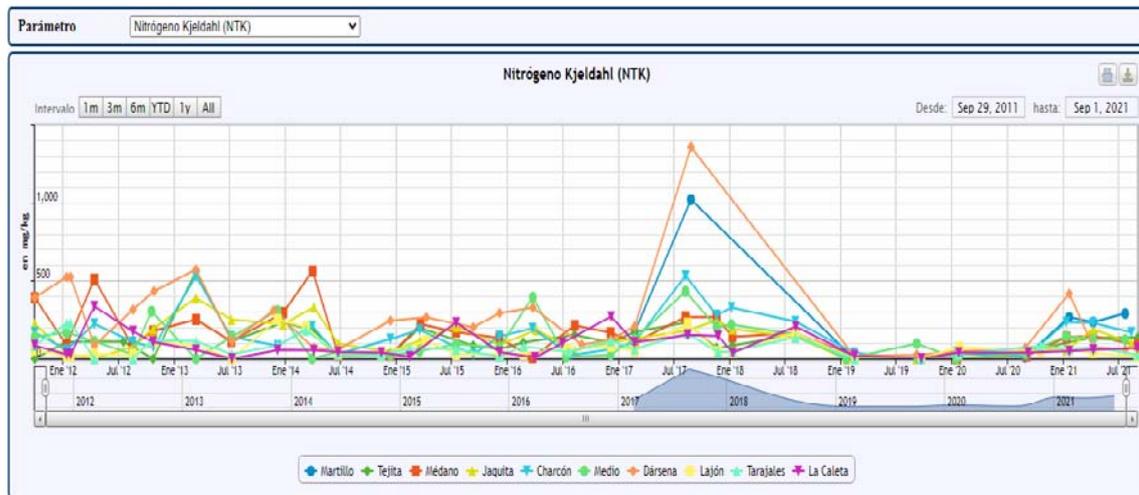


Figura 111. Variación temporal (2014-2021) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

Nitrógeno total. En 2020 se denota un ligero aumento respecto a 2019. 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 pudieron 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). En 2020 se han obtenido en estas dos mismas estaciones valores de 44 y 69 mg/kg para la TGr09 y de 38 y 11 mg/kg para la TGr40. Para el año 2021 se obtienen nuevamente valores elevados, similares a los obtenidos en años anteriores al 2018. Se rompe la tendencia descendente que se llevaba desde el 2018.

Tabla 19. 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  | 2020  | 2021   |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|-------|--------|
| Valor máximo            | 392,00 | 523,80 | 572,40 | 1299,20 | 309,00 | 395,00 | 1355,00 | 329,00 | 97,00 | 83,00 | 418,00 |
| Valor mínimo            | 56,00  | 0      | 0      | 0       | 13,00  | 6,00   | 41,00   | 38,00  | 0     | 0     | 14,00  |
| Media                   | 193,20 | 145,94 | 200,55 | 171,70  | 131,36 | 125,39 | 250,64  | 155,12 | 10,75 | 37,90 | 130,07 |



**Figura 112. Variación temporal (2011-2021) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla**

Fósforo total: en 2021 se continúa con la tendencia del 2020, es decir, claro descenso en los valores con respecto a 2018 y 2019, presentado valores similares a 2017. Se observan valores similares en todas las estaciones en contraste con años anteriores (Tabla 20).

**Tabla 20. Evolución de la concentración de fósforo total (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla**

| Fosforo total (mg/kg) | 2017   | 2018    | 2019    | 2020   | 2021   |
|-----------------------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Valor máximo          | 164,00 | 1180,00 | 1962,37 | 240,70 | 376,10 |
| Valor mínimo          | 33,80  | 95,90   | 34,06   | 28,50  | 11,80  |
| Media                 | 164,00 | 391,09  | 574,99  | 125,54 | 144,92 |



**Figura 113. Variación temporal (2011-2021) del fósforo total en las estaciones en Granadilla**



Figura 114. Variación temporal (2020-2021) del fósforo total en las estaciones en Granadilla

Fosfatos: al igual que con el fósforo total, se continúa tendencia descendente respecto a años anteriores.

Tabla 21. 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  | 2020 | 2021 |
|------------------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|
| Valor máximo     | 4,30 | 9,70 | 10,20 | 8,34 | 15,20 | 24,90 | 11,41 | 5,25 | 24,50 | 0,23 | 0,48 |
| Valor mínimo     | 0    | 0    | 0     | 0    | 0     | 0,38  | 0     | 0    | 0     | 0,05 | 0,03 |
| Media            | 1,55 | 1,52 | 3,16  | 1,82 | 1,87  | 4,40  | 2,51  | 0,78 | 1,65  | 0,12 | 0,15 |

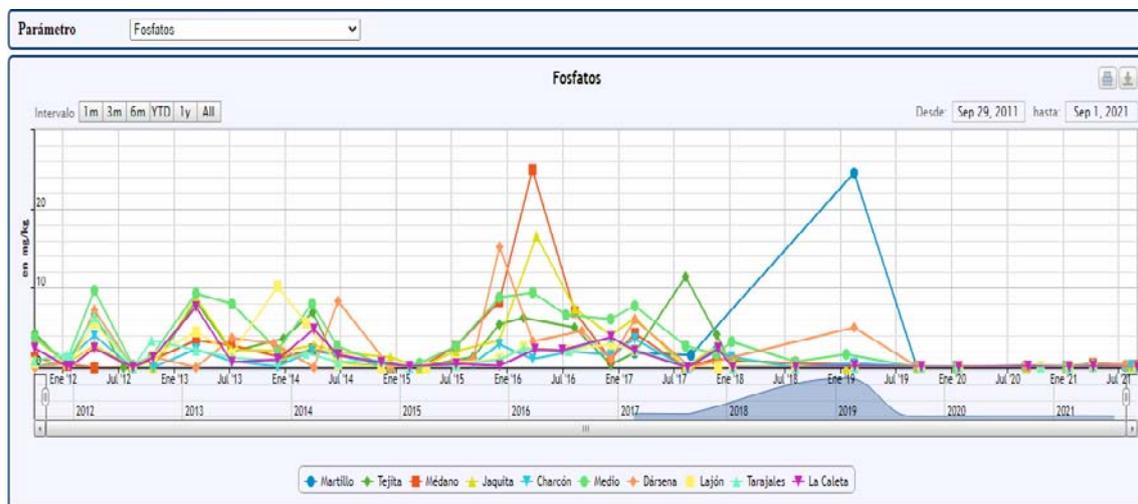


Figura 115. Variación temporal (2011-2021) de fosfatos en sedimentos Granadilla

**Tabla 22. Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018, 2019, 2020 y 2021 (mg/kg).**

| SEDIMENTOS        | Fecha muestreo                                    | P total 2018 | Fosfatos 2018 | Fecha muestreo | P total 2019 | Fosfatos 2019 | Fecha muestreo | P total 2020 | Fosfatos 2020 | Fecha muestreo | P total 2021 | Fosfatos 2021 |
|-------------------|---|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| Estación          |   | mg P/kg      | mg/kg         |                | mg P/kg      | mg/kg         |                | 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          | 22/01/2020     | 76,6         | 0,06          | 19/01/2021     | 221,6        | 0,1           |
| TGr.r05 Tarajales | 09/01/2018  | 199          | 0             | 14/02/2019     | 1962,37      | 0             | 22/01/2020     | 156,5        | 0,06          | 19/01/2021     | 376,1        | 0,1           |
| TGr.r08 Lajón     | 09/01/2018  | 102          | 0             | 14/02/2019     | 457,02       | 0             | 24/01/2020     | 167,5        | 0,19          | 20/01/2021     | 11,8         | 0,1           |
| TGr.r09 Dársena   | *   |              |               | 12/02/2019     | 67,49        | 5,02          | 25/01/2020     | 60,5         | 0,05          | 19/01/2021     | 323,6        | 0,2           |
| TGr.r10 Medio     | 05/01/2018  | 136          | 3,24          | 17/01/2019     | 1266,84      | 1,64          | 14/01/2020     | 97,2         | 0,05          | 09/01/2021     | 139,6        | 0,1           |
| TGr.r14 Charcón   | 05/01/2018  | 110          | 1,34          | 12/02/2019     | 124,53       | 0,5           | 14/01/2020     | 54,2         | 0,16          | 09/01/2021     | 37,5         | 0,1           |
| TGr.r18 Jaquita   | 08/01/2018  | 169          | 1,18          | 17/01/2019     | 739,49       | 0             | 16/01/2020     | 143,9        | 0,05          | 10/01/2021     | 48,3         | 0,1           |
| TGr.r19 Medano    | 08/01/2018  | 95,9         | 0,91          | 12/02/2019     | 585,51       | 0,34          | 16/01/2020     | 102,2        | 0,05          | 10/01/2021     | 130,2        | 0,1           |
| TGr.r22 Tejita    | 08/01/2018  | 116          | 0,11          | 12/02/2019     | 672,95       | 0,08          | 14/01/2020     | 100,1        | 0,08          | 10/01/2021     | 63,5         | 0,1           |
| TGr.r40 Martillo  | *   |              |               | 12/02/2019     | 236,09       | 24,5          | 25/01/2020     | 240,7        | 0,11          | 19/01/2021     | 177,2        | 0,2           |
| TGr.r04 La Caleta |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 08/04/2021     | 170,0        | 0,1           |
| TGr.r05 Tarajales |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 08/04/2021     | 33,1         | 0,1           |
| TGr.r08 Lajón     |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 08/04/2021     | 292,0        | 0,1           |
| TGr.r09 Dársena   |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 08/04/2021     | 124,2        | 0,2           |
| TGr.r10 Medio     |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 07/04/2021     | 265,0        | 0,4           |
| TGr.r14 Charcón   |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 07/04/2021     | 44,1         | 0,1           |
| TGr.r18 Jaquita   |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 07/04/2021     | 46,8         | 0,1           |
| TGr.r19 Medano    |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 07/04/2021     | 199,5        | 0,5           |
| TGr.r22 Tejita    |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 07/04/2021     | 111,6        | 0,0           |
| TGr.r40 Martillo  |   |              |               |                |              |               |                |              |               | 08/04/2021     | 159,1        | 0,3           |
| TGr.r04 La Caleta | 04/08/2018  | 1110         | 0             | 21/09/2019     | 1200,7       | 0,06          | 06/09/2020     | 160,1        | 0,16          | 31/08/2021     | 167,1        | 0,0           |
| TGr.r05 Tarajales | 04/08/2018  | ---          | 0             | 21/09/2019     | 898,1        | 0,06          | 17/10/2020     | 119,1        | 0,10          | 31/08/2021     | 20,4         | 0,0           |
| TGr.r08 Lajón     | 02/08/2018  | 731,2        | 0             | 21/09/2019     | 1258,2       | 0,05          | 17/10/2020     | 218,4        | 0,13          | 31/08/2021     | 173,8        | 0,1           |
| TGr.r09 Dársena   | *   |              |               | 06/09/2019     | 123,3        | 0,12          | 27/08/2020     | 80,9         | 0,18          | 22/07/2021     | 196,9        | 0,4           |
| TGr.r10 Medio     | 03/08/2018  | 465          | 0,72          | 06/09/2019     | 614,80       | 0,05          | 27/08/2020     | 142,2        | 0,21          | 22/07/2021     | 323,5        | 0,2           |
| TGr.r14 Charcón   | 03/08/2018  | ---          | 0             | 06/09/2019     | 34,06        | 0,15          | 01/09/2020     | 28,5         | 0,16          | 11/08/2021     | 13,7         | 0,2           |
| TGr.r18 Jaquita   | 02/08/2018  | ---          | 0             | 05/09/2019     | 47,24        | 0,06          | 01/09/2020     | 147,8        | 0,12          | 11/08/2021     | 17,6         | 0,1           |
| TGr.r19 Medano    | 02/08/2018  | ---          | 0,51          | 21/09/2019     | 443,93       | 0,1           | 01/09/2020     | 137,6        | 0,10          | 01/09/2021     | 278,0        | 0,3           |
| TGr.r22 Tejita    | 02/08/2018  | ---          | 0,05          | 07/09/2019     | 89,76        | 0,02          | 05/09/2020     | 119,6        | 0,23          | 01/09/2021     | 49,9         | 0,1           |
| TGr.r40 Martillo  | 02/08/2018  | 1180         | 5,25          | 06/09/2019     | 76,6         | 0,07          | 27/08/2020     | 157,2        | 0,16          | 08/08/2021     | 129,8        | 0,2           |
| Observación       | * = No se pudo trabajar en el interior del puerto |              |               |                |              |               |                |              |               |                |              |               |
|                   | Valor mínimo                                      | 95,90        | 0,00          | Valor mínimo   | 34,06        | 0,00          | Valor mínimo   | 28,50        | 0,05          | Valor mínimo   | 11,80        | 0,03          |
|                   | Valor medio                                       | 391,09       | 0,78          | Valor medio    | 574,99       | 1,65          | Valor medio    | 125,54       | 0,12          | Valor medio    | 144,92       | 0,15          |
|                   | Valor máximo                                      | 1180,00      | 5,25          | Valor máximo   | 1962,37      | 24,50         | Valor máximo   | 240,70       | 0,23          | Valor máximo   | 376,10       | 0,48          |

PAHs, TBT, DBT, MBT: igual que en los años previos, en 2021 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. A partir del último cuatrimestre del 2017 se comenzó a determinar cobalto (Co), estaño (Sn) y vanadio (V). En la Tabla 23 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 dispone de valor de referencia de arsénico en sedimentos; se anota el obtenido en agua.

**Tabla 23. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2021**

| 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]*    |
| <b>Metales pesados - 2015</b> | <b>unidades</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Referencia</b> |
| 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]*    |
| <b>Metales pesados - 2016</b> | <b>unidades</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Referencia</b> |
| 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]*    |
| <b>Metales pesados - 2017</b> | <b>unidades</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Referencia</b> |
| 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         | -                 |
| <b>Metales pesados - 2018</b> | <b>unidades</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Referencia</b> |
| 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         | -                 |
| <b>Metales pesados - 2019</b> | <b>unidades</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Referencia</b> |
| 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         | -                 |
| <b>Metales pesados - 2020</b> | <b>unidades</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Referencia</b> |
| Zinc                          | mg/kg           | 0             | 18,24        | 36,50         | 21,90 - 33,4      |
| Cadmio                        | mg/kg           | 0             | 0            | 0             | 0,01 - 0,42       |
| Plomo                         | mg/kg           | 0,77          | 2,01         | 2,71          | 3,66 - 5,00       |
| Cobre                         | mg/kg           | 1,10          | 2,18         | 3,99          | 2,70 - 9,14       |
| Níquel                        | mg/kg           | 2,85          | 16,41        | 32,70         | 8,92 - 57,6       |
| Cromo                         | mg/kg           | 2,41          | 7,77         | 17,60         | 2,55 - 26,6       |
| Mercurio                      | mg/kg           | 0             | 0            | 0             | 0,02 - 0,41       |
| Arsénico                      | mg/kg           | 1,44          | 4,77         | 13,60         | [12,5 – 17,5]*    |
| Cobalto                       | mg/kg           | 1,31          | 4,47         | 6,96          | -                 |
| Estaño                        | mg/kg           | 0,03          | 0,05         | 0,09          | -                 |
| Vanadio                       | mg/kg           | 11,30         | 21,51        | 33,30         | -                 |
| <b>Metales pesados - 2021</b> | <b>unidades</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Referencia</b> |
| Zinc                          | mg/kg           | 5,71          | 30,12        | 53,60         | 21,90 - 33,4      |
| Cadmio                        | mg/kg           | 0             | 0            | 0             | 0,01 - 0,42       |
| Plomo                         | mg/kg           | 1,18          | 2,96         | 4,77          | 3,66 - 5,00       |
| Cobre                         | mg/kg           | 1,26          | 3,06         | 8,83          | 2,70 - 9,14       |
| Níquel                        | mg/kg           | 3,31          | 16,15        | 32,30         | 8,92 - 57,6       |
| Cromo                         | mg/kg           | 0,97          | 3,55         | 6,64          | 2,55 - 26,6       |
| Mercurio                      | mg/kg           | 0             | 0            | 0             | 0,02 - 0,41       |
| Arsénico                      | mg/kg           | 2,71          | 8,19         | 20,20         | [12,5 – 17,5]*    |
| Cobalto                       | mg/kg           | 0,48          | 3,56         | 6,22          | -                 |
| Estaño                        | mg/kg           | 0             | 0,13         | 0,29          | -                 |
| Vanadio                       | mg/kg           | 3,84          | 15,28        | 27,90         | -                 |

\*=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 116). El Pb detiene la tendencia ascendente que llevaba teniendo



desde el año 2017 (Figura 116, gráfico 2). En el 2019 se notó un descenso general en todos los metales pesados y en el 2020 se apreció un ligero aumento respecto al 2019 en los metales Cu, Ni, Cr, As y V, sin llegar a valores tan altos como los obtenidos en 2018. En el 2021 se observa un ligero aumento en las concentraciones en todos los metales excepto para el níquel que se mantiene en valores medios similares al año 2020, así mismo, no se llegan a los valores obtenidos en el 2018 para todos los metales excepto para al As que ha llegado a su valor medio máximo histórico.



Figura 116. Concentración de cinc, cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla

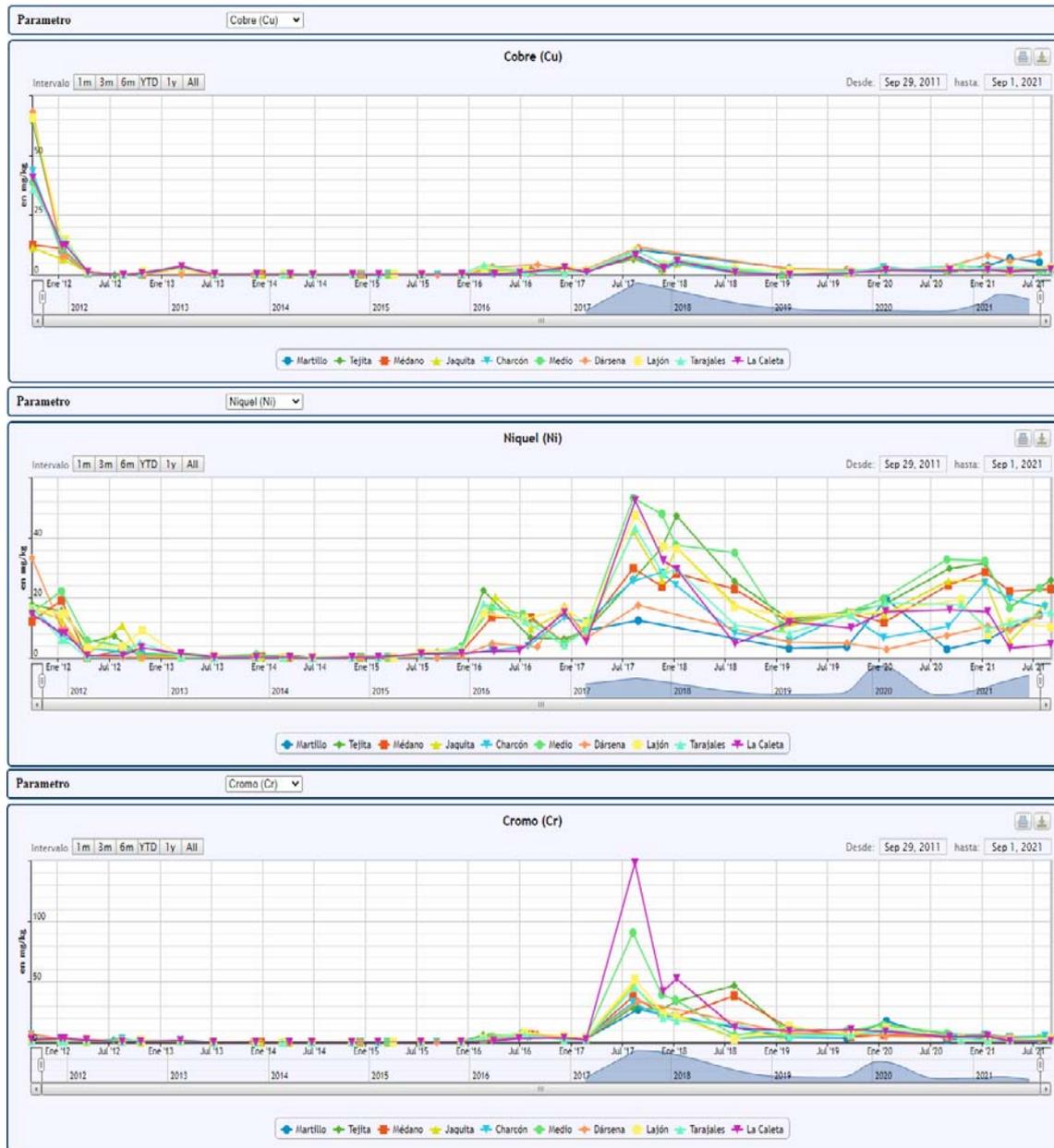


Figura 117. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla



Figura 118. Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla



Figura 119. Concentración de Zn y Cd en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2017-2021

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 24. 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 quality 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 24. 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<br>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.<br><br>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.<br><br>Límite ERM = concentración por encima del cual aparecen frecuentes efectos biológicos en la vida acuática asociados a la contaminación de los sedimentos. |

En 2017, en 11 muestreos se superaron 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.

La Tabla 25, 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. En 2019, no se superó, en ningún momento, los valores ISQG ni PEL. En 2020, se superan los valores de ISQG/ERL en 4 ocasiones para el Ni y en 2 ocasiones para el As. Estos valores fueron obtenidos en el muestreo del segundo semestre (octubre) y en las estaciones al sur del puerto. Para el año 2021 se detectan 9 valores por encima del valor ERL de Ni y 14 de los 30 muestreados por encima del ERL para el metal arsénico.

En caso de seguir obteniendo 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, desconocida por el momento y no atribuible al puerto directamente todavía.

**Tabla 25. 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 |
| 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 26. 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 |
| 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               | <b>Valor mínimo</b>                | 14,6  | 0,0   | 1,5   | 0,0   | 3,2   | 3,5   | 0,0   | 0,6   | 1,7   | 0,0   | 13,2  |
|                            | <b>Valor medio</b>                 | 22,9  | 0,0   | 2,3   | 1,0   | 10,8  | 7,6   | 0,0   | 3,0   | 3,3   | 0,1   | 18,9  |
|                            | <b>Valor máximo</b>                | 29,9  | 0,0   | 2,9   | 2,6   | 15,3  | 13,6  | 0,0   | 6,9   | 5,0   | 0,9   | 25,3  |
|                            | <b>Valores &gt; del ISQG o ERL</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | -     | -     |
|                            | <b>Valores &gt; del PEL o ERM</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | -     | -     | -     |

Tabla 27. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2020

| Metales en sedimentos 2020 |                                    | Zn    | Cd    | Pb    | Cu    | Ni    | Cr    | Hg    | As    | Co    | Sn    | V     |
|----------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Estación                   | Fecha muestreo                     | mg/kg |
| TGr.r04 La Caleta          | 22/01/2020                         | 26,0  | 0,0   | 2,2   | 1,9   | 15,4  | 9,1   | 0,0   | 5,4   | 4,1   | 0,1   | 24,0  |
| TGr.r05 Tarajales          | 22/01/2020                         | 29,7  | 0,0   | 2,5   | 1,8   | 18,2  | 10,8  | 0,0   | 4,0   | 5,2   | 0,0   | 26,4  |
| TGr.r08 Lajón              | 24/01/2020                         | 32,1  | 0,0   | 2,4   | 2,0   | 15,6  | 12,4  | 0,0   | 3,2   | 5,2   | 0,0   | 28,9  |
| TGr.r09 Dársena            | 25/01/2020                         | 16,5  | 0,0   | 1,4   | 1,8   | 2,9   | 5,1   | 0,0   | 3,4   | 1,8   | 0,0   | 14,9  |
| TGr.r10 Medio              | 14/01/2020                         | 33,7  | 0,0   | 1,6   | 2,5   | 19,7  | 14,5  | 0,0   | 3,5   | 6,8   | 0,0   | 32,9  |
| TGr.r14 Charcón            | 14/01/2020                         | 23,4  | 0,0   | 2,2   | 3,2   | 6,7   | 8,8   | 0,0   | 4,4   | 2,7   | 0,1   | 21,0  |
| TGr.r18 Jaquita            | 16/01/2020                         | 23,9  | 0,0   | 2,7   | 1,9   | 14,5  | 9,2   | 0,0   | 2,7   | 4,0   | 0,0   | 24,1  |
| TGr.r19 Médano             | 16/01/2020                         | 24,6  | 0,0   | 1,6   | 2,3   | 11,8  | 6,2   | 0,0   | 2,9   | 3,9   | 0,0   | 17,8  |
| TGr.r22 Tejita             | 14/01/2020                         | 30,5  | 0,0   | 2,6   | 1,8   | 17,6  | 15,1  | 0,0   | 4,9   | 5,0   | 0,1   | 25,2  |
| TGr.r40 Martillo           | 25/01/2020                         | 36,5  | 0,0   | 2,7   | 1,8   | 19,5  | 17,6  | 0,0   | 4,4   | 6,1   | 0,1   | 33,3  |
| TGr.r04 La Caleta          | 06/09/2020                         | 7,5   | 0,0   | 1,5   | 1,9   | 16,0  | 4,5   | 0,0   | 3,7   | 4,0   | 0,1   | 16,4  |
| TGr.r05 Tarajales          | 17/10/2020                         | 11,0  | 0,0   | 1,8   | 4,0   | 17,8  | 3,2   | 0,0   | 1,4   | 4,9   | 0,0   | 17,7  |
| TGr.r08 Lajón              | 17/10/2020                         | 4,7   | 0,0   | 1,3   | 2,8   | 19,4  | 3,2   | 0,0   | 4,3   | 5,7   | 0,1   | 19,1  |
| TGr.r09 Dársena            | 27/08/2020                         | 2,6   | 0,0   | 1,6   | 3,3   | 7,5   | 4,0   | 0,0   | 6,9   | 2,3   | 0,0   | 17,6  |
| TGr.r10 Medio              | 27/08/2020                         | 22,8  | 0,0   | 2,4   | 2,5   | 32,7  | 7,4   | 0,0   | 4,5   | 7,0   | 0,1   | 22,8  |
| TGr.r14 Charcón            | 01/09/2020                         | 4,8   | 0,0   | 1,8   | 1,1   | 10,5  | 5,2   | 0,0   | 13,6  | 5,0   | 0,1   | 25,1  |
| TGr.r18 Jaquita            | 01/09/2020                         | 12,9  | 0,0   | 2,2   | 1,8   | 25,6  | 5,5   | 0,0   | 7,9   | 4,2   | 0,0   | 21,3  |
| TGr.r19 Médano             | 01/09/2020                         | 8,6   | 0,0   | 2,3   | 1,6   | 24,2  | 4,8   | 0,0   | 4,2   | 4,8   | 0,0   | 13,1  |
| TGr.r22 Tejita             | 05/09/2020                         | 13,1  | 0,0   | 2,7   | 2,1   | 29,7  | 6,4   | 0,0   | 5,4   | 5,7   | 0,0   | 17,3  |
| TGr.r40 Martillo           | 27/08/2020                         | 0,0   | 0,0   | 0,8   | 1,6   | 2,9   | 2,4   | 0,0   | 4,6   | 1,3   | 0,1   | 11,3  |
| Resumen 2020               | <b>Valor mínimo</b>                | 0,0   | 0,0   | 0,8   | 1,1   | 2,9   | 2,4   | 0,0   | 1,4   | 1,3   | 0,0   | 11,3  |
|                            | <b>Valor medio</b>                 | 18,2  | 0,0   | 2,0   | 2,2   | 16,4  | 7,8   | 0,0   | 4,8   | 4,5   | 0,0   | 21,5  |
|                            | <b>Valor máximo</b>                | 36,5  | 0,0   | 2,7   | 4,0   | 32,7  | 17,6  | 0,0   | 13,6  | 7,0   | 0,1   | 33,3  |
|                            | <b>Mediana</b>                     | 19,7  | 0,0   | 2,2   | 1,9   | 16,8  | 6,3   | 0,0   | 4,4   | 4,9   | 0,0   | 21,2  |
|                            | <b>Valores &gt; del ISQG o ERL</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 4     | 0     | 0     | 2     | 0     | -     | -     |
|                            | <b>Valores &gt; del PEL o ERM</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | -     | -     | -     |

Tabla 28. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2021

| Metales en sedimentos 2021 |                                    | Zn    | Cd    | Pb    | Cu    | Ni    | Cr    | Hg    | As    | Co    | Sn    | V     |
|----------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Estación                   | Fecha muestreo                     | mg/kg |
| TGr.r04 La Caleta          | 19/01/2021                         | 22,8  | 0,0   | 2,6   | 2,0   | 15,4  | 5,0   | 0,0   | 4,3   | 3,8   | 0,0   | 14,5  |
| TGr.r05 Tarajales          | 19/01/2021                         | 18,7  | 0,0   | 2,5   | 2,4   | 9,7   | 1,5   | 0,0   | 4,9   | 2,7   | 0,1   | 10,3  |
| TGr.r08 Lajón              | 20/01/2021                         | 17,1  | 0,0   | 2,1   | 2,4   | 7,7   | 1,7   | 0,0   | 7,0   | 2,6   | 0,0   | 10,7  |
| TGr.r09 Dársena            | 19/01/2021                         | 37,2  | 0,0   | 4,2   | 8,0   | 10,6  | 5,2   | 0,0   | 9,1   | 3,4   | 0,1   | 24,3  |
| TGr.r10 Medio              | 09/01/2021                         | 31,1  | 0,0   | 4,2   | 2,6   | 32,3  | 5,6   | 0,0   | 6,1   | 6,2   | 0,1   | 16,0  |
| TGr.r14 Charcón            | 09/01/2021                         | 24,7  | 0,0   | 3,0   | 2,1   | 24,9  | 6,1   | 0,0   | 14,3  | 4,6   | 0,1   | 16,5  |
| TGr.r18 Jaquita            | 10/01/2021                         | 31,2  | 0,0   | 3,5   | 2,2   | 25,6  | 5,5   | 0,0   | 8,8   | 5,2   | 0,1   | 17,6  |
| TGr.r19 Médano             | 10/01/2021                         | 40,0  | 0,0   | 4,2   | 2,8   | 28,6  | 5,4   | 0,0   | 7,3   | 6,1   | 0,1   | 19,4  |
| TGr.r22 Tejita             | 10/01/2021                         | 33,9  | 0,0   | 4,2   | 2,6   | 31,5  | 6,6   | 0,0   | 8,9   | 6,0   | 0,1   | 17,1  |
| TGr.r40 Martillo           | 19/01/2021                         | 22,5  | 0,0   | 1,9   | 3,8   | 6,1   | 3,2   | 0,0   | 7,1   | 2,1   | 0,1   | 15,1  |
| TGr.r04 La Caleta          | 08/04/2021                         | 22,0  | 0,0   | 2,0   | 1,5   | 3,3   | 1,0   | 0,0   | 2,7   | 1,0   | 0,0   | 3,8   |
| TGr.r05 Tarajales          | 08/04/2021                         | 27,9  | 0,0   | 3,1   | 3,2   | 11,6  | 1,7   | 0,0   | 5,4   | 3,4   | 0,1   | 11,8  |
| TGr.r08 Lajón              | 08/04/2021                         | 38,2  | 0,0   | 2,3   | 2,7   | 12,0  | 2,0   | 0,0   | 5,7   | 3,3   | 0,2   | 8,5   |
| TGr.r09 Dársena            | 08/04/2021                         | 26,4  | 0,0   | 3,4   | 5,7   | 9,3   | 4,3   | 0,0   | 9,2   | 2,8   | 0,2   | 18,8  |
| TGr.r10 Medio              | 07/04/2021                         | 53,6  | 0,0   | 3,9   | 2,0   | 16,6  | 3,0   | 0,0   | 4,5   | 3,6   | 0,2   | 9,6   |
| TGr.r14 Charcón            | 07/04/2021                         | 29,6  | 0,0   | 3,5   | 1,9   | 19,5  | 4,3   | 0,0   | 12,3  | 4,0   | 0,2   | 14,6  |
| TGr.r18 Jaquita            | 07/04/2021                         | 27,1  | 0,0   | 3,4   | 1,3   | 5,4   | 4,8   | 0,0   | 20,2  | 1,6   | 0,2   | 18,6  |
| TGr.r19 Médano             | 07/04/2021                         | 27,0  | 0,0   | 3,9   | 2,2   | 22,2  | 3,9   | 0,0   | 4,6   | 4,9   | 0,2   | 12,3  |
| TGr.r22 Tejita             | 07/04/2021                         | 25,0  | 0,0   | 4,0   | 1,8   | 16,9  | 3,6   | 0,0   | 7,3   | 3,5   | 0,2   | 8,9   |
| TGr.r40 Martillo           | 08/04/2021                         | 36,8  | 0,0   | 4,8   | 6,9   | 10,0  | 4,1   | 0,0   | 5,7   | 3,3   | 0,3   | 13,4  |
| TGr.r04 La Caleta          | 31/08/2021                         | 7,1   | 0,0   | 1,2   | 2,3   | 4,5   | 1,0   | 0,0   | 4,0   | 0,6   | 0,1   | 6,6   |
| TGr.r05 Tarajales          | 31/08/2021                         | 37,9  | 0,0   | 1,5   | 2,2   | 15,4  | 1,9   | 0,0   | 7,4   | 3,6   | 0,1   | 18,4  |
| TGr.r08 Lajón              | 31/08/2021                         | 50,8  | 0,0   | 1,4   | 3,1   | 10,3  | 3,4   | 0,0   | 7,8   | 5,5   | 0,2   | 22,1  |
| TGr.r09 Dársena            | 22/07/2021                         | 28,8  | 0,0   | 1,9   | 8,8   | 14,0  | 2,0   | 0,0   | 7,1   | 1,0   | 0,2   | 17,2  |
| TGr.r10 Medio              | 22/07/2021                         | 38,3  | 0,0   | 3,1   | 1,4   | 23,1  | 3,4   | 0,0   | 6,6   | 4,8   | 0,1   | 16,1  |
| TGr.r14 Charcón            | 11/08/2021                         | 30,3  | 0,0   | 2,0   | 1,8   | 17,0  | 5,0   | 0,0   | 16,3  | 4,4   | 0,2   | 27,9  |
| TGr.r18 Jaquita            | 11/08/2021                         | 35,8  | 0,0   | 1,5   | 2,4   | 18,0  | 3,5   | 0,0   | 17,2  | 0,5   | 0,2   | 23,2  |
| TGr.r19 Médano             | 01/09/2021                         | 44,0  | 0,0   | 3,0   | 2,7   | 22,9  | 3,2   | 0,0   | 7,2   | 5,0   | 0,2   | 17,5  |
| TGr.r22 Tejita             | 01/09/2021                         | 32,2  | 0,0   | 3,0   | 1,8   | 25,8  | 2,8   | 0,0   | 10,0  | 2,7   | 0,1   | 14,2  |
| TGr.r40 Martillo           | 08/08/2021                         | 5,7   | 0,0   | 3,8   | 5,2   | 14,3  | 1,7   | 0,0   | 6,8   | 4,6   | 0,2   | 13,2  |
| Resumen 2020               | <b>Valor mínimo</b>                | 5,7   | 0,0   | 1,2   | 1,3   | 3,3   | 1,0   | 0,0   | 2,7   | 0,5   | 0,0   | 3,8   |
|                            | <b>Valor medio</b>                 | 30,1  | 0,0   | 3,0   | 3,1   | 16,1  | 3,5   | 0,0   | 8,2   | 3,6   | 0,1   | 15,3  |
|                            | <b>Valor máximo</b>                | 53,6  | 0,0   | 4,8   | 8,8   | 32,3  | 6,6   | 0,0   | 20,2  | 6,2   | 0,3   | 27,9  |
|                            | <b>Mediana</b>                     | 30,0  | 0,0   | 3,1   | 2,4   | 15,4  | 3,5   | 0,0   | 7,1   | 3,6   | 0,1   | 15,6  |
|                            | <b>Valores &gt; del ISOG o ERL</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 9     | 0     | 0     | 14    | 0     | -     | -     |
|                            | <b>Valores &gt; del PEL o ERM</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | -     | -     | -     |

### 3.5.5 Evaluación general del medio físico

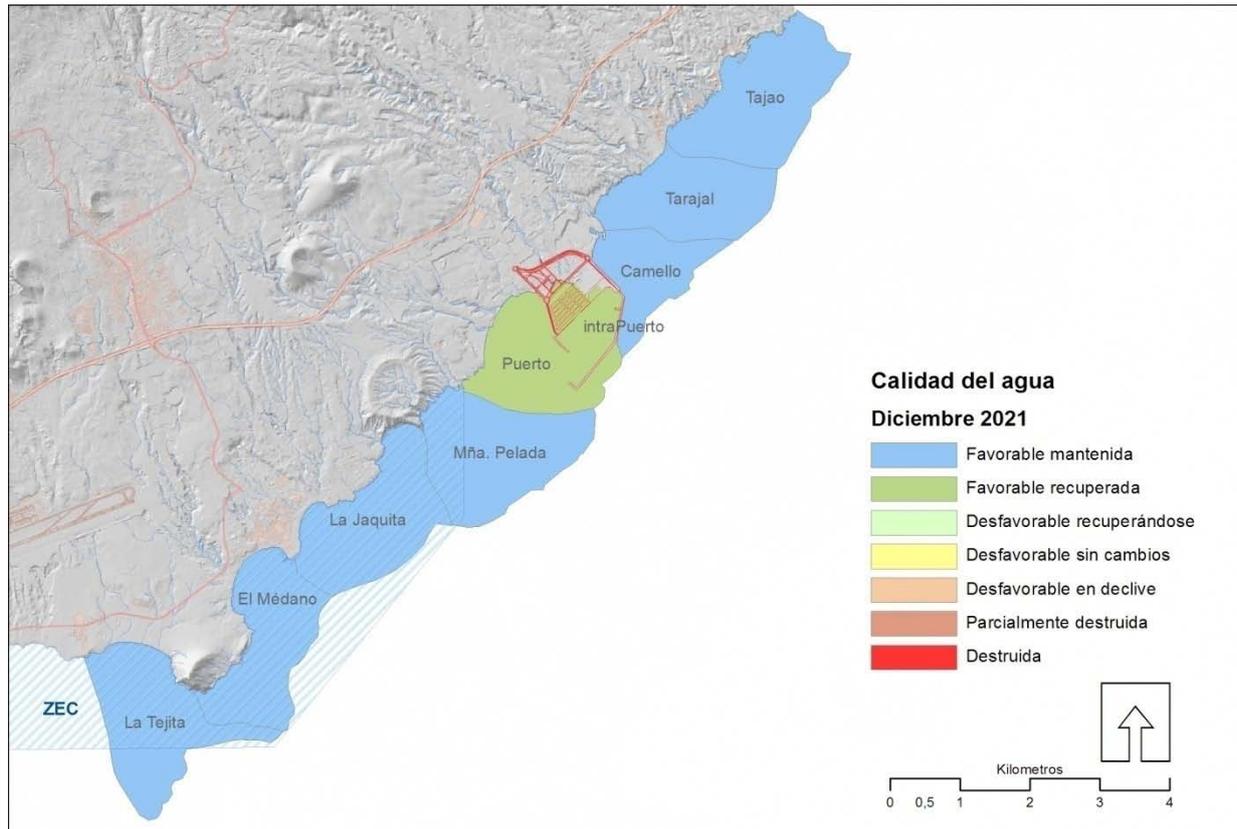
#### 3.5.5.1 Aguas

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<sup>16</sup> se emplea en vigilancia de la calidad de las aguas y obedece a criterios combinados

<sup>16</sup> Davies, J., Baxter, J., Bradley, M., Connor, D., Khan, J., Murray, E., Sanderson, W., Turnbull, C. & Vincent, M. (2001). *Marine monitoring handbook March 2001*. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee.



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 2021.



**Figura 120. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2021.**

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 120). 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 mantuvo la categorización de los sectores para 2019 y 2020; y ahora para 2021(

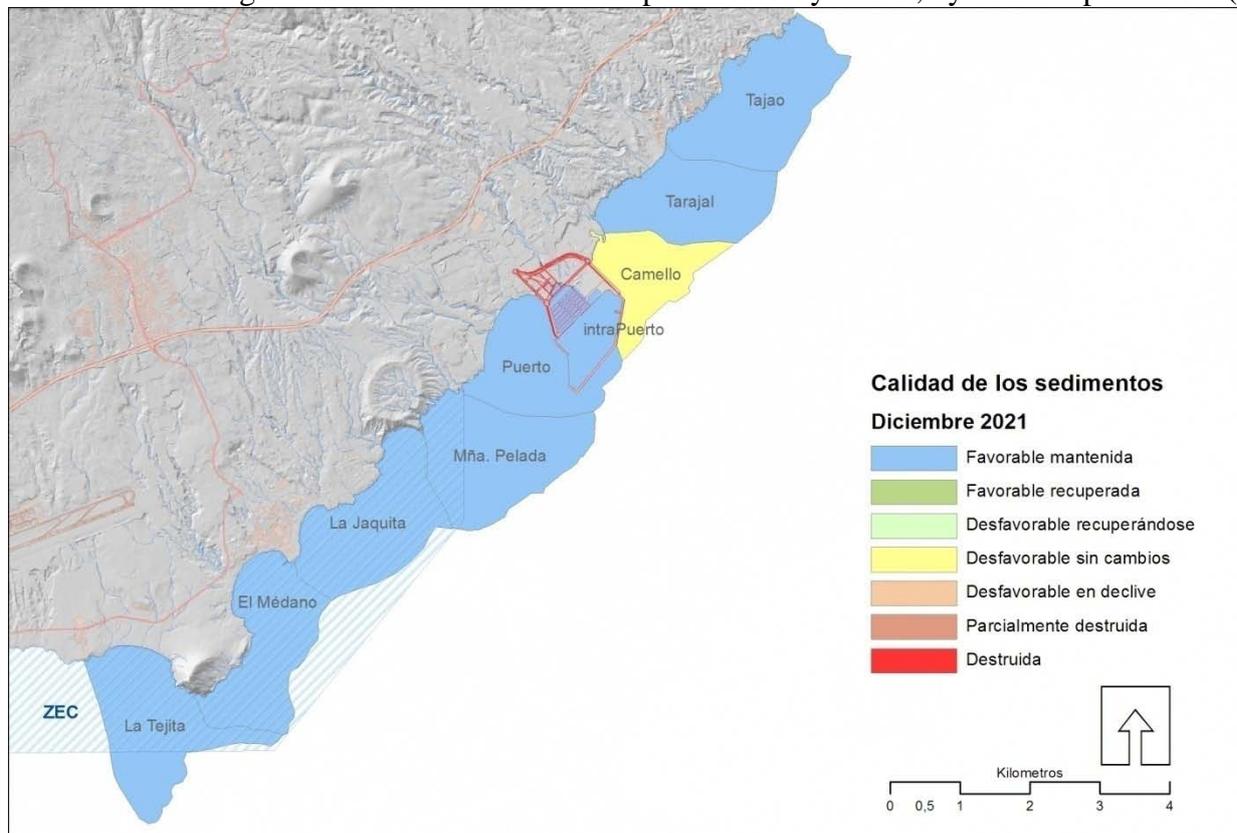


Figura 121).

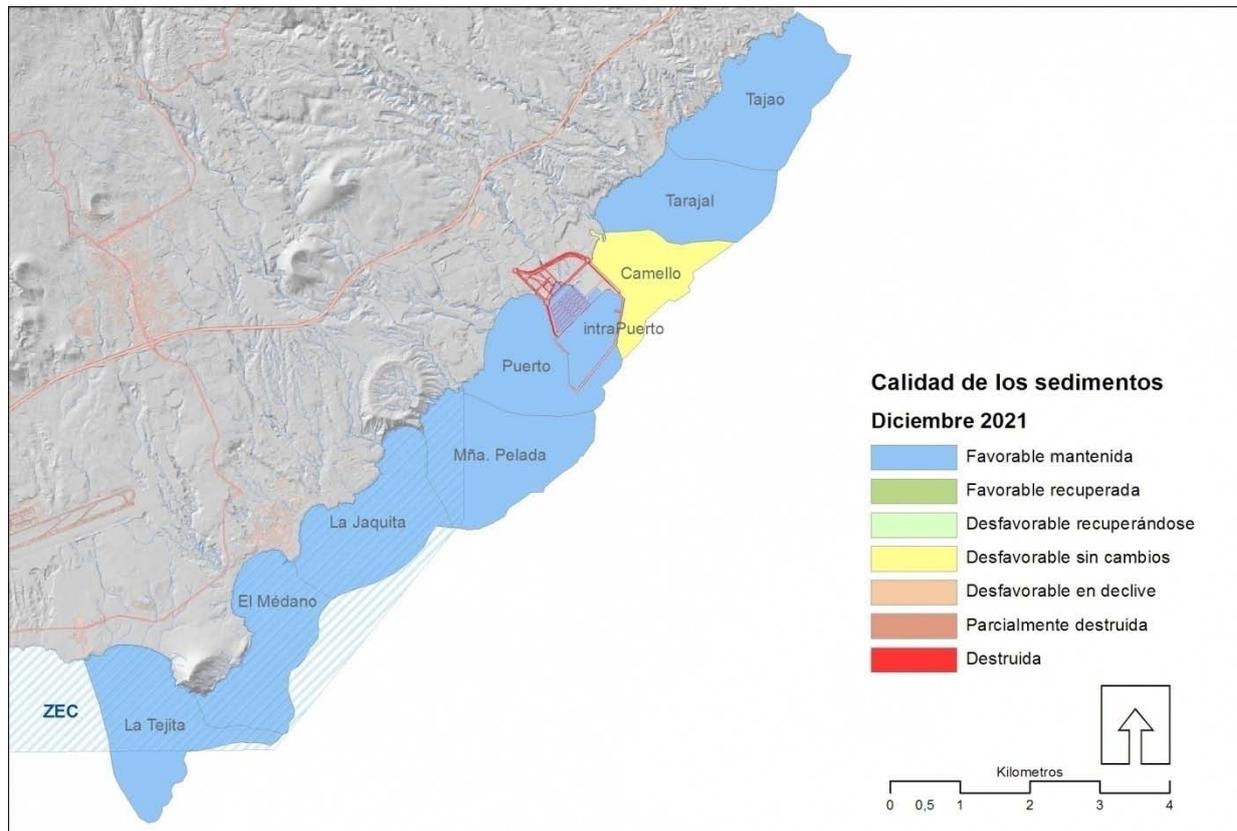
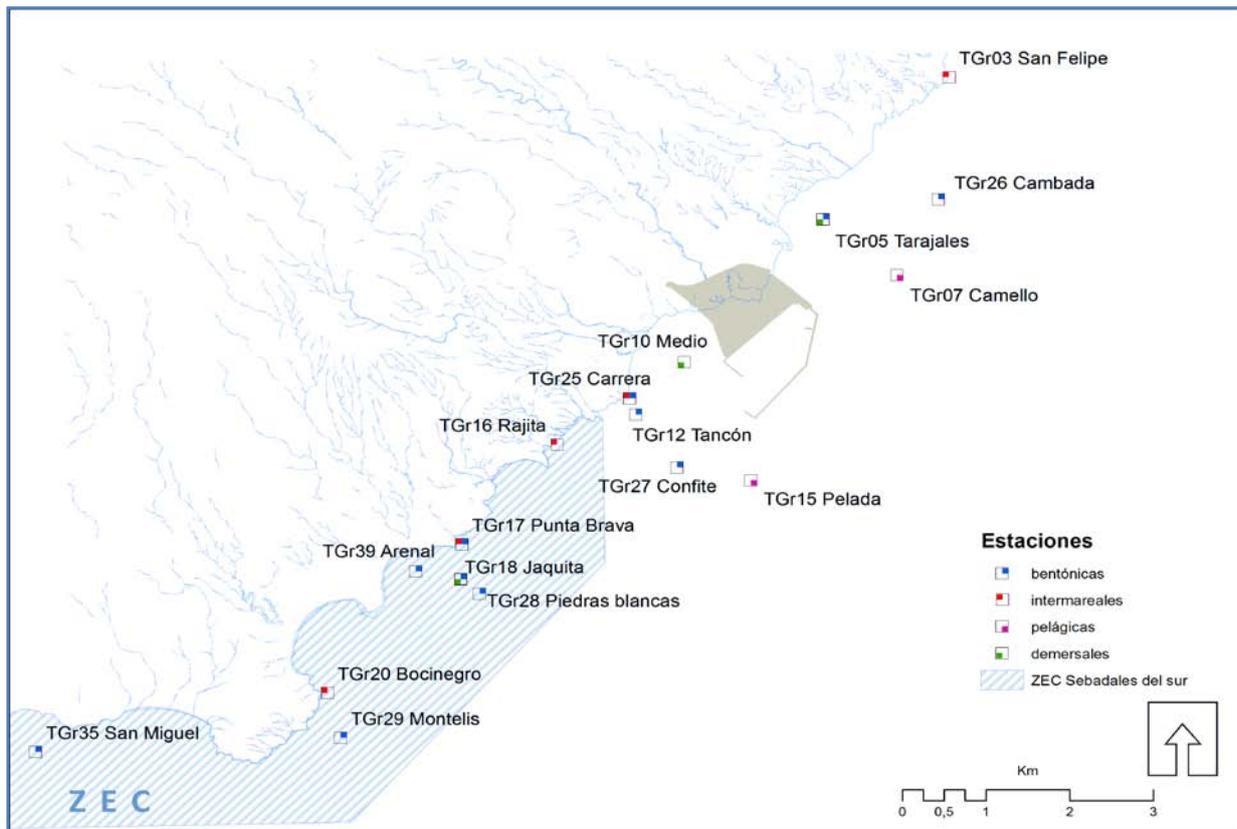


Figura 121. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2021

### 3.6 Calidad del medio marino

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 para la biota y la economía local.



**Figura 122. 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 las 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 licitó 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.



### 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 123).

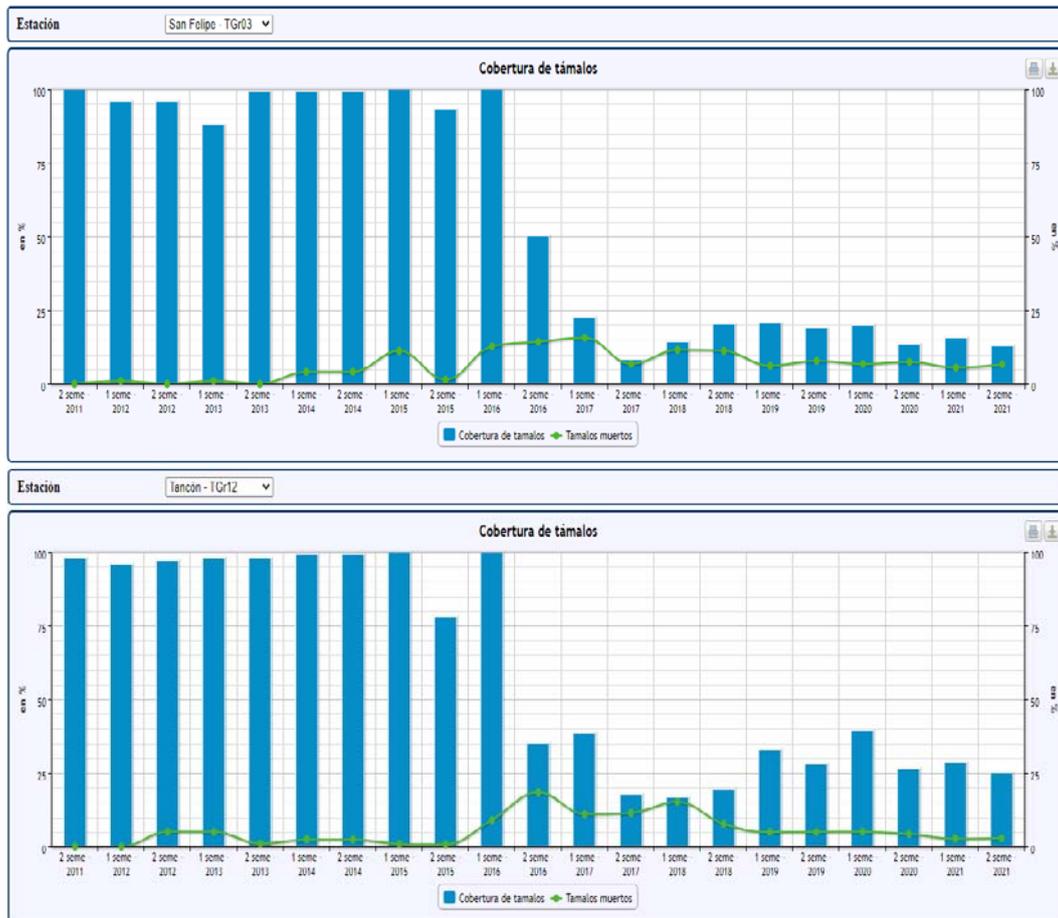


Figura 123. Cobertura y mortandad de *Chthamalus* en las estaciones: TGr03 San Felipe y TGr12 Tancón

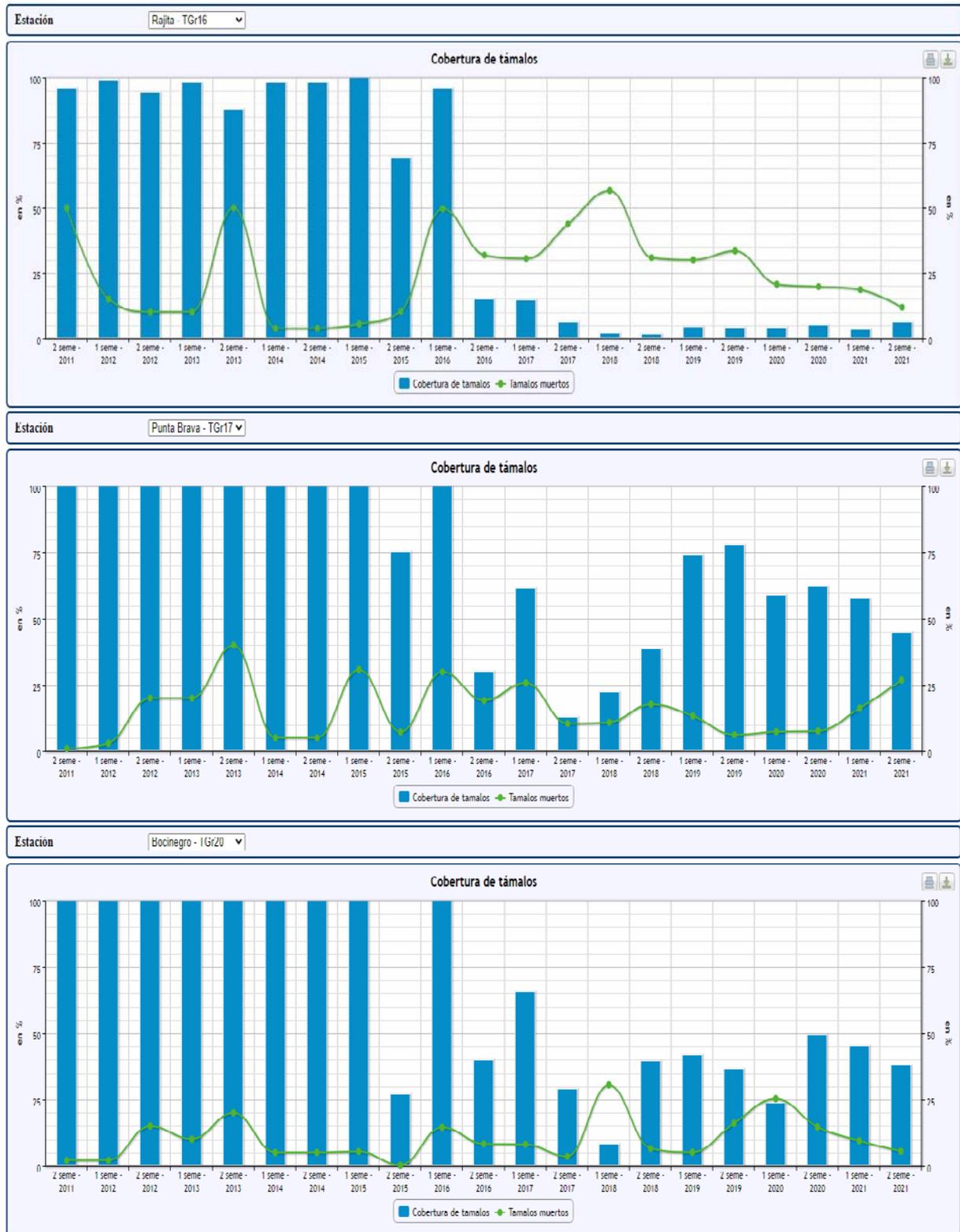
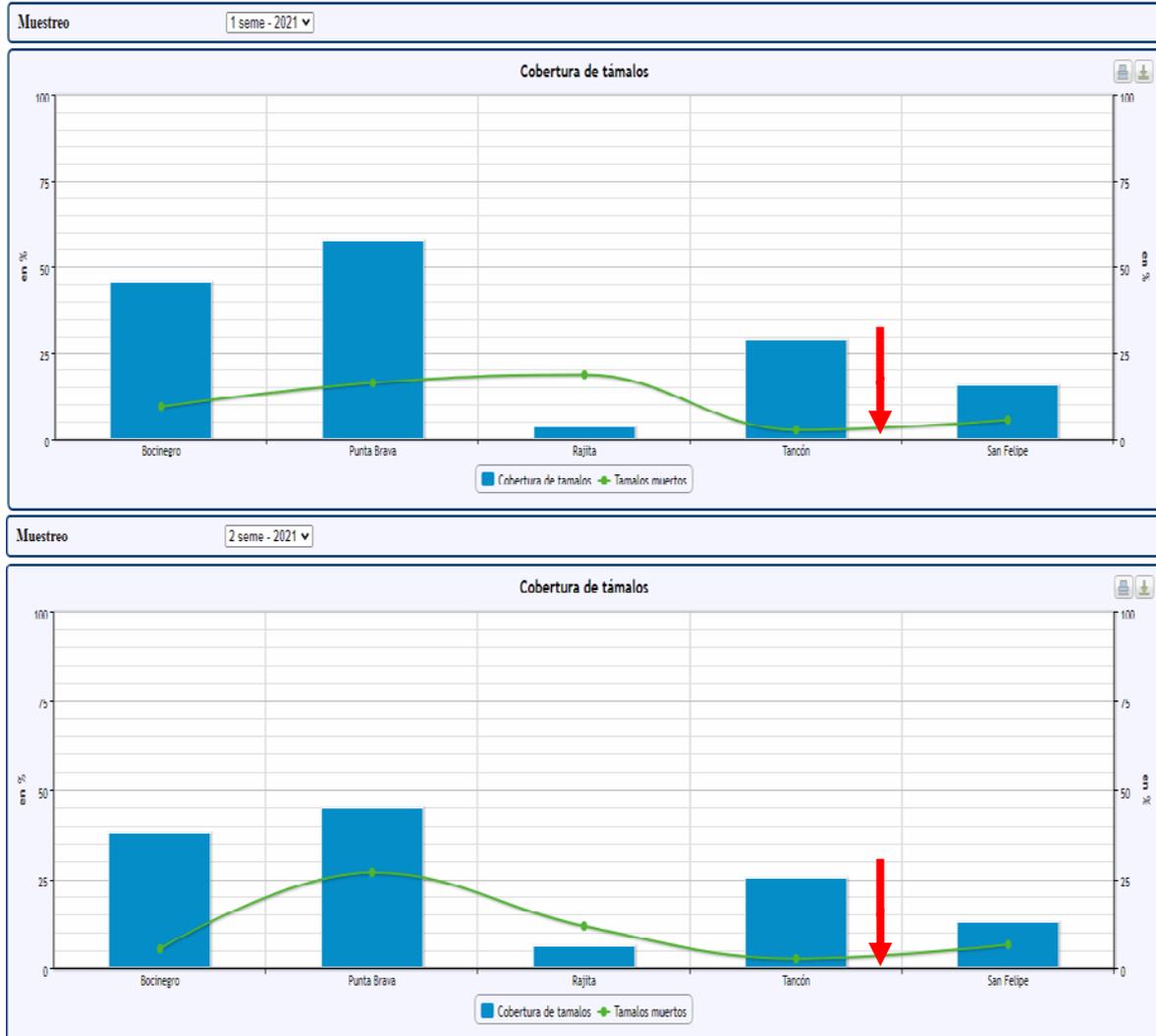


Figura 124. Cobertura y mortandad de Chthamalus en las estaciones: TGr16 Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro



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 125). En 2019 se aprecia un ligero aumento, con respecto a la cobertura de *Chthamalus*, tendencia que continúa en 2020 y 2021. Los aumentos y disminuciones detectados no son atribuibles al puerto, al ocurrir en todas las estaciones.



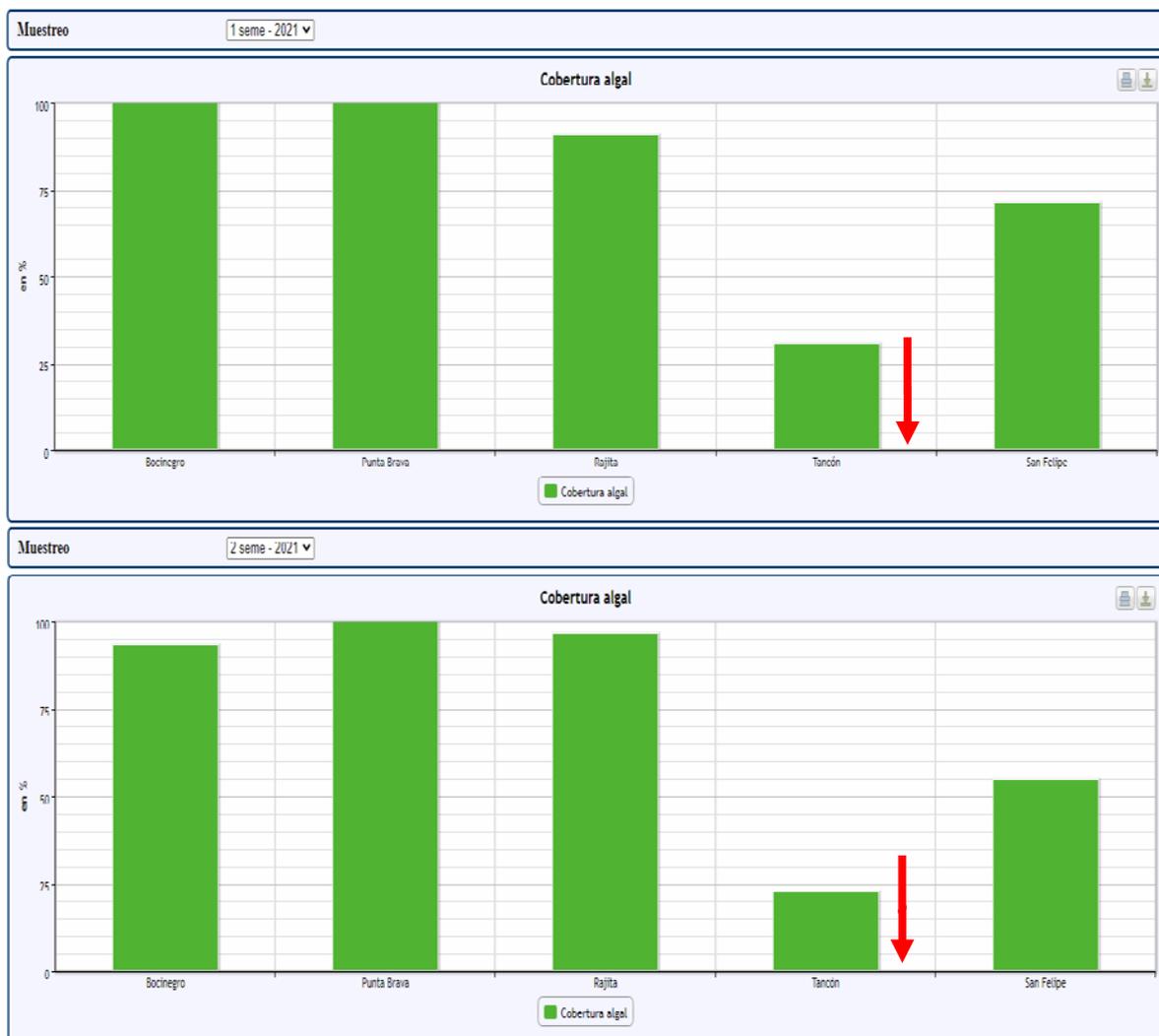
**Figura 125. Cobertura y mortandad de *Chthamalus* a lo largo de la costa de Granadilla en 2021; 1º semestre (arriba) entre enero y febrero y 2º semestre (abajo), en agosto. La posición del puerto marcada en rojo**

### 3.6.2 Comunidades intermareales

El seguimiento de las comunidades intermareales en fase operativa se realiza en las mismas cinco estaciones que en el supramareal. En ellas se mide la cobertura algal 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 2021 se realizaron entre enero y febrero (1<sup>er</sup> semestre) y en agosto (2<sup>o</sup> semestre). Se adjuntan gráficas de evolución espacial y temporal (Figura 126).



**Figura 126. Cobertura algal a lo largo de la costa de Granadilla en 2021; 1<sup>o</sup> semestre (arriba.) entre enero y febrero y 2<sup>o</sup> semestre (abajo), en agosto. La posición del puerto marcada en rojo**

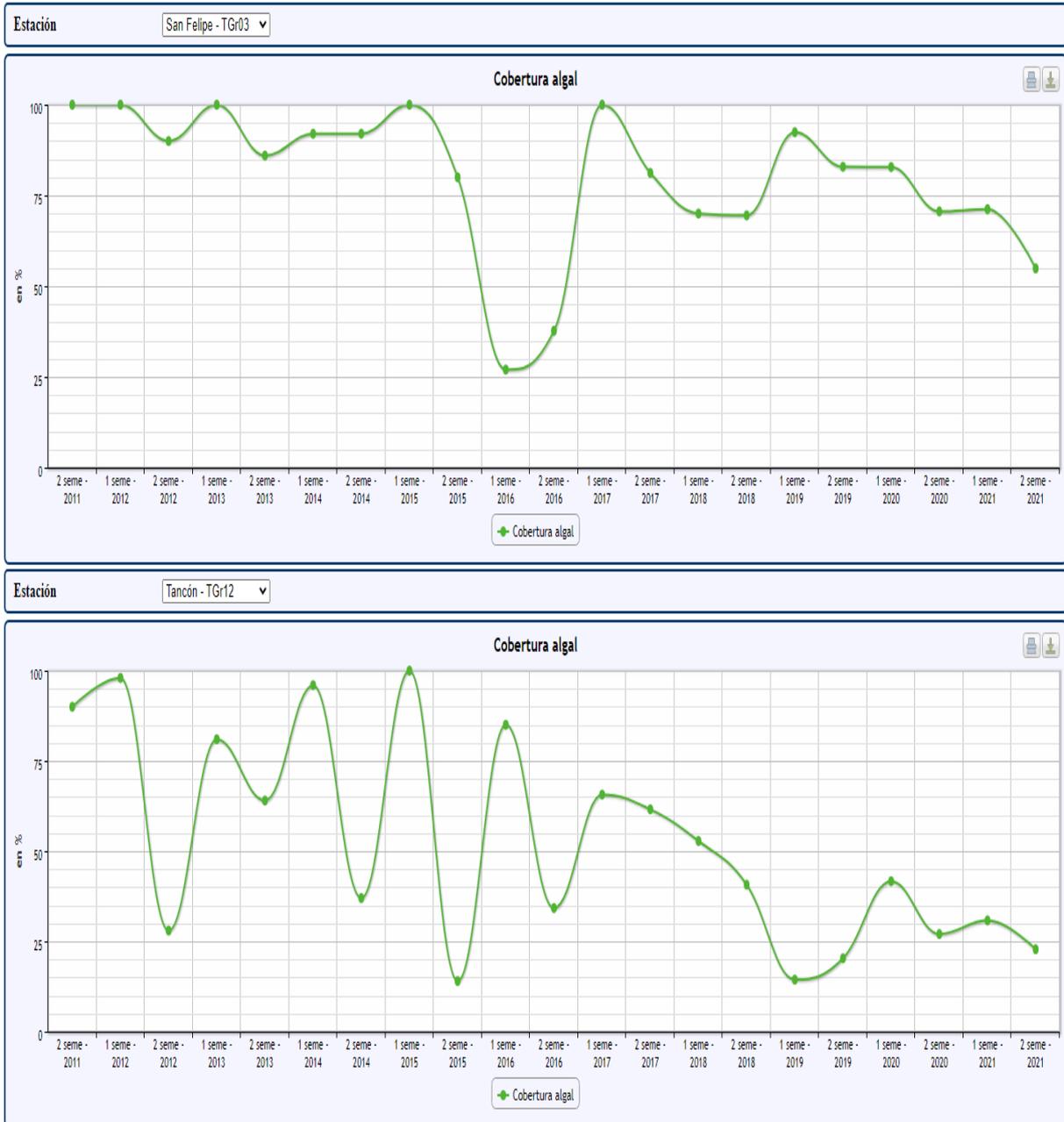
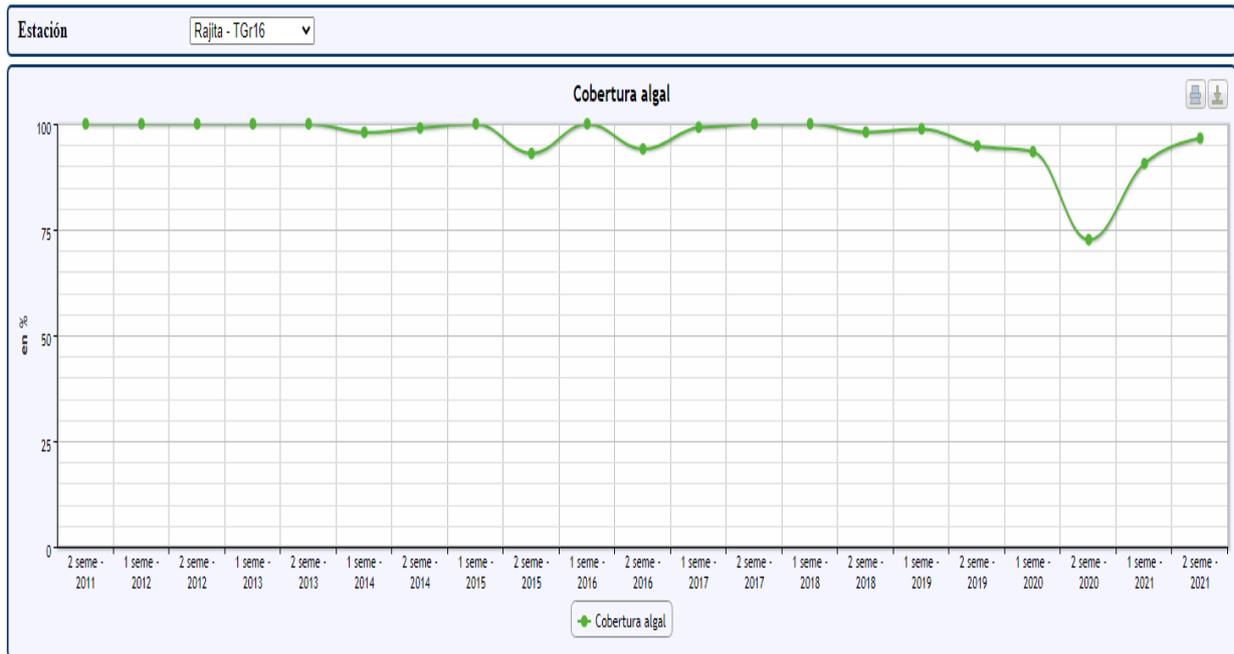
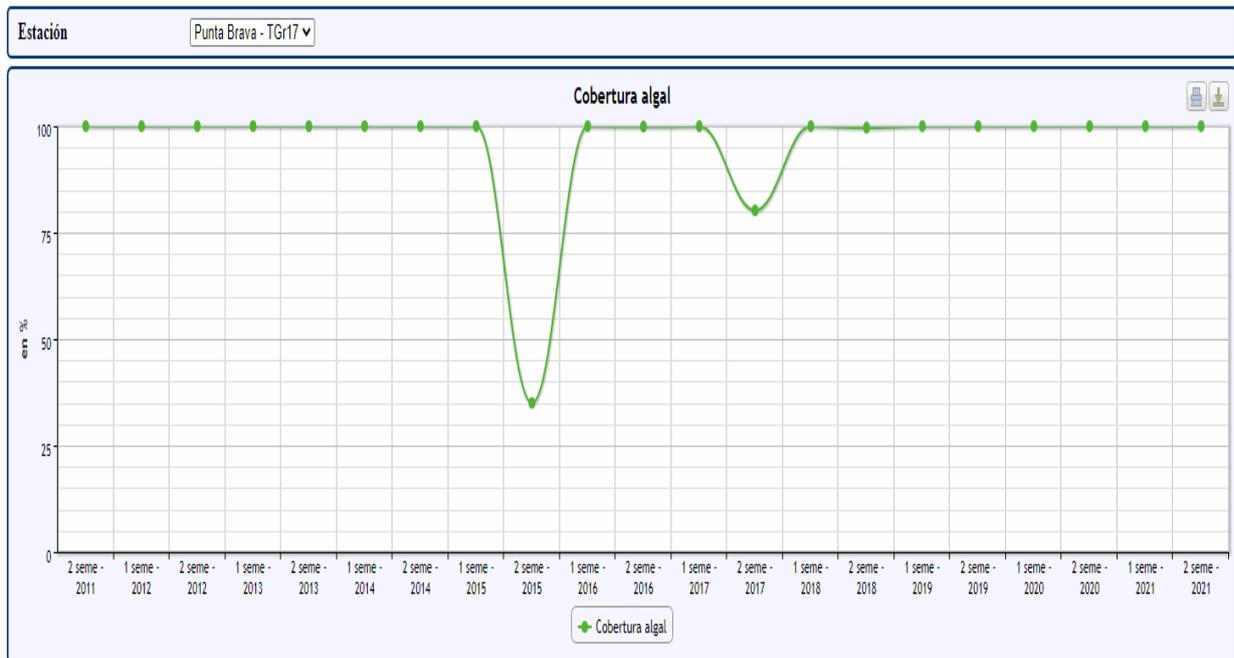


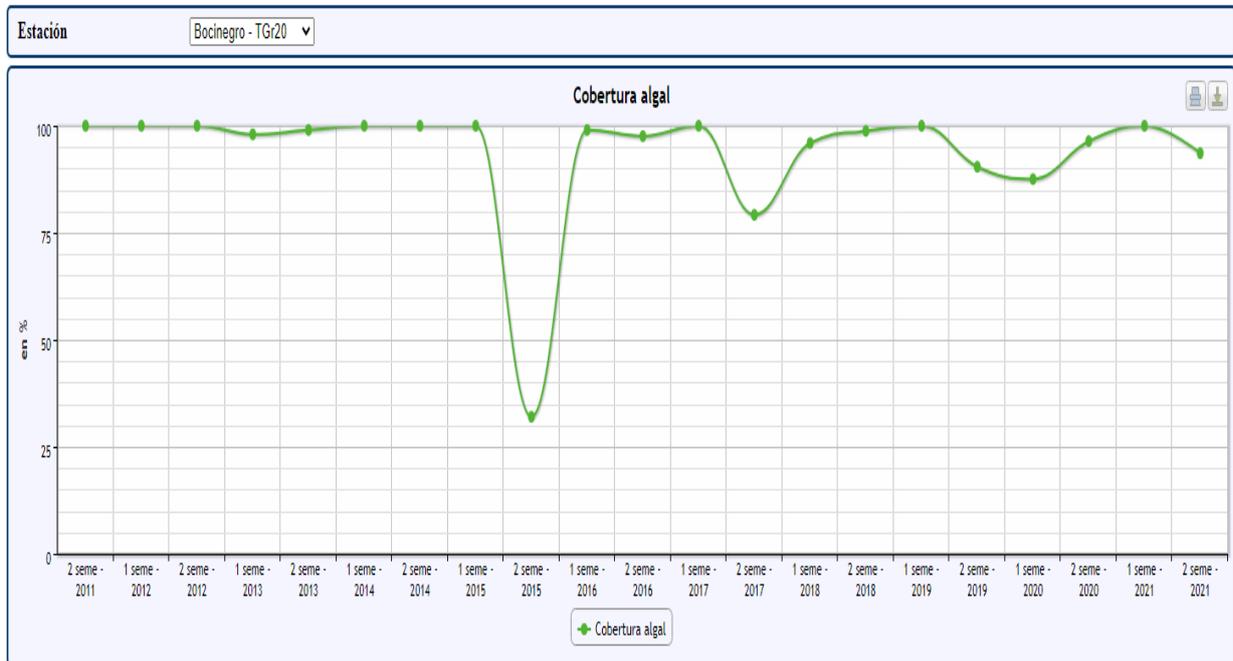
Figura 127A. Evolución 2011-2021 cobertura algal en la estaciones TGr03 San Felipe y TGr12 Tancón



**Figura 127B. Evolución 2011-2021 cobertura algal en la estación TGr16 Rajita**



**Figura 128. Evolución 2011-2021 cobertura algal en la estación TGr17 Punta Brava**



**Figura 129. Evolución 2011-2021 cobertura algal en la estación TGr20 Bocinegro**

- En la estación TGr03 San Felipe se aprecia una cobertura algal similar a la del 2020. Esta estación ha sufrido bastantes cambios en su diversidad algal (Figura 130), 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 el año 2020 se observó un aumento en la cantidad de ejemplares de algas del género *Cystoseira*, y presencia de *Cladophora* en el interior del charco, manteniéndose esta tendencia para este 2021.



**Figura 130. Sucesión ecológica en TGr03 San Felipe: 2011 (arriba izquierda), 2018 (arriba derecha) y 2019 (abajo izquierda) y 2020 (abajo derecha) y 2021 (abajo centro)**

- En la estación TGr12 Tancón en el 2020 aumentó ligeramente la cobertura algal respecto al año 2019, manteniéndose para el 2021 similar. En 2021 la cobertura fue del 30,8 % en el primer semestre y del 22,8% 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 2021 al igual que en 2020 y 2019, se siguen observando pequeños ejemplares de algas del género *Cystoseira*.
- 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 y manteniéndose constante en cobertura y especies hasta ahora.

- 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 segundo semestre del 2017. La comunidad mayoritaria están constituida por especies del género *Padina*, *Cystoseria* y *Dasycladus*.
- En la estación TGr 16 La Rajita, el descenso obtenido en el segundo semestre de 2020 no se refleja para el 2021, presentando coberturas del 90,6 y 96.6% para cada uno de los semestres del año. Tal y como se mencionó para el año 2020 se continúa observando proliferación de algas verdes aparentemente del género *Cladophora*, especialmente en el intermareal alto.

### 3.6.3 Comunidades de peces litorales

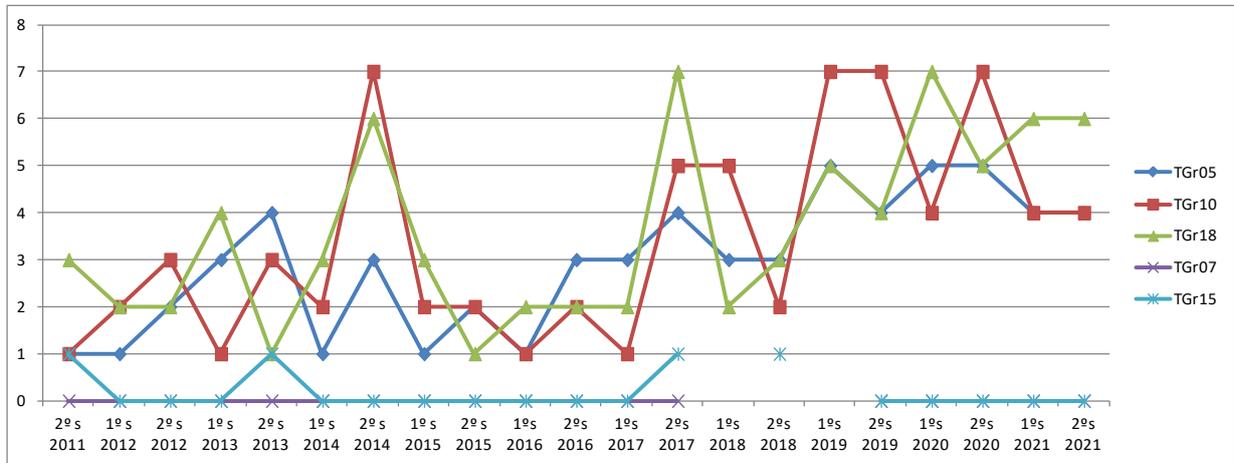
En la fase operativa se continúa realizando conteo de los peces existentes en las distintas zonas integradas en el plan de vigilancia. En el caso de las especies bentónicas y demersales el muestreo se realiza en tres estaciones fijas (TGr05, TGr10 y TGr18), contando desde el fondo todas las especies presentes en una columna de agua de unos 5,6 m de radio (100 m<sup>2</sup>) 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 5 minutos. La diversidad de especies se expresa con el índice de Margalef, según la fórmula  $S = N^k$ , donde  $k = \ln S / \ln N$ , siendo S el número de especie y N el número de individuos.

Tabla 29. Campaña de peces litorales (demersales) en la costa de Granadilla (2021)

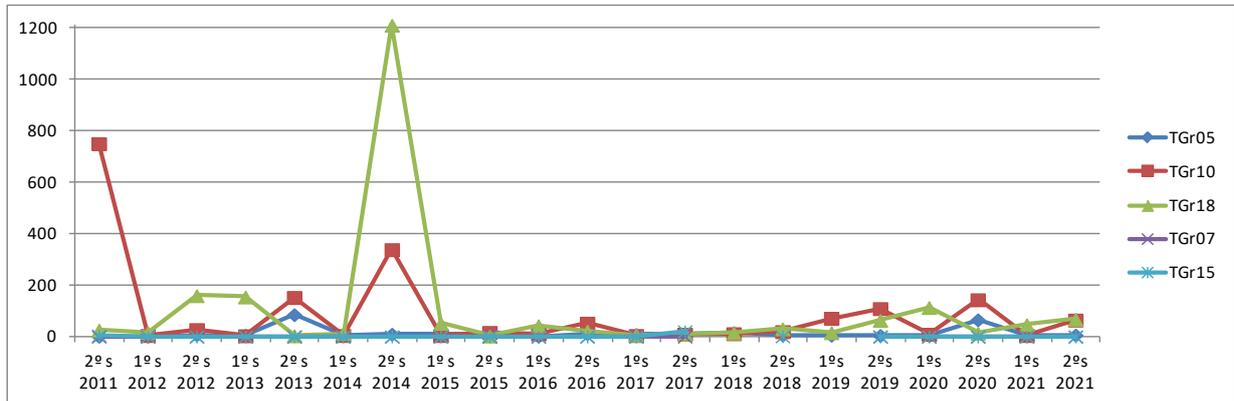
| Especie  | Nombre vulgar     | TGr05      | TGr10      | TGr18      | TGr05      | TGr10      | TGr18      |
|--|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|  | Fecha muestreo    | 19/01/2021 | 09/01/2021 | 10/01/2021 | 31/08/2021 | 11/08/2021 | 01/09/2021 |
| <i>Sphoeroides marmoratus</i>                  | Tamboril          | 0          | 2,5        | 5,5        | 2          | 5          | 1          |
| <i>Xyrichtys novacula</i>                      | Pejepeine         | 0,5        | 0          | 0,5        | 3          | 1          | 0          |
| <i>Boops boops</i>                             | Boga              | 0          | 0          | 30         | 0          | 50         | 50         |
| <i>Spharisma cretense</i>                      | Vieja             | 0          | 0,5        | 7          | 0          | 8          | 5,67       |
| <i>Stephanolepis hispidus</i>                  | Gallito           | 1,5        | 0,5        | 1,5        |            |            |            |
| <i>Serratus atricauda</i>                      | Cabrilla          |            |            |            | 0          | 0          | 0,33       |
| <i>Serranus scriba</i>                         | Cabrilla pintada  |            |            |            |            |            |            |
| <i>Myliobatis aquila</i>                       | Ratón             |            |            |            |            |            |            |
| <i>Pagrus pagrus</i>                           | Bocinegro         |            |            |            |            |            |            |
| <i>Sarda sarda</i>                             | Sierras           |            |            |            |            |            |            |
| <i>Spondylisoma cantharus</i>                  | Chopa             |            |            |            | 0          | 0          | 8,33       |
| <i>Sepia officinalis</i>                       | Choco             |            |            |            | 0          | 0          | 0,33       |
| <i>Thalassoma pavo</i>                         | Pejeverde         |            |            |            |            |            |            |
| <i>Trachinus draco</i>                         | Pez araña         |            |            |            |            |            |            |
| <i>Bothus podas</i>                            | Tapaculos         | 1          | 0,5        | 1,5        | 0,33       | 0          | 0          |
| <i>Pseudocaranx dentex</i>                     | Jurel             |            |            |            |            |            |            |
| <i>Heteroconger longissimus</i>                | Anguila jardinera |            |            |            |            |            |            |
| <i>Centrolabrus trutta</i>                     | Romero            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Synodus synodus</i>                         | Lagarto           | 0,5        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0,33       |
| <i>Canthigaster capistratus</i>                | Gallinita         |            |            |            | 0,33       | 0          | 1          |
| Total de especies = S                          |                   | 4,0        | 4,0        | 6,0        | 4,0        | 4,0        | 6,0        |
| Total ejemplares = N                           |                   | 3,5        | 4,0        | 46,0       | 5,7        | 64,0       | 67,0       |
| Ln S   |                   | 1,4        | 1,4        | 1,8        | 1,4        | 1,4        | 1,8        |
| Ln N   |                   | 1,3        | 1,4        | 3,8        | 1,7        | 4,2        | 4,2        |
| Índice de Margalef $k = \text{LnS}/\text{LnN}$ |                   | 1,1        | 1,0        | 0,5        | 0,8        | 0,3        | 0,4        |



### NÚMERO DE ESPECIES



### NÚMERO DE EJEMPLARES



### ÍNDICE DE MARGALEF

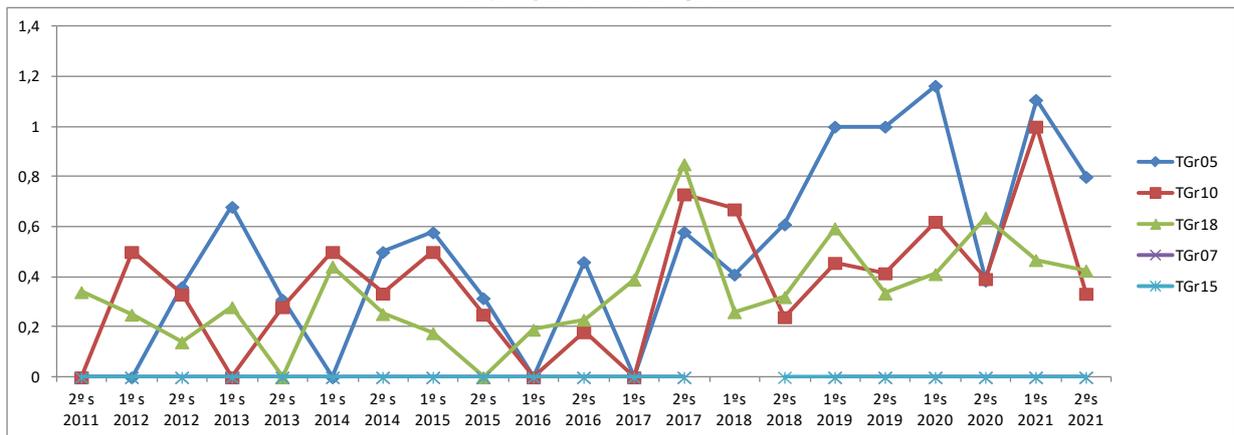


Figura 131. Evolución de la diversidad de peces litorales en la costa de Granadilla. TGr05, TGr10 y TGr18 son demersales; TGr07 y TGr15 son pelágicas

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. En el año 2019, se obtuvieron valores de 0,7 y 0,6 respectivamente. En el año 2020 los valores son de 0,7 para el primer semestre y de 0,5 para el segundo. Para el año 2021 tenemos valores de 0,86 y 0,52. 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 131).

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 aquellas 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 132), cuya presencia continuada es indicadora de un buen estado de conservación.

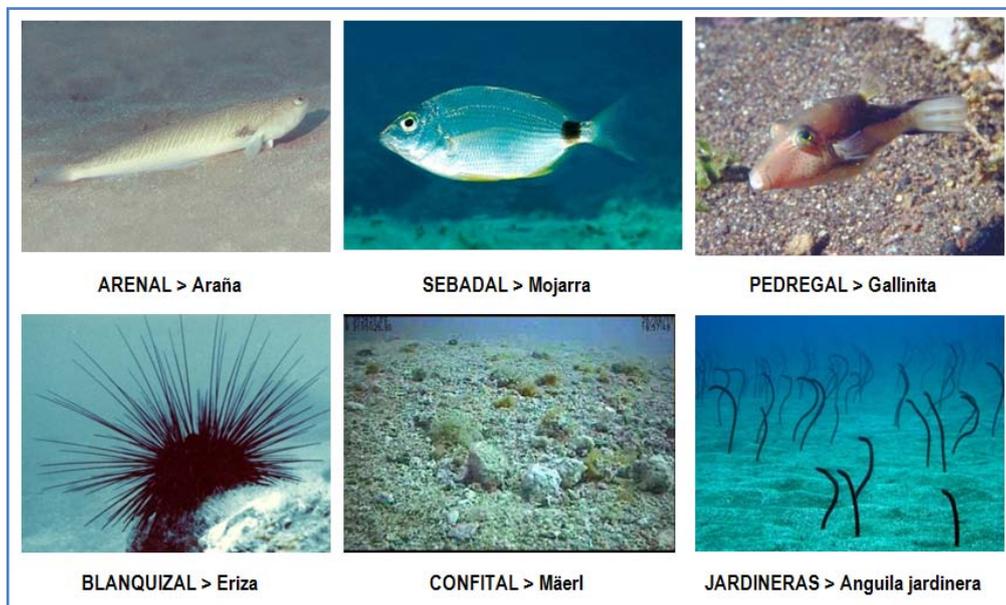


Figura 132. Especies indicadoras de las comunidades bentónicas

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<sup>2</sup>). El muestreo se repite dos veces al año. Las anguilas jardineras, dada la profundidad a la que



viven, se cuentan a partir de los transectos de video. En la Figura 132 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 2021 se muestran en la tabla y la figura que siguen:

**Tabla 30. Muestreo de especies bentónicas indicadoras de los principales hábitats en la costa de Granadilla en 2021.**

| 1ª Campaña<br>enero 2021                            | Hábitat    | TGr05 | TGr18 | TGr25 | TGr26 | TGr27 | TGr28 | TGr29 | TGr35 | TGr39 | Pelada |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Araña costera<br><i>Trachinus draco</i>             | Arenal     |       |       |       |       |       |       |       |       | 0     |        |
| Mojarra<br><i>Diplodus annularis</i>                | Sebadal    | 0     | 0     |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Eriza<br><i>Diadema africanum</i>                   | Blanquizal |       |       | 1,5   |       |       |       |       |       |       |        |
| Maërl (% vivo)<br><i>Lithotamnion spp.</i>          | Maërl      |       |       |       | 50%   | 52%   | 56%   | 85%   | 88%   |       |        |
| Anguila jardinera<br><i>Heteroconger longissim.</i> | Anguilera  |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 77     |

| 2ª Campaña<br>octubre 2021                          | Hábitat    | TGr05 | TGr18 | TGr25 | TGr26 | TGr27 | TGr28 | TGr29 | TGr35 | TGr39 | Pelada |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Araña costera<br><i>Trachinus draco</i>             | Arenal     |       |       |       |       |       |       |       |       | 0     |        |
| Mojarra<br><i>Diplodus annularis</i>                | Sebadal    | 0     | 0     |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Erizo<br><i>Diadema africanum</i>                   | Blanquizal |       |       | 7,0   |       |       |       |       |       |       |        |
| Maërl (% vivo)<br><i>Lithotamnion spp.</i>          | Maërl      |       |       |       | 92%   | 97%   | 59%   | 96%   | 96%   |       |        |
| Anguila jardinera<br><i>Heteroconger longissim.</i> | Anguilera  |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 110    |

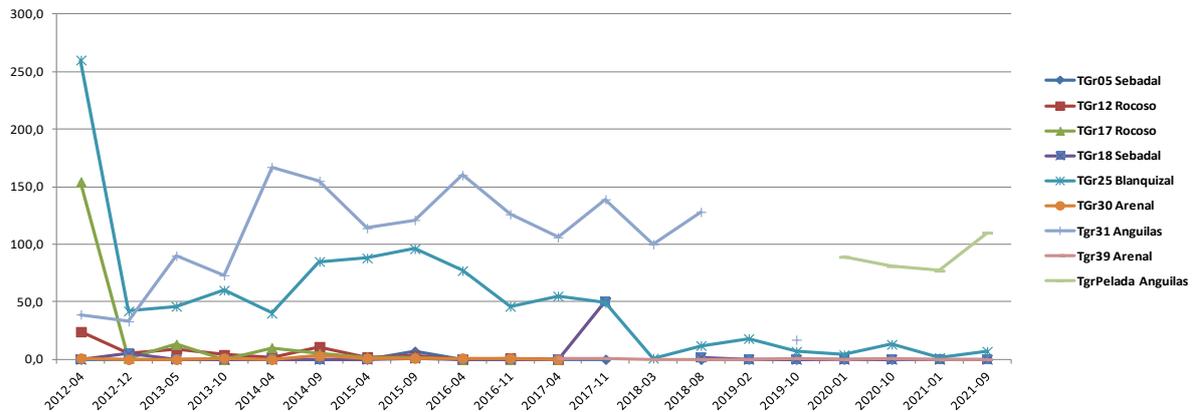


Figura 133. Evolución de las comunidades bentónicas en 5 estaciones de la costa de Granadilla (2012-2021)

### 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 coleccionar, 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)<sup>17</sup>, Riera, R. (2004)<sup>18</sup> 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 2021 (enero y agosto), precedidas por las campañas de los años anteriores (2016, 2017, 2018, 2019 y 2020) y del último semestre de

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.



2011 (muestreos del 30/9/2011 y 3/10/2011) que se ha de tomar como referencia de la situación previa al inicio de los vertidos en la obra (4/10/2011).

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

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

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

En el 2020 se han detectado en el primer semestre un total de 40 ejemplares, estando la mayoría concentrados en la estaciones TGr08 y TGr05 (al norte del puerto). En el segundo semestre se detecta mayor número de ejemplares (83) distribuidos más uniformemente en todas las estaciones a excepción de la TGr10, en la que sólo se obtuvieron 3 ejemplares.

En el 2021 se detecta un total de 81 ejemplares en el primer semestre y 101 para el segundo. Por lo que se detecta un pequeño incremento respecto al 2020 y 2019: A diferencia del año anterior no se observa diferenciación de cantidad de ejemplares por zonificación. Así mismo se mantiene la proporción de ejemplares predadores y detritívoros ligeramente por encima del

resto. Así mismo, de manera general en todas las estaciones existe un número mínimo de filtradores.

Tabla 31. Régimen trófico de las especies de poliquetos encontradas en Granadilla con tamiz de 0,5 mm

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



| Especie                         | Régimen     | Especie                         | Régimen                 |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------|
| <i>Lumbrinerides acuta</i>      | Predador    | <i>Spio sp</i>                  | Predador                |
| <i>Lumbrineriopsis paradoxa</i> | Predador    | <i>Spio sp</i>                  | Detritívoro             |
| <i>Lumbrineris cingulata</i>    | Predador    | <i>Spiophanes bombyx</i>        | Filtrador               |
| <i>Lumbrineris latreillii</i>   | Predador    | <i>Streptodonta pterochaeta</i> | Predador-Carnívoro      |
| <i>Lysidice unicornis</i>       | Carnívoro   | <i>Streptosyllis bidentata</i>  | Detritívoro             |
| <i>Maldanidae sp1</i>           | Detritívoro | <i>Streptosyllis campoyi</i>    | Predador                |
| <i>Marphysa sp</i>              | Predador    | <i>Streptosyllis sp</i>         | Detritívora-Omnívora    |
| <i>Microspio mezcnicowianus</i> | Detritívoro | <i>Streptosyllis websteri</i>   | Detritívora-Omnívora    |
| <i>Mystides caeca</i>           | Predador    | <i>Syllis garciai</i>           | Predador                |
| <i>Neanthes caudata</i>         | Herbívoro   | <i>Syllis gerundensis</i>       | Predador                |
| <i>Neanthes rubicunda</i>       | Herbívoro   | <i>Syllis sp</i>                | Predador                |
| <i>Nematonereis unicornis</i>   | Predador    | <i>Trychobranchus glacialis</i> | Detritívoro superficial |
|                                 |             | <i>Trypanosyllis coeliaca</i>   | Predador-Carnívora      |



Figura 134. Perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en estaciones a lo largo de la costa

**Tabla 32. 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 33. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla: 2017 a 2021**

| 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 pudo realizar          | 46    | 63    | 55,38 |
| Detritívoros (%)      | 86    | 36    | 0     |                              | 53    | 37    | 43,35 |



|                       |              |              |              |                              |              |              |              |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Filtradores (%)       | 14           | 2            | 0            | muestreo                     | 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         |
| <b>1° sem. 2019</b>   | <b>TGr18</b> | <b>TGr14</b> | <b>TGr10</b> | <b>TGr09</b>                 | <b>TGr08</b> | <b>TGr05</b> | <b>Media</b> |
| 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       | 1,00         | 0,87         | 0,95         |                              | -            | 0,65         | 0,87         |
| <b>2° sem. 2019</b>   | <b>TGr18</b> | <b>TGr14</b> | <b>TGr10</b> | <b>TGr09</b>                 | <b>TGr08</b> | <b>TGr05</b> | <b>Media</b> |
| 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         |
| <b>1° sem. 2020</b>   | <b>TGr18</b> | <b>TGr14</b> | <b>TGr10</b> | <b>TGr09</b>                 | <b>TGr08</b> | <b>TGr05</b> | <b>Media</b> |
| Predadores (%)        | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>100</b>   | <b>50</b>                    | <b>64</b>    | <b>100</b>   | <b>52,38</b> |
| Detritívoros (%)      | 100          | 0            | 0            | 38                           | 21           | 0            | 26,49        |
| Filtradores (%)       | 0            | 0            | 0            | 13                           | 14           | 0            | 4,46         |
| Herbívoros (%)        | 0            | 0            | 0            | 0                            | 0            | 0            | 0            |
| Total= 40 ejemplares  | 4            | 0            | 1            | 6                            | 16           | 13           | 6,67         |
| Índice Margalef       | 1,00         | -            | -            | 1,00                         | 0,90         | 0,43         | 0,55         |
| <b>2° sem. 2020</b>   | <b>TGr18</b> | <b>TGr14</b> | <b>TGr10</b> | <b>TGr09</b>                 | <b>TGr08</b> | <b>TGr05</b> | <b>Media</b> |
| Predadores (%)        | <b>0</b>     | <b>22</b>    | <b>36</b>    | <b>95</b>                    | <b>75</b>    | <b>22</b>    | <b>41,76</b> |
| Detritívoros (%)      | 100          | 78           | 55           | 0                            | 25           | 65           | 53,76        |
| Filtradores (%)       | 0            | 0            | 9            | 5                            | 0            | 13           | 4,48         |
| Herbívoros (%)        | 0            | 0            | 0            | 0                            | 0            | 0            | 0            |
| Total= 52 ejemplares  | 3            | 9            | 11           | 21                           | 16           | 23           | 13,83        |
| Índice Margalef       | 1,00         | 0,73         | 0,75         | 0,72                         | 0,70         | 0,86         | 0,79         |
| <b>1° sem. 2021</b>   | <b>TGr18</b> | <b>TGr14</b> | <b>TGr10</b> | <b>TGr09</b>                 | <b>TGr08</b> | <b>TGr05</b> | <b>Media</b> |
| Predadores (%)        | 100          | 40           | 50           | 50                           | 91           | 13           | 57,37        |
| Detritívoros (%)      | 0            | 53           | 40           | 50                           | 9            | 87           | 39,85        |
| Filtradores (%)       | 0            | 7            | 10           | 0                            | 0            | 0            | 2,78         |
| Herbívoros (%)        | 0            | 0            | 0            | 0                            | 0            | 0            | 0,00         |
| Total= 52 ejemplares  | 2            | 30           | 10           | 2                            | 22           | 15           | 13,50        |
| Índice Margalef       | 1,00         | 0,80         | 1,00         | 1,00                         | 0,63         | 0,72         | 0,86         |
| <b>2° sem. 2021</b>   | <b>TGr18</b> | <b>TGr14</b> | <b>TGr10</b> | <b>TGr09</b>                 | <b>TGr08</b> | <b>TGr05</b> | <b>Media</b> |
| Predadores (%)        | 46           | 67           | 44           | 71                           | 33           | 20           | 47,00        |
| Detritívoros (%)      | 46           | 33           | 50           | 10                           | 67           | 70           | 45,95        |
| Filtradores (%)       | 8            | 0            | 6            | 19                           | 0            | 10           | 7,05         |
| Herbívoros (%)        | 0            | 0            | 0            | 0                            | 0            | 0            | 0,00         |
| Total= 52 ejemplares  | 13           | 24           | 18           | 21                           | 15           | 10           | 16,83        |
| Índice Margalef       | 0,97         | 0,85         | 0,86         | 0,76                         | 0,95         | 0,78         | 0,86         |



Figura 135. Evolución de los perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en el periodo 2011-2021: al norte del puerto (TGr05) y al sur del puerto (TGr10)

### 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 2021 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 seabedales en los límites de la ZEC/puerto (Figura 136). En 2021, tanto en invierno (febrero) como en verano (septiembre), se realizaron los 6 transectos estipulados sin contratiempos.

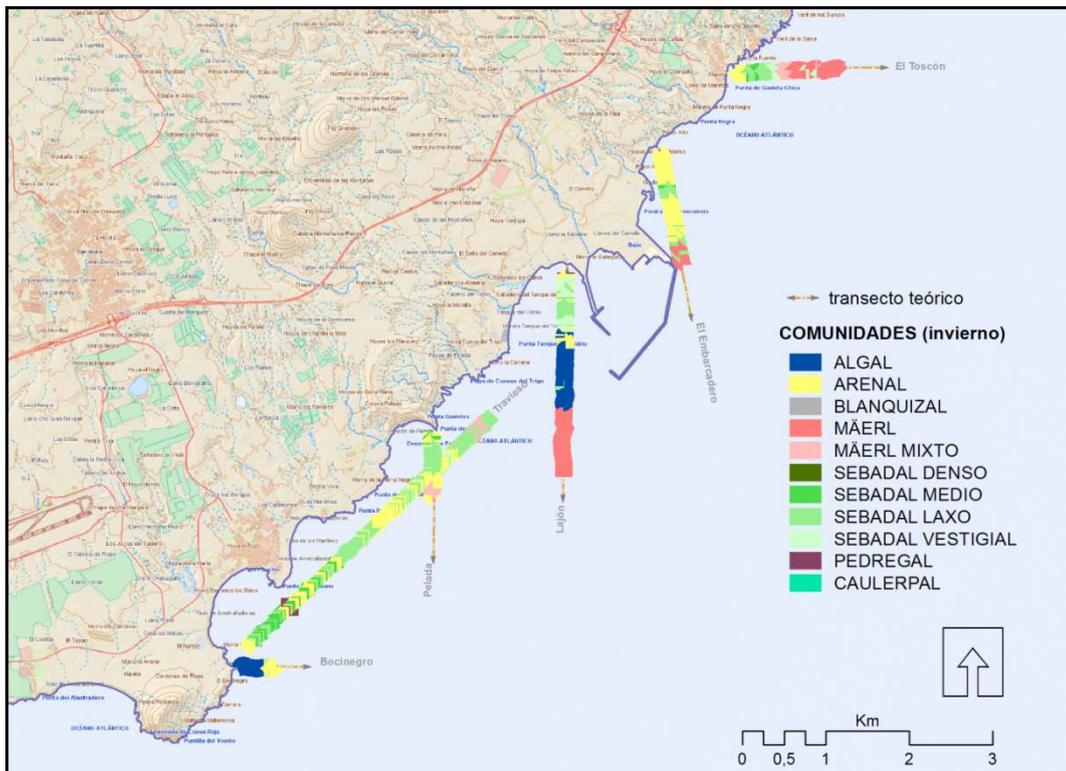


Figura 136. Transectos con su espectro bionómicos; invierno de 2021 (febrero).

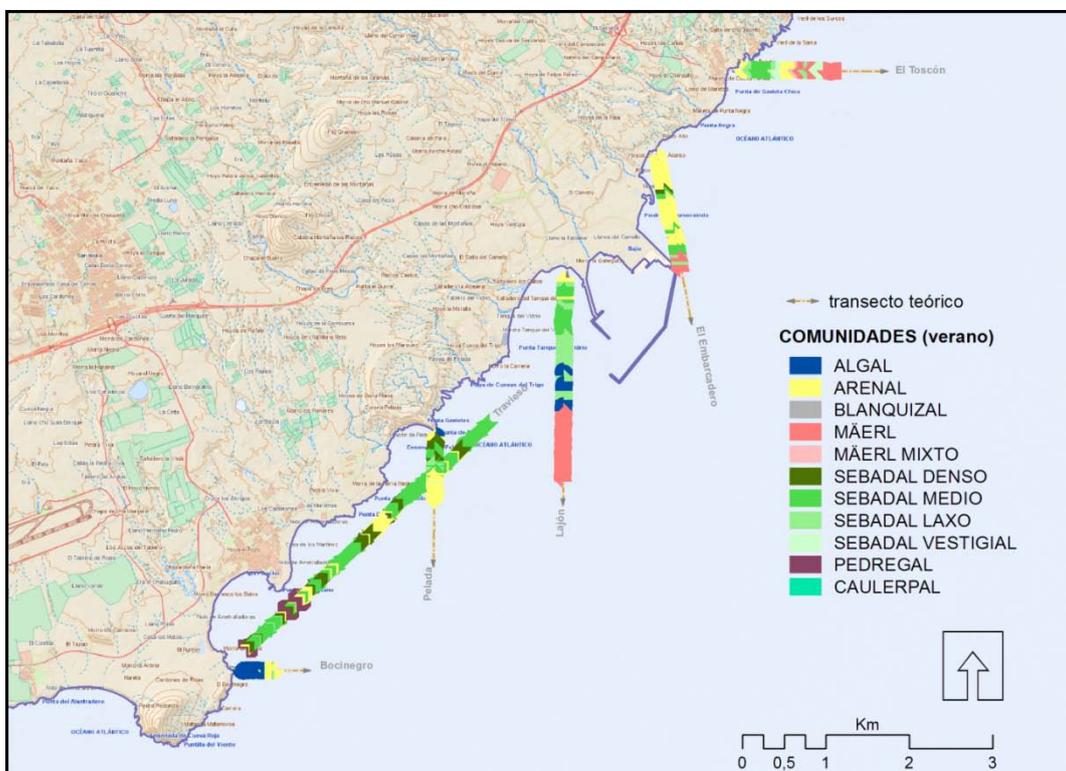


Figura 137. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2021 (septiembre)

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 y 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 bionomía 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 -30 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 2021 se realizaron los transectos de invierno a lo largo del mes de febrero, y los de verano a principio del mes de septiembre.

**Tabla 34. Tipos de hábitats bentónicos y su código**

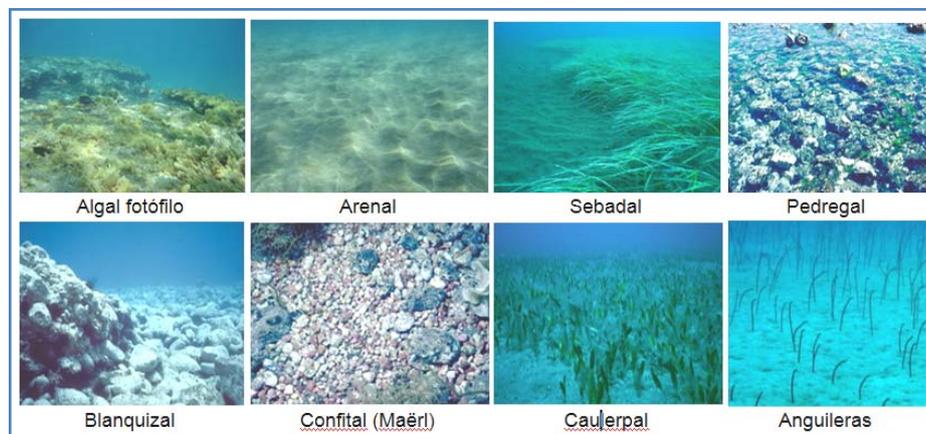
| Sigla     | Descripción   |
|-----------|---|
| <b>AL</b> | <b>Algal:</b> Esta unidad y el blanquizal pueden coexistir sobre sustrato rocoso, y se prioriza por dominio visual en la imagen.  |
| <b>BL</b> | <b>Blanquizal:</b> La inclusión del pedregal como otra unidad bionómica no es posible al no poderse observar el contenido infralapidícola.  |
| <b>AR</b> | <b>Arenal:</b> Sustrato granular con predominio de contenido mineral.   |
| <b>SV</b> | <b>Sebadal vestigial:</b> Brotes dispersos sin estar conectados aparentemente.  |
| <b>SL</b> | <b>Sebadal laxo:</b> 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. |
| <b>SM</b> | <b>Sebadal medio:</b> En ocasiones puede estar en maërl, y se prioriza la especie dominante en la imagen.   |
| <b>SD</b> | <b>Sebadal denso:</b> Su presencia suele ser restringida y difícil de diferenciar del sebadal medio según la altura de la pradera y el ángulo de visión.                                    |



|           |   |
|-----------|---|
| <b>MA</b> | <b>Maërl:</b> 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.   |
| <b>MM</b> | <b>Maërl mixto:</b> 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:<br>- <b>SV/SL</b> (Sebadal vestigial o laxo de escasa presencia)<br>- <b>HD</b> ( <i>Halophila decipiens</i> )<br>- <b>CP</b> (el alga verde <i>Caulerpa prolifera</i> )<br>- <b>BV</b> (el sabélido <i>Bispira viola</i> )<br>- <b>OC</b> (presuntos montículos del equiúrido <i>Ochetostoma</i> )<br>- <b>SG</b> (el erizo <i>Sphaerechinus granularis</i> )<br>- <b>AJ</b> (la anguila jardinera <i>Heteroconger longissimus</i> ) |
| <b>C</b>  | <b>Caulerpal:</b> Zonas dominadas por el alga verde <i>Caulerpa</i> . Principalmente suele aparecer formando caulerpales la especie <i>C. prolifera</i> aunque se pueden observar también otras especies del género. Se debe tener en cuenta que el sustrato presente normalmente es arena, aunque en algunas ocasiones aparece sobre fondo de maërl fino.  |

Los *hábitats* o comunidades bentónicas tipificadas a efectos de la vigilancia ambiental, son los que se muestran en la Figura 138. Las transiciones entre unos y otros pueden ser suaves y ofrecer todo tipo de combinaciones. Las especies se acomodan allí donde las circunstancias se lo permiten, al margen de las etiquetas que queramos poner al resultado final. Además, no siempre es fácil seguir el transecto teórico con precisión debido a las condiciones del mar (corrientes, mareas, etc.), por lo que se debe asumir un error de +/- 25 metros.

Los fondos en la zona objeto de estudio son, por lo general, blandos o granulares, no rocosos ni con pedregales significativos, salvo en las áreas más pegadas a la orilla. La naturaleza del sustrato comienza por ser volcánica pura (granulometría media) para ir adquiriendo con la profundidad (> -15 m) naturaleza calcárea debido a los bioclastos. A partir de los -20 m suele aumentar la granulometría notablemente con la presencia de elementos biológicos vivos de color rosa (anises) o blancos (confites y rodolitos, de varios centímetros de diámetro) (Figura 138).



**Figura 138. Aspecto de los distintos hábitats tipificados**

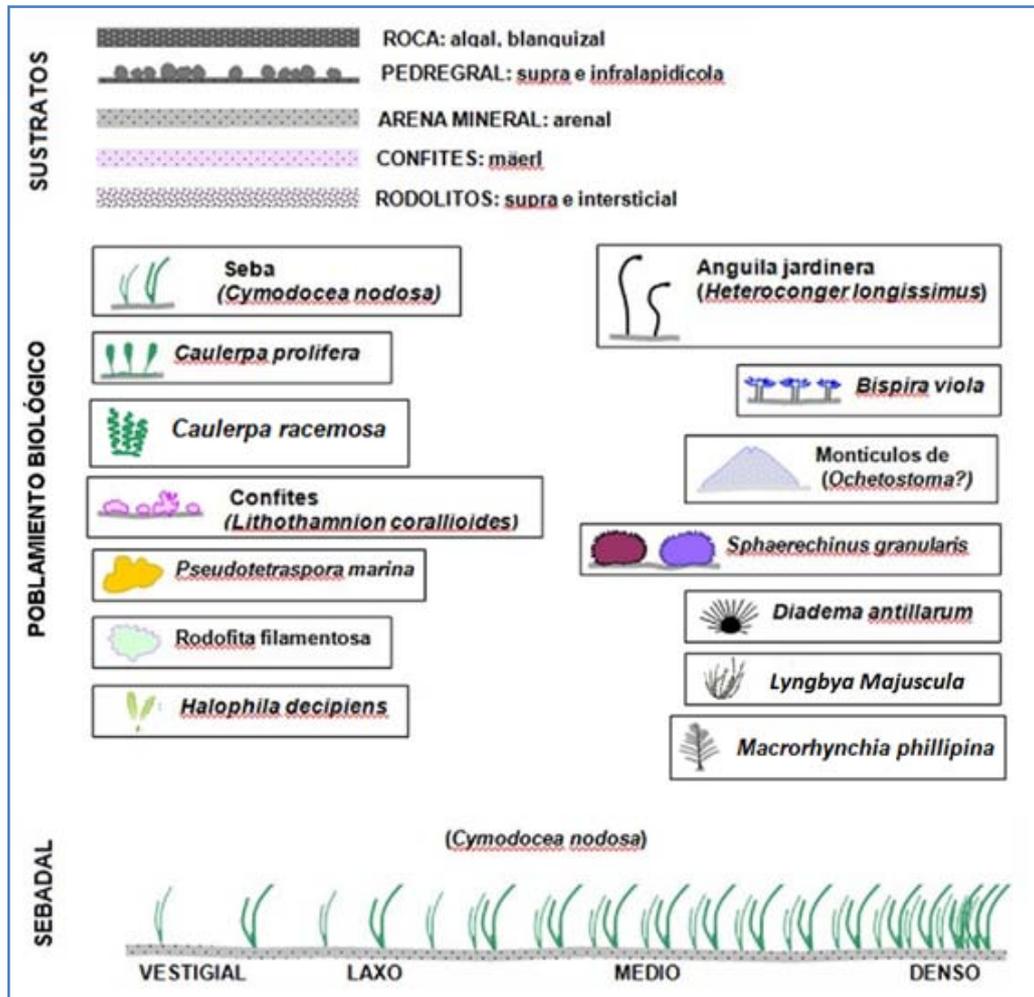
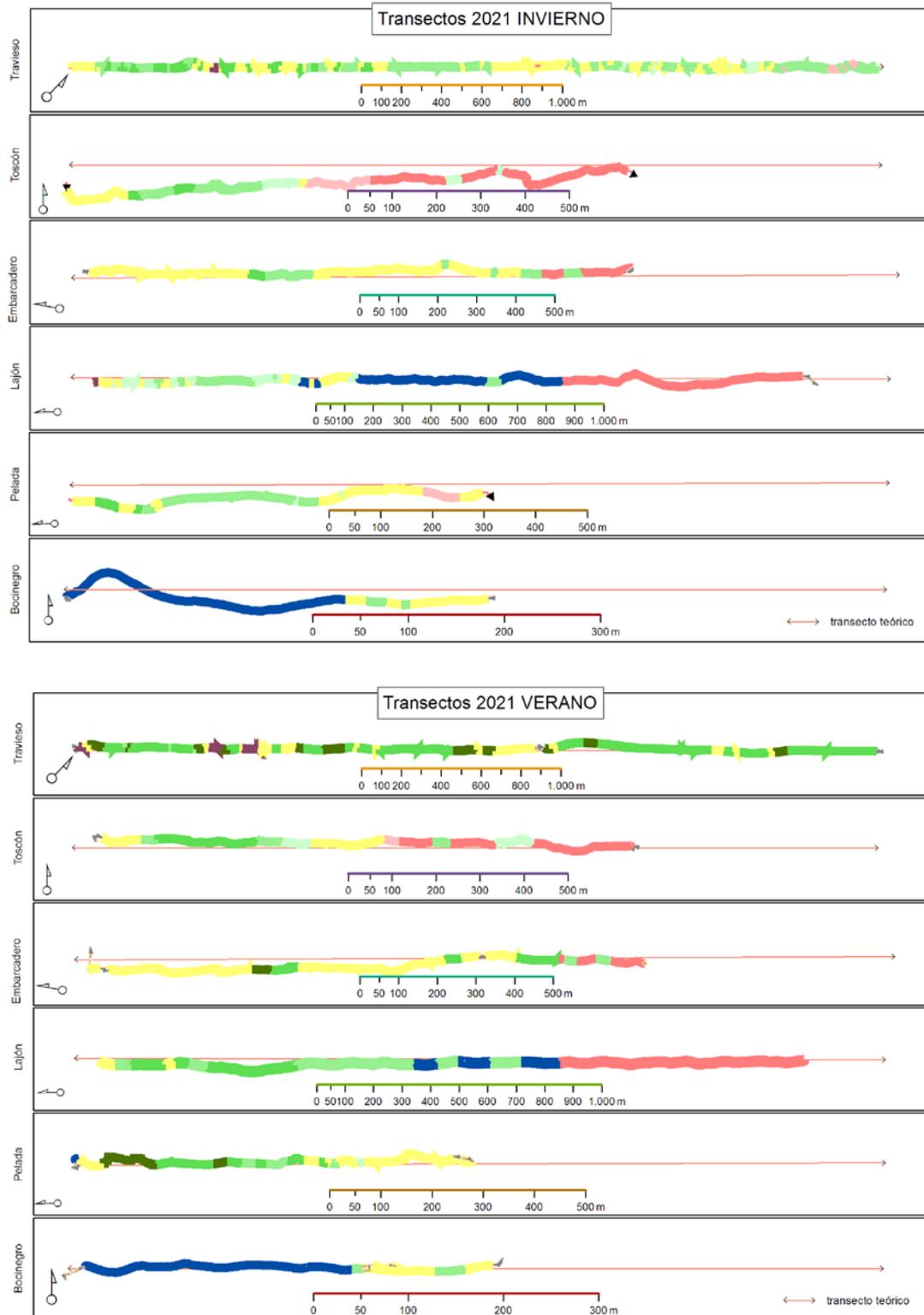


Figura 139. Simbología empleada en los diagramas bionómicos

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 140), la longitud planificada del transecto (la real puede variar ligeramente), y los comentarios más relevantes al pie. Se ha añadido un símbolo para el hidrozoo potencialmente invasor *Macrorhynchia phillipina*. 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 140. Espectros detallados con distancias de los transectos obtenidos en 2021. Arriba- transectos considerado de invierno 2021 (febrero). Abajo- transecto considerado de verano (septiembre).**

### Transecto Bocinegro (400 m, 90°)

En el 2020, 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. 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. Hasta el año 2019 de forma continua al algal, se observa un sebadal laxo con fondo de *maërl*. En 2020 se observa un fondo con más piedras, por lo que se considera como pedregal. 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. Para el año 2021 no se observan variaciones reseñables.

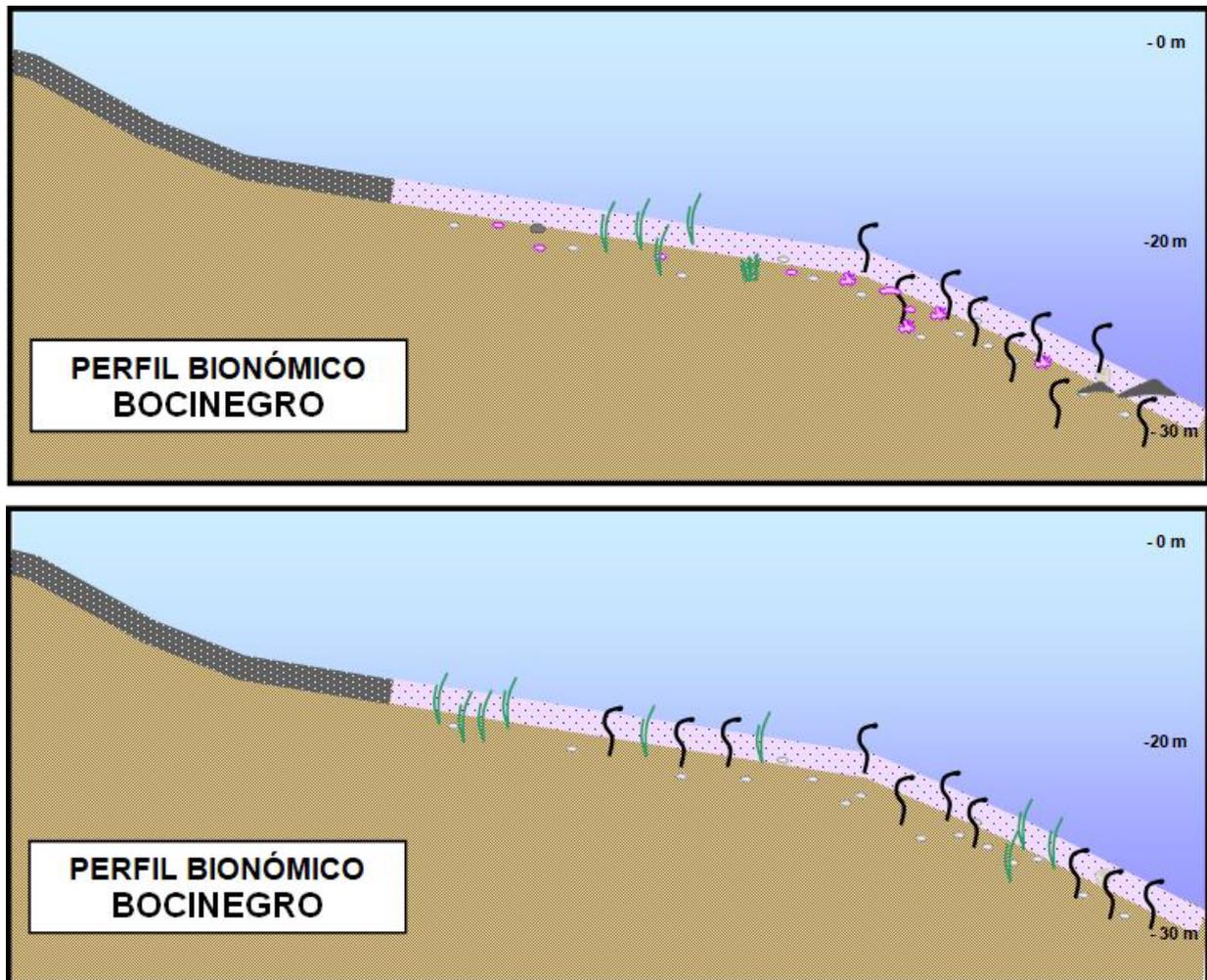


Figura 141 . Transecto Bocinegro 2021. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)



### Transecto Pelada (863 m, rumbo 180°)

El transecto, en ambas estaciones, hasta unos -20 m, continúa presentando seabadales de densidades media y laxas en arenas 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 seabadal y comienza a aumentar progresivamente el contenido granular calcáreo de los arenas. También se comienzan a ver las anguilas jardineras.

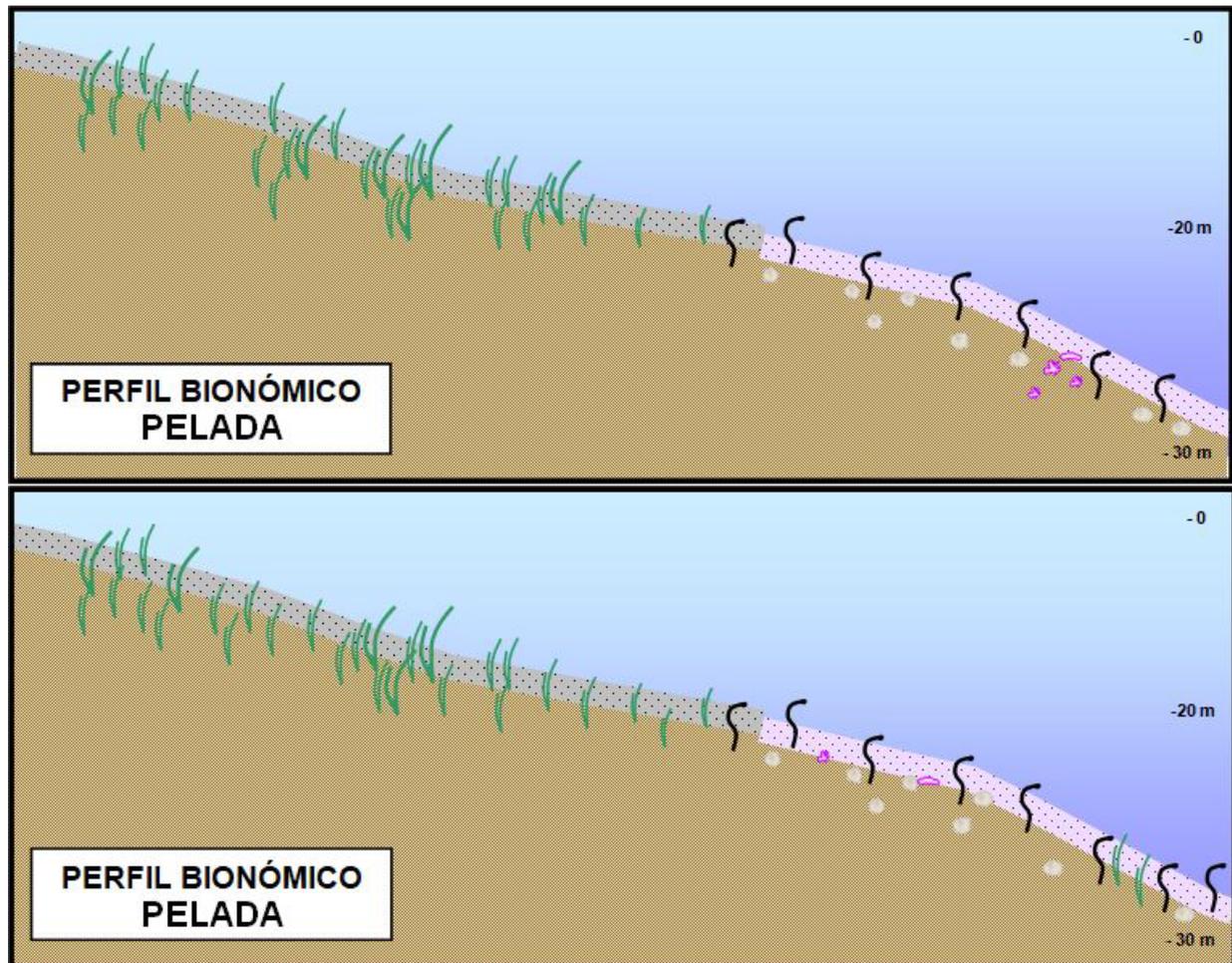


Figura 142. Transecto Pelada en 2021. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

### Transecto Lajón (2.870 m, rumbo 180°)

El estado del perfil y de las comunidades asociadas en el primer tramo del transecto, presentan una alta similitud con el descrito para años anteriores, destacando, como el año anterior la ausencia de *Lyngbya sp.* Los seabadales 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 pero en menor cantidad que en 2018 y 2019. Destaca la presencia, en esta misma zona, donde está presente *Caulerpa*, de algas bentónicas de diversos géneros (destacado como algal).

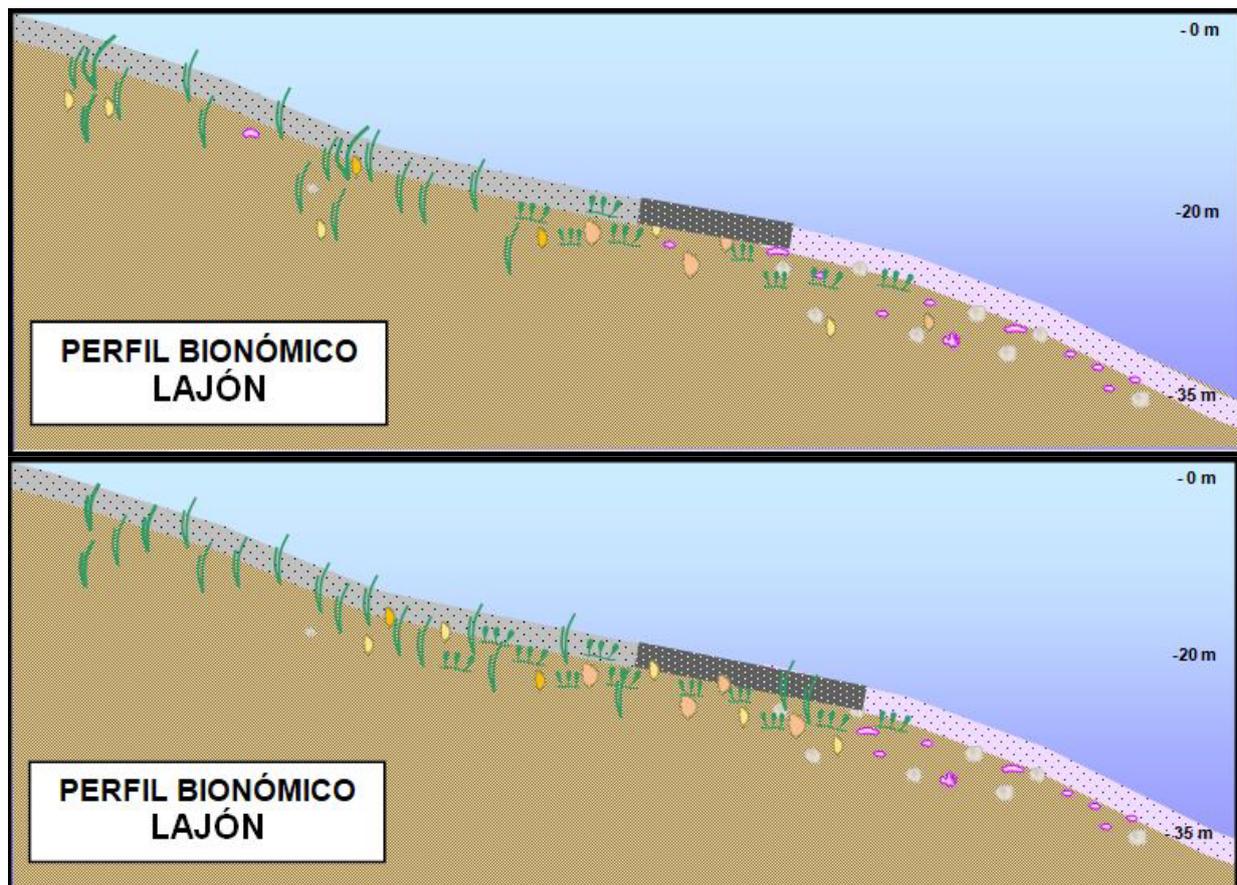


Figura 143. Transecto Lajón en 2021. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

#### Transecto Embarcadero (1.400 m, rumbo 168°)

De forma similar a años anteriores, en las dos estaciones los fondos someros son arenas de amplias ondulaciones y desprovistos de seba. A -10 m de profundidad comienzan a aparecer seabadales 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. A partir de aquí se observa un fondo de arena de gran extensión desprovista de seba y a continuación, a una cota de -15 metros, comienza un seabadal laxo y medio, 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 en composición, siendo la densidad de haces de seba, al ser la época estival, muy superior.

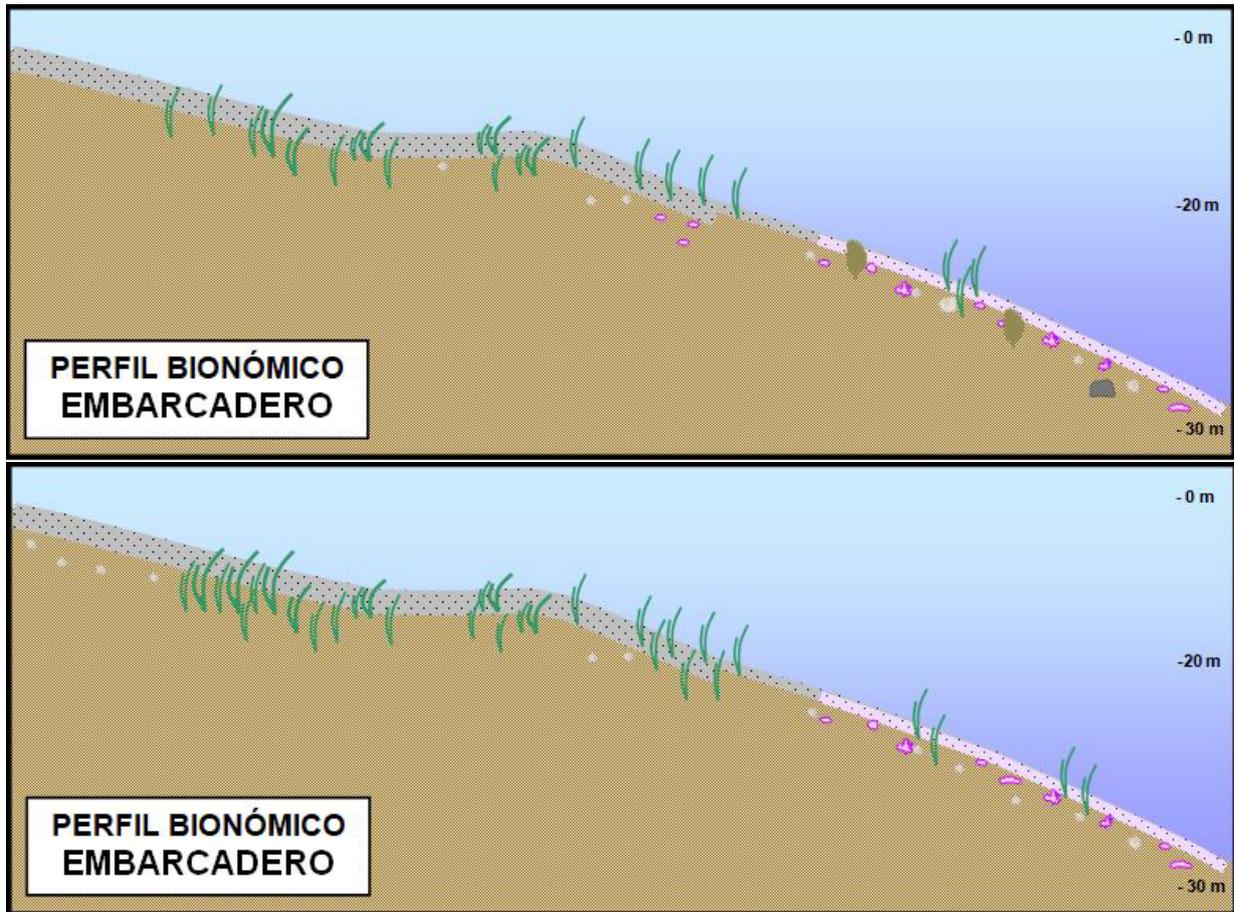


Figura 144. Transecto Embarcadero en 2021. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo)

#### Transecto Toscón (1.361 m, rumbo 90°)

Como viene ocurriendo hasta ahora, en invierno se observan fondos someros de arenal con *ripples* y seadales 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 seadales 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 145).

En verano, el transecto es de similar composición.

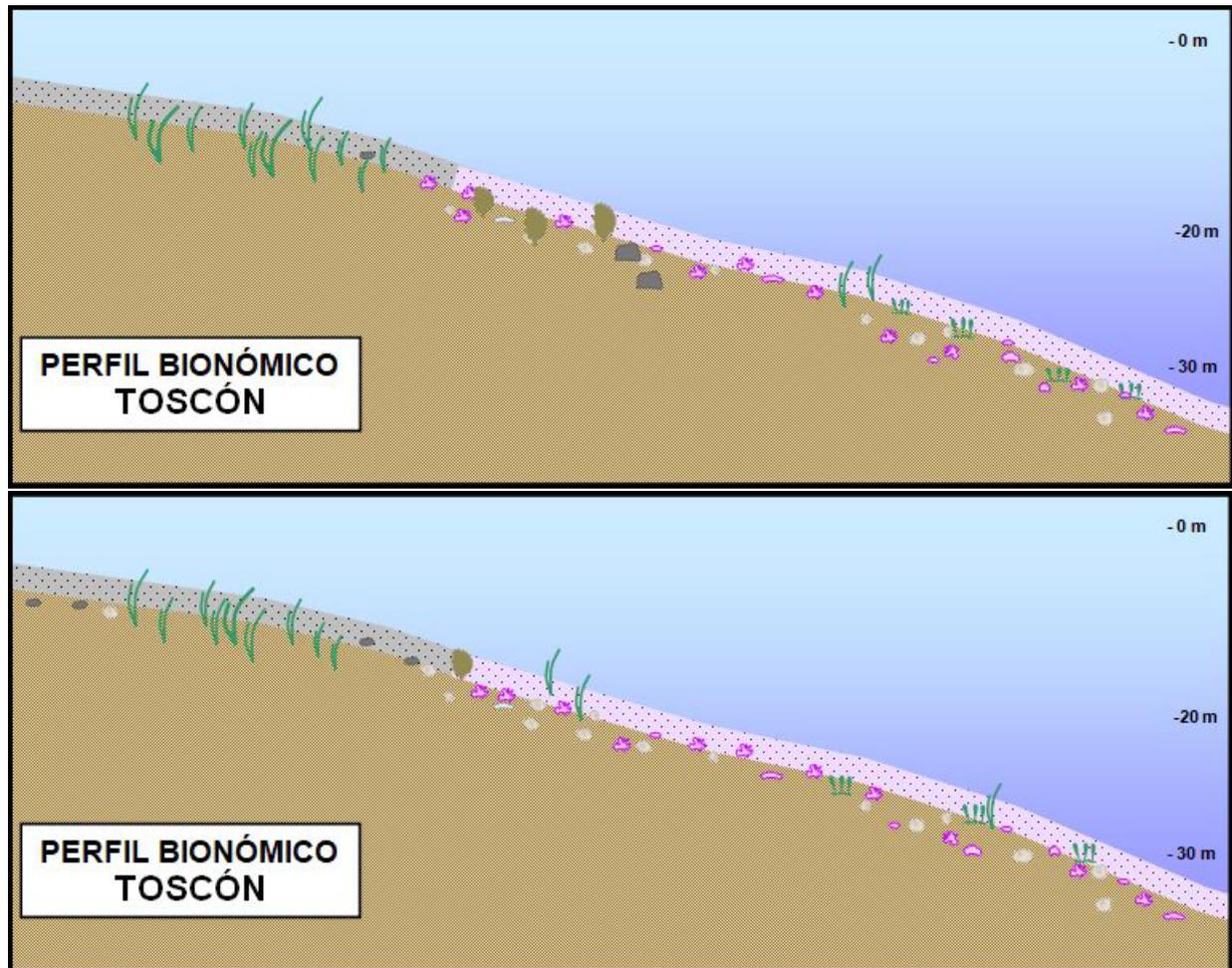


Figura 145. Transecto Toscón 2021. Perfil bionómico invernal y estival (abajo)

#### 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 seabadales del sur de Tenerife en su extremo más próximo al puerto. Al transcurrir siempre en la misma cota aproximada (-15/-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 (Figura 146 a Figura 149).

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.

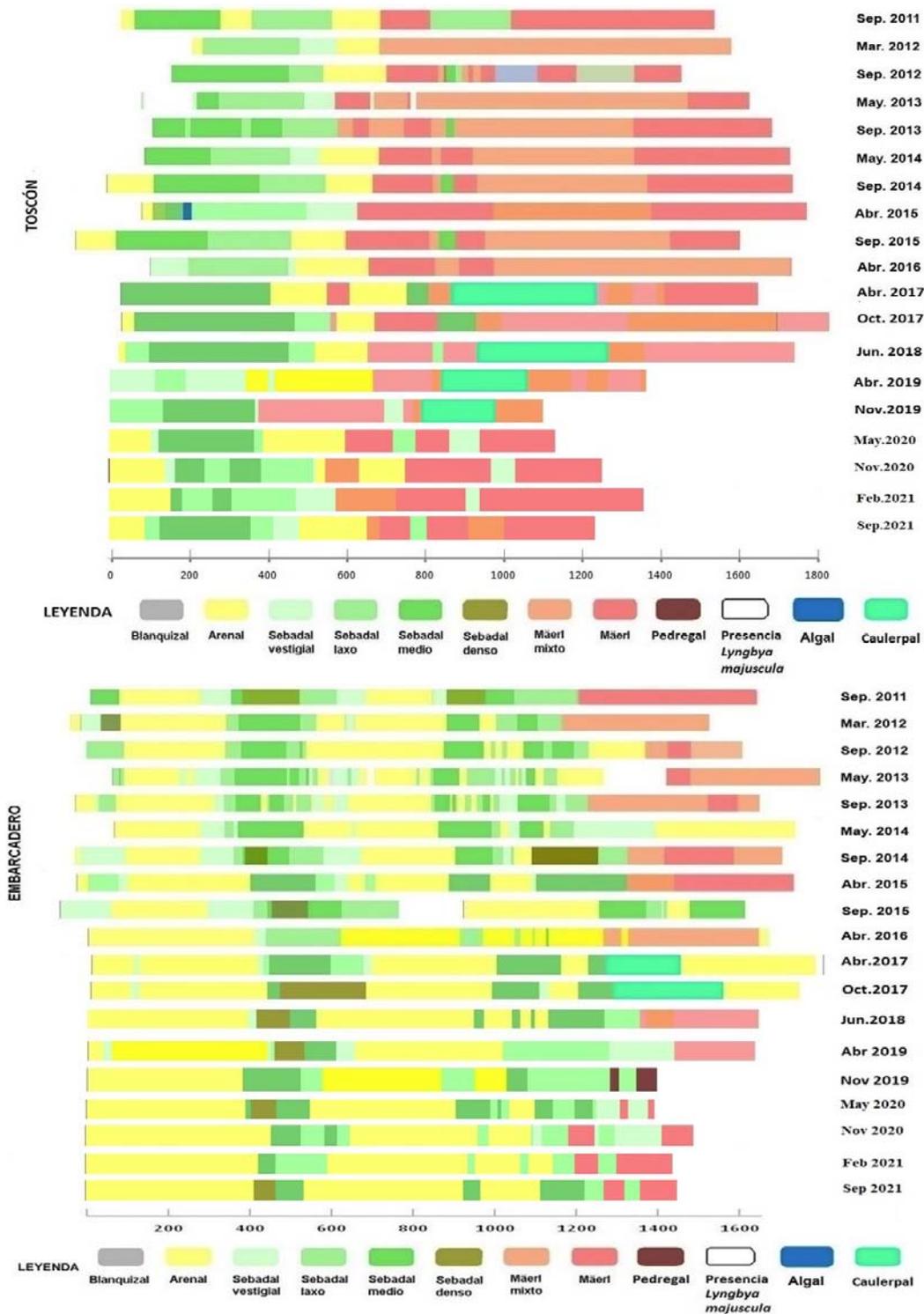


Figura 146. Espectros bionómicos de los transectos realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2021)

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, tanto en el 2019 como en el 2020, 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 2021 se sigue dicha tendencia.

En el transecto Embarcadero, destaca la sustitución del *caulerpal* y de los arenales localizados en 2017 y que, ni en 2018, 2019, 2020, ni 2021 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. Aunque cabe destacar en este 2021 un ligero aumento en la densidad de dicho sebadal.

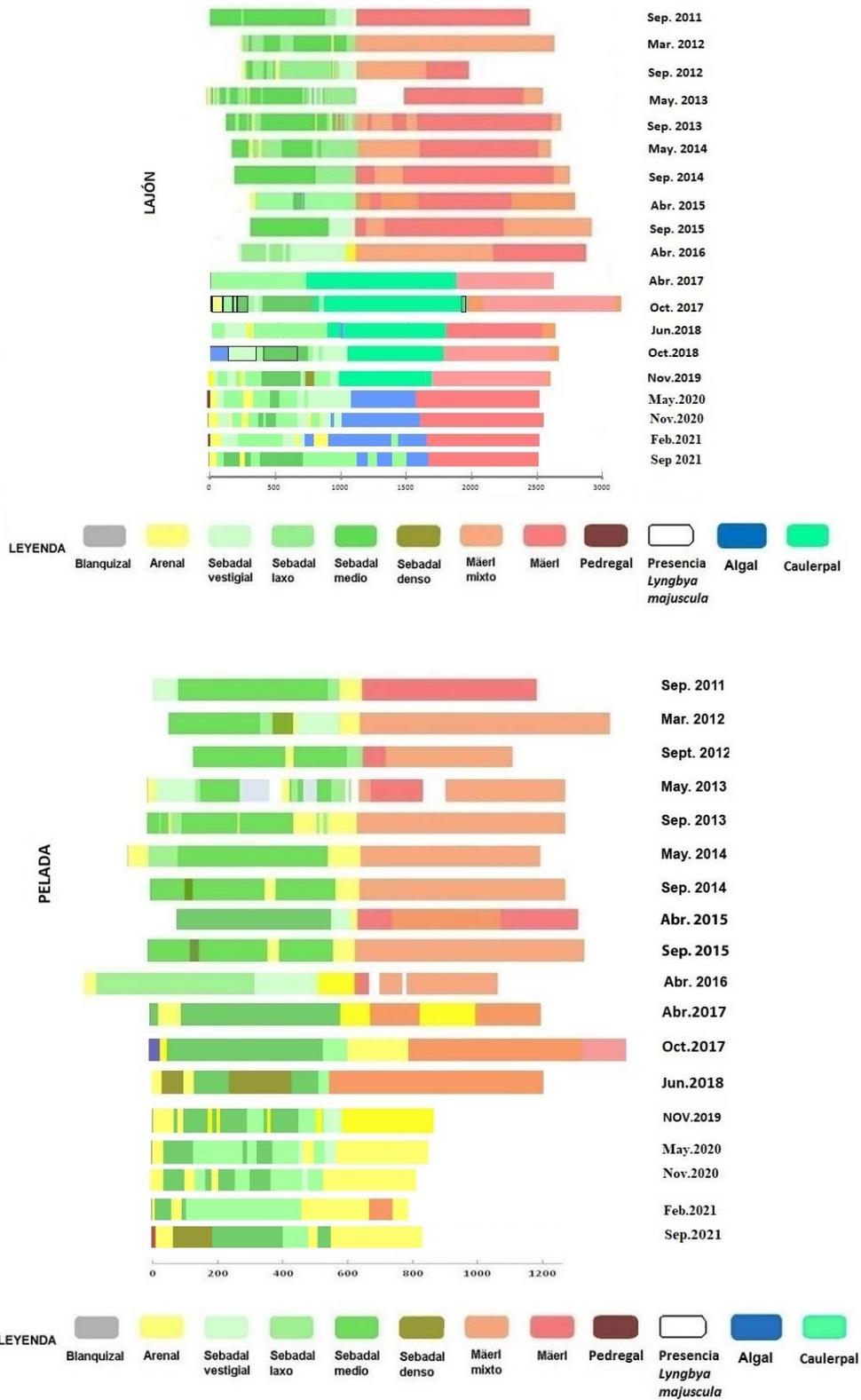


Figura 147. Espectros bionómicos del transecto Lajón y Pelada al sur de Granadilla (2011-2021)

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. Disminuyó en 2019 y ha vuelto a recuperarse en 2020 y especialmente en este 2021. 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 de extensión. Estas algas no han sido detectadas en 2019, pero sin embargo si se detectaron en 2020 y en menor medida en el segundo semestre de 2021 una extensión de algal en medio del transecto. En este fondo tampoco se ha encontrado *Lyngbya sp.*, observada en el año 2018. El caulerpal conocido en torno a los 900 m, detectado en 2018 y 2019, no ha sido observado como tal ni en el 2020 ni en el 2021. Se observa un retroceso en el mismo.

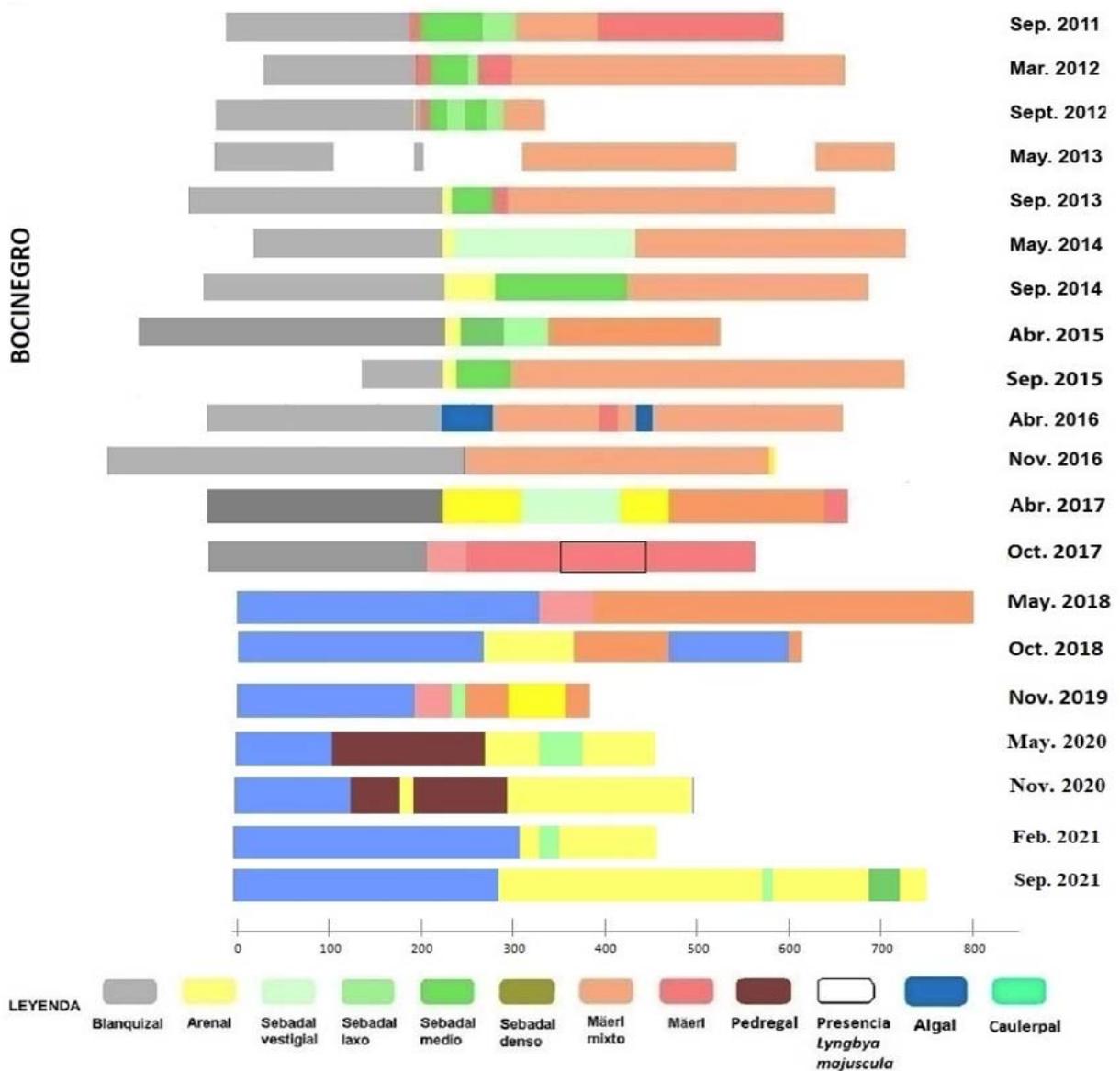


Figura 148. Espectros bionómicos del transecto Bocinegro, el más alejado al sur del puerto de Granadilla (2011-2021)



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. A partir del 2018 la desaparición de *D. africanum* ha dado lugar a la recuperación de los fondos de algas. Aun así, el pequeño sebadal que aparecía una vez rebasado el antiguo blanquizal, siguen sin encontrarse en este año 2021. Se detecta unas pequeñas manchas de sebadal laxo y medio en el final del transecto, que años anteriores no se observaron en igual medida.

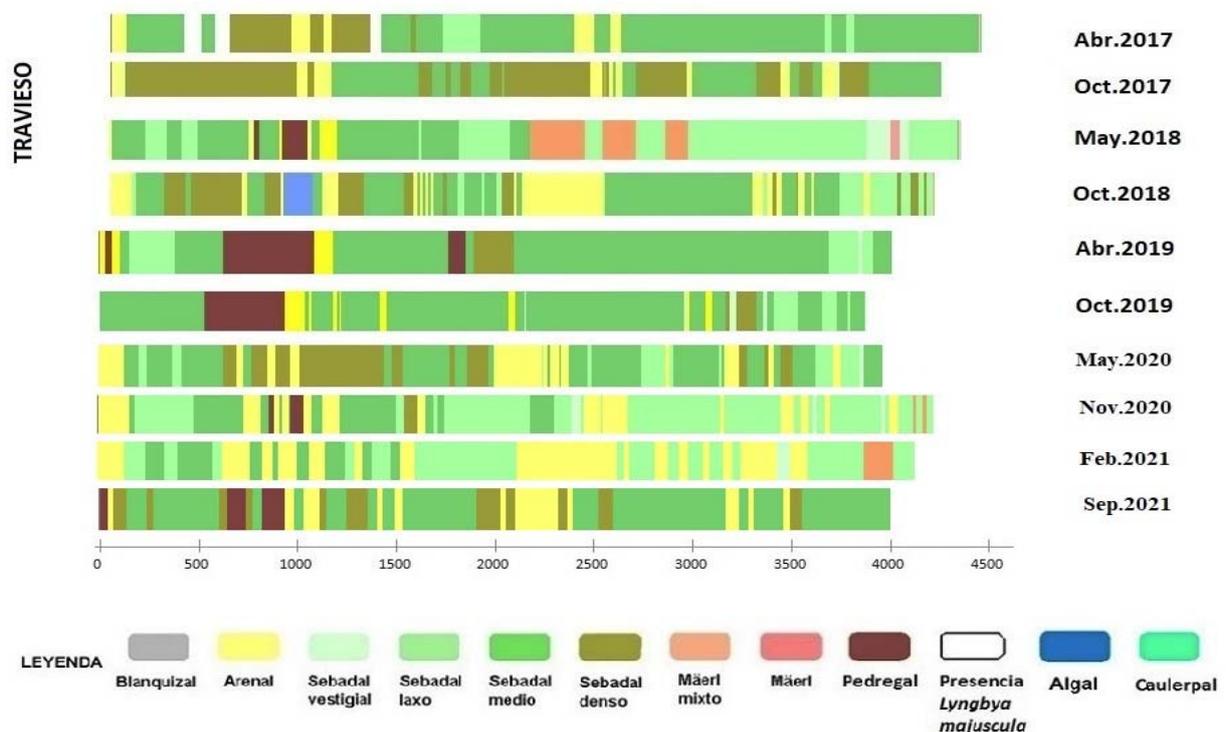


Figura 149. Espectros bionómicos del transecto Travesio (2017-2021)

El transecto Travesio, 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 ligeramente 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 ha comentado. En este año 2021 se sigue misma dinámica.

### 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 se pudo leer en el epígrafe dedicado a la batimetría (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), 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 adquiere actualmente tras la contratación del servicio, a pesar de que esas escenas sean de mayor calidad. También describimos las deficiencias del anterior programa para usar tanto WV2 como WV3 y cómo se contrató mediante procedimiento público de contratación el desarrollo de un nuevo software, proceso culminado en octubre de 2021.

Igual que hicimos con las alteraciones batimétricas, aunque la herramienta no ha terminado de probarse, describimos el procedimiento interino para la generación de cartografía bionómica e incluimos los resultados de la clasificación de una imagen de 2021, del 30 de octubre, junto con los resultados anteriores ya presentados en anteriores informes del OAG, mientras terminan las pruebas y el refinamiento del algoritmo.

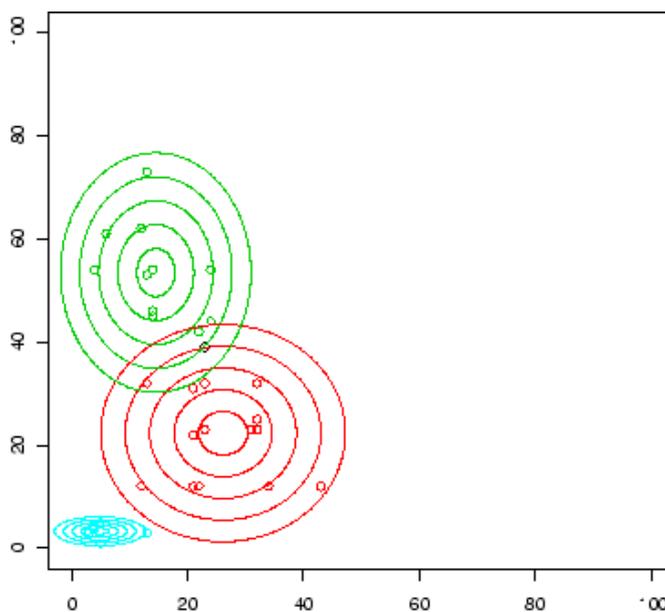
La aplicación (ya presentada en el apartado antes citado) presenta problemas de ejecución precisamente en esta tarea de generación de la cartografía bionómica, por lo que hemos buscado un camino alternativo consistente en aprovechar el nuevo software hasta donde sirve de ayuda (eliminación de la parte terrestre, correcciones radiométrica y atmosférica, eliminación de ruido de superficie del agua y filtrado morfológico) y aplicamos el flujo de trabajo anterior a partir de ese instante.



Los pasos restantes son la incorporación a la imagen del modelado tridimensional del lecho marino para aportar información sobre profundidad y clasificación de la imagen por procedimientos estadísticos, concretamente por el método de máxima verosimilitud, cálculo multivariante que utiliza la media de valores en una celda y su covarianza para estimar el porcentaje de parecido de la celda con las clases tipo definidas (o la probabilidad de que pertenezca a esa clase) y, en caso de encontrar una clase adecuada, le asigna ese valor<sup>19</sup>. La figura representa tres centroides con líneas de isoprobabilidad. Los valores de las celdas se representarían también en la gráfica y caerían (o no) en alguna zona de esas líneas. Donde se cruzan las isolíneas es donde podría haber problemas de clasificación (tomado de<sup>20</sup>).

Al margen de interesantes detalles más profundos de la técnica, diremos que antes de la clasificación se definen los valores que esas clases tienen en el conjunto de variables escogidas. En teledetección estas variables corresponden a cada una de las capas que componen la imagen y que representan la intensidad de los colores y otras radiaciones captadas por la cámara.

El trabajo es defendible hasta profundidades de 25-30 m.



---

<sup>19</sup> (¿Cómo Funciona La Clasificación de Máxima Verosimilitud?—Ayuda | ArcGIS for Desktop n.d.)

<sup>20</sup> (Prácticas de Teledetección: Clasificación n.d.)

### 3.6.7.1 2011

Como situación de referencia se emplea mapa reelaborado con la imagen del 1 de diciembre de 2011 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), 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 150. 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.

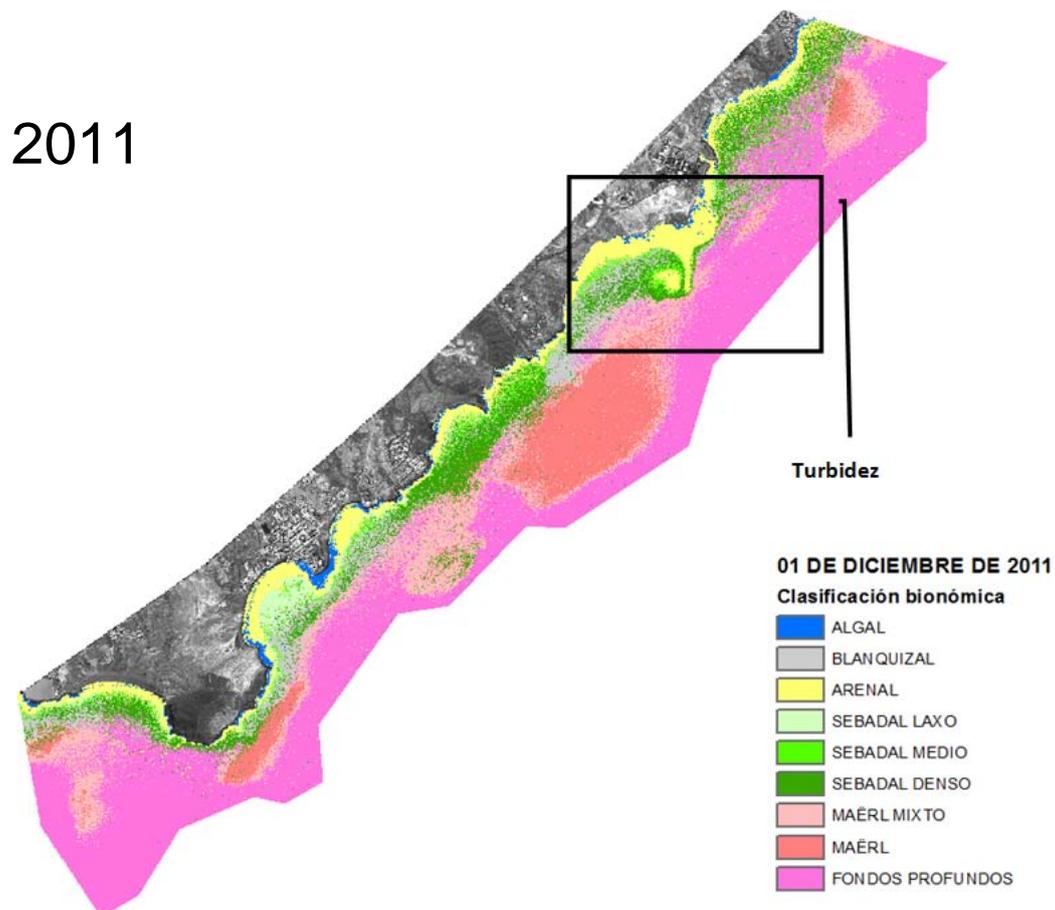


Figura 150. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)



### 3.6.7.2 2013

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.

2013

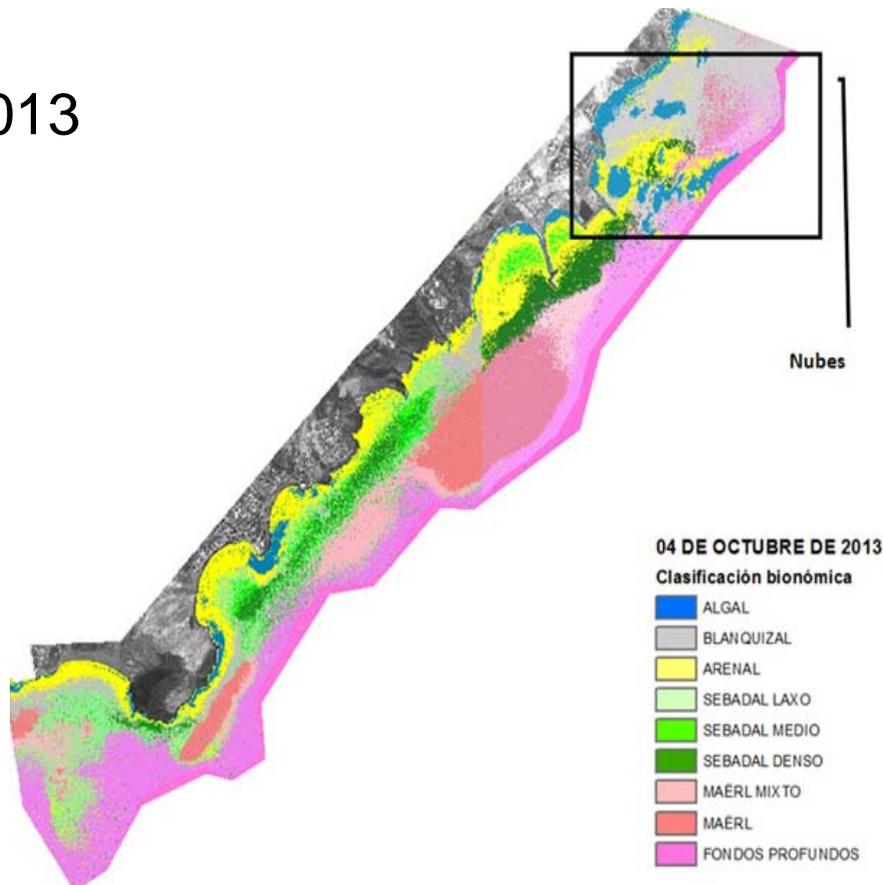


Figura 151. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG)

### 3.6.7.3 2014

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 seabadal 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.

2014

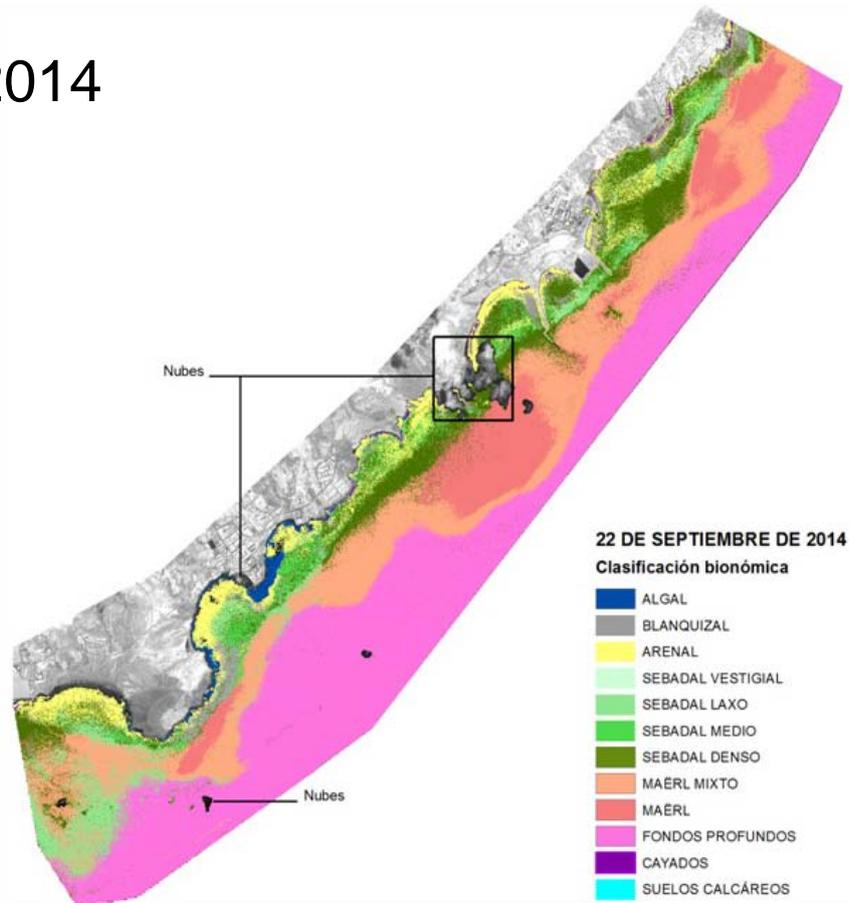


Figura 152. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG)



### 3.6.7.4 2015

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 seabedal 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.

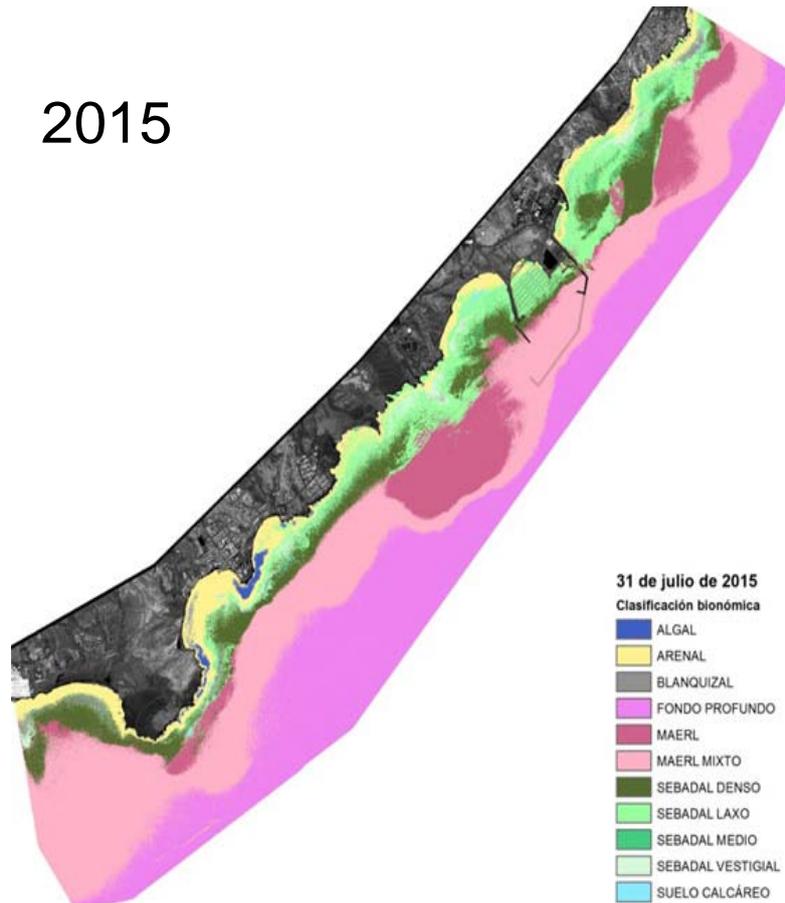


Figura 153. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG)

### 3.6.7.5 2016

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 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

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 154). No obstante, los resultados obtenidos al norte del puerto, donde el 2 de diciembre se extendió una amplia nube de humos generada por la central de UNELCO, parece haber afectado a la interpretación del seabed (le roba intensidad) y es muy posible que la merma en densidad registrada, que llega hasta Tajao, sea en parte engañosa.

2016

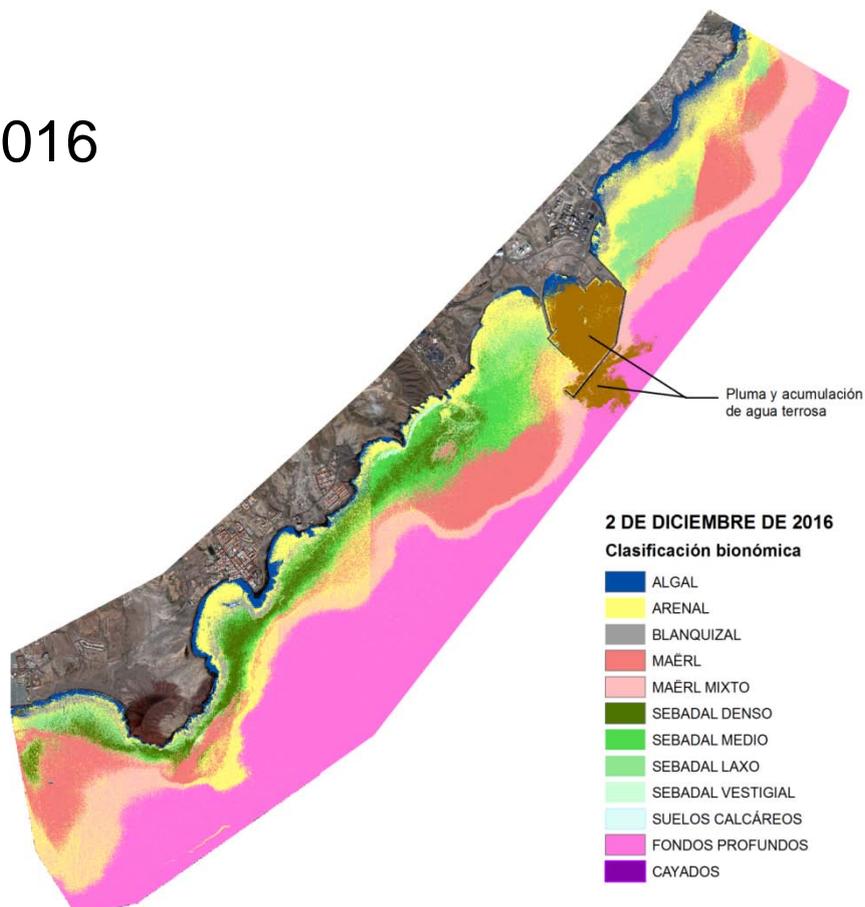


Figura 154. Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG)



### 3.6.7.6 2017

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 seabadal (cota de -20 a -25 metros), en fondos de arena o maerl. 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.

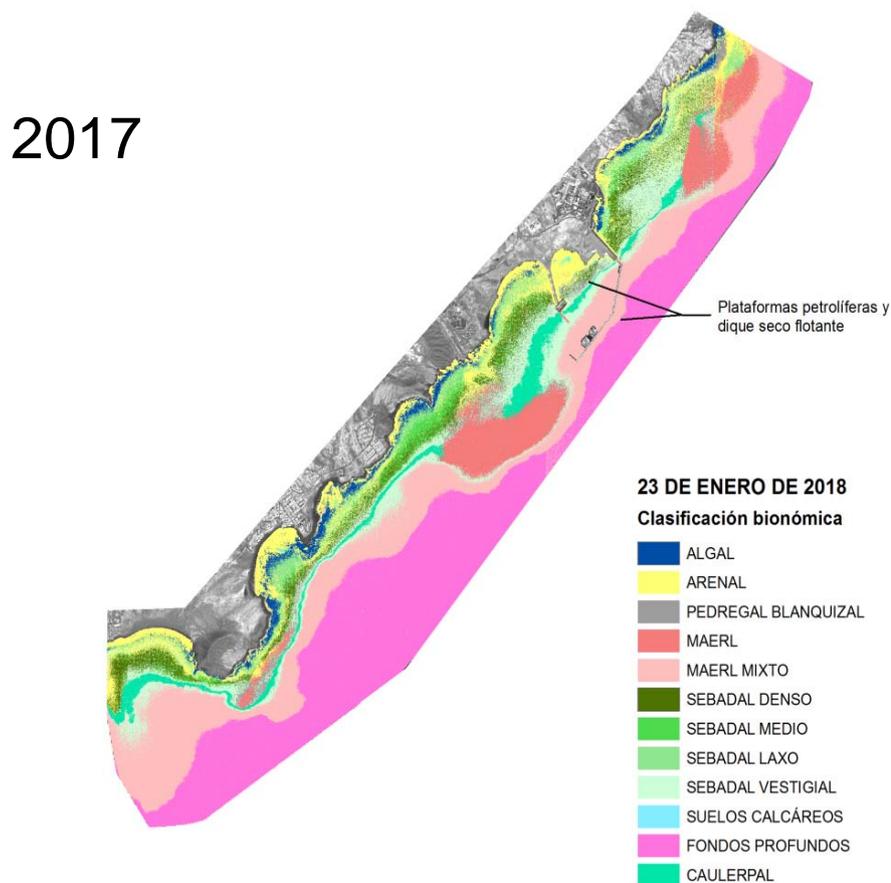


Figura 155. Mapa bionómico de “2017” (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG)

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 35 el resumen de las clases de sebadal en los años 2016, 2017 y 2018.

**Tabla 35. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2018, en ha) de las clases de comunidad de *Cymodocea nodosa***

| 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.



### 3.6.7.7 2018

Puede verse más abajo el mapa correspondiente a abril del año 2018 (Figura 156).

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.

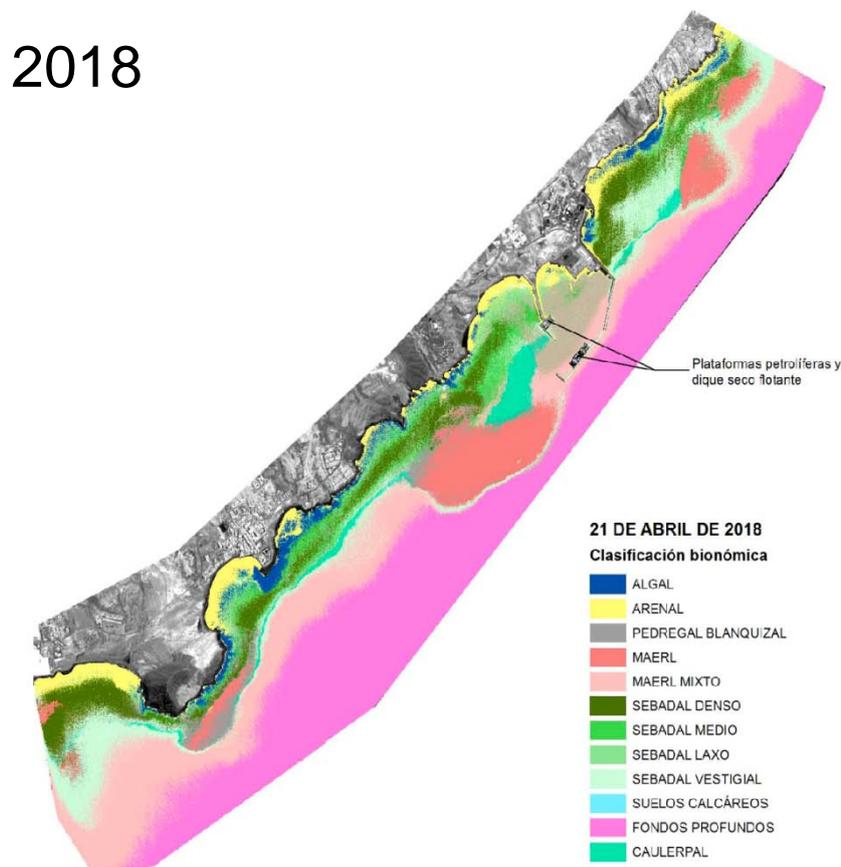


Figura 156. Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. Fuente OAG)

### 3.6.7.8 2019

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 157.

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.

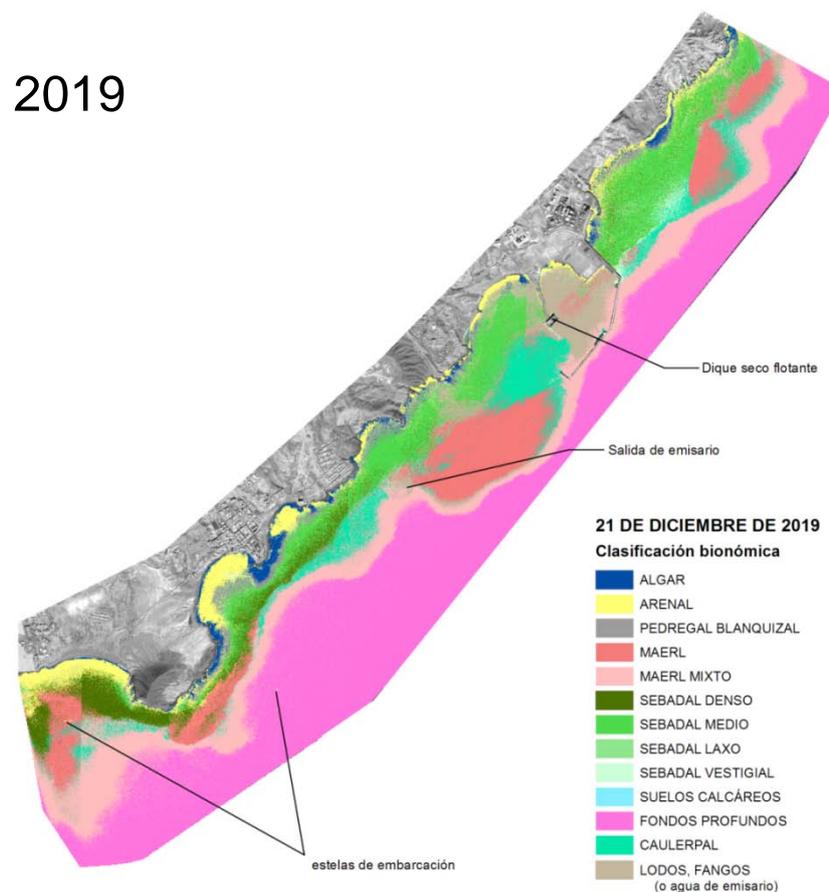


Figura 157. Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. Fuente OAG)



A la luz del trabajo, como se puede ver en la Tabla 36 , 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.

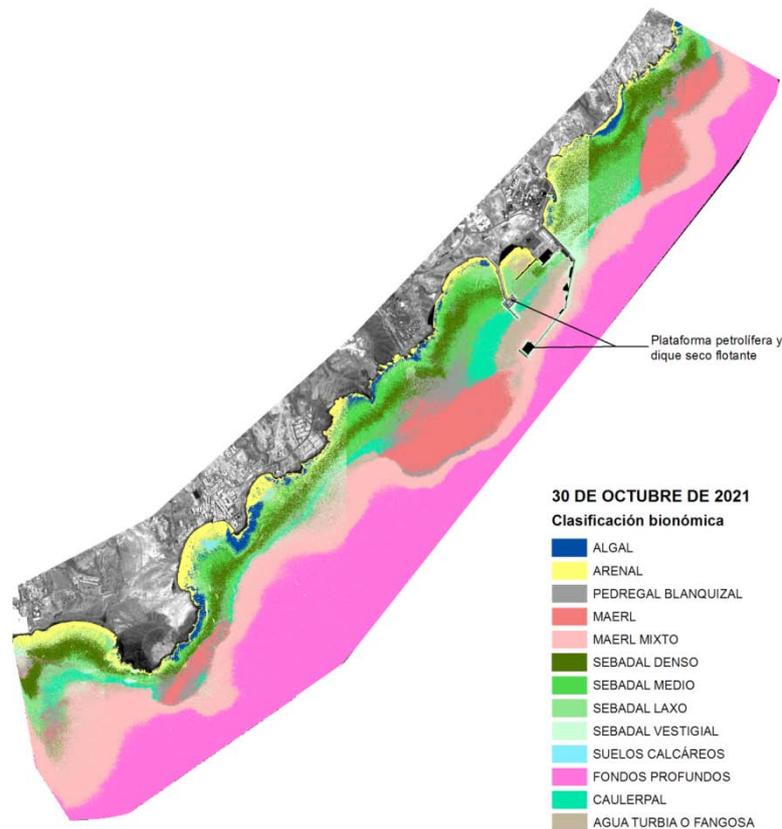
**Tabla 36. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de *Cymodocea nodosa***

| 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 laxo      | 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*, que 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.

### 3.6.7.9 2021

A finales de 2021 se obtuvo la versión operativa del software encargado a la ULPGC, con la cual se han procesado imágenes de archivo y la propia correspondiente a 2021, concretamente la del 30 de octubre. Existe igualmente un análisis de una imagen de diciembre de 2021 pero presenta algunas incertidumbres y a la hora de redactar este informe nos ha parecido que no estaban lo bastante resueltas como para darlo por terminado y aportar el mapa en lugar del de octubre.



Creemos pertinente explicar que el análisis se basa en el tratamiento de imágenes digitales, que están formadas por una malla de celdas contiguas, cada una de las cuales es homogénea. Cada celda tiene asignado un valor de la variable que se representa con la imagen. Igualmente tiene asignadas unas coordenadas en el espacio (en nuestro caso UTM). Cuando se quieren guardar valores y distribuciones de más de una variable, se reserva una malla para cada uno de esos parámetros de modo que todas las mallas se dispongan en capas alineadas. Es lo que se conoce como imagen multispectral. Las fotografías digitales comúnmente usadas tienen tres capas reservadas para los colores rojo, verde y azul.

Además de la posición, intrínsecamente se tiene el área que ocupa la celda y es función de la resolución espacial de la imagen, que viene dada por el tamaño de los lados de la celda. Como son cuadradas en nuestro caso, y en 30/10/2021 cada celda tiene 1'6 m de lado, el área es  $\text{lado}^2 = 1'6\text{m}^2 = 2'56 \text{m}^2$ ,



Centrándonos en los valores numéricos (que resultan de multiplicar el número de celdas por el área de cada celda), en la tabla que sigue exponemos el área de cada clase de sebadal por cada sector de la zona de vigilancia (para ello usamos el método “área tabulada”<sup>21</sup> cruzando los sectores de vigilancia con el bionómico) y luego el total por cada clase:

**Tabla 37. Cómputo de área para cada clase de comunidad de *Cymodocea nodosa* dentro de cada sector del PVA, según clasificación de imagen de satélite de 30 de octubre de 2021.**

| ÁREA POR CLASE Y SECTOR |               |               |              |                   |
|-------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|
| SECTOR                  | SEBADAL DENSO | SEBADAL MEDIO | SEBADAL LAXO | SEBADAL VESTIGIAL |
| Tajao                   | 285.125,12    | 127.480,32    | 40.281,60    | 20.843,52         |
| Tarajal                 | 311.078,40    | 384.104,96    | 23.040,00    | 148.797,44        |
| Mña. Pelada             | 176.404,48    | 219.568,64    | 52.654,08    | 13.701,12         |
| La Jaquita              | 296.657,92    | 348.613,12    | 152.983,04   | 246.755,84        |
| El Médano               | 250.332,16    | 288.289,28    | 116.582,40   | 87.027,20         |
| Camello                 | 63.892,48     | 145.523,20    | 21.969,92    | 326.423,04        |
| La Tejita               | 270.993,92    | 111.536,64    | 194.519,04   | 159.075,84        |
| Puerto                  | 284.720,64    | 491.384,32    | 213.923,84   | 162.437,12        |

A continuación repetimos la tabla comparativa de 2019 pero referida a los años 2017, 2018, 2019 y 2021. Los valores expresan superficie en hectáreas:

**Tabla 38. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de *Cymodocea***

| CLASE             | 2017   | 2018   | 2018 - 2017 | 2019   | 2019 - 2018 | 2021   | 2021 - 2019 |
|-------------------|--------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|
| Sebadal denso     | 122,08 | 460,63 | 338,56      | 101,91 | -358,72     | 193,92 | 92,01       |
| Sebadal medio     | 65,06  | 258,14 | 193,08      | 304,23 | 46,09       | 211,65 | -92,58      |
| Sebadal laxo      | 73,29  | 171,13 | 97,84       | 24,74  | -146,39     | 81,60  | 56,86       |
| Sebadal vestigial | 310,1  | 590,06 | 279,96      | 31,66  | -558,40     | 116,51 | 84,85       |

Aunque deba hacerse el recordatorio de que se trata de un salto de dos años, se registra un aumento de las superficies respecto a 2019 en todas las clases menos en el sebadal medio, aunque no son cambios tan significativos como los habidos entre 2018 y 2019. En el sebadal medio parece haber una merma equivalente a la ganancia de sebadal denso, lo que invita a conjeturar que se trate de un aumento en la vitalidad de la seba dada la fecha de toma de cada imagen, siendo la de 2021 una imagen del verano marino durante el cual la seba está más exuberante. No obstante, una vez definido completamente el flujo de trabajo con el programa

<sup>21</sup> Ver “Área tabulada—Ayuda | ArcGIS Desktop”, <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.6/tools/spatial-analyst-toolbox/tabulate-area.htm>

del GPIT, el OAG producirá un informe que abarque todo el período de imágenes, a las que se aplicará un solo método para no tener, como ahora, resultados conseguidos por procedimientos en la práctica no exactamente homogéneos.

### **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 para intervenir. Ello no es excusa para no estar alerta y no buscar formas de contención o erradicación de cualquier caso detectado. Las medidas a adoptar son imprevisibles, pues dependen de la especie y circunstancias en cuestión, y habrá que desarrollarlas caso por caso. También habrá que tratar de determinar con rigor si se trata de una invasión de mano del ser humano y sus actividades (transporte pasivo) o de una colonización favorecida por el calentamiento de las aguas como consecuencia del cambio climático inducido por aquéllas.

El problema que conlleva el asentamiento de especies invasoras es el desplazamiento de la biodiversidad autóctona, pudiendo causar estragos ecológicos difíciles de combatir pues la erradicación en muchos casos puede ser costosa y complicada y en otros prácticamente imposible. Por ello es fundamental la prevención.

#### **3.6.8.1 Métodos de detección de especies exóticas empleados por el OAG**

##### **3.6.8.1.1 ROV**

En noviembre de 2017 empezaron a entrar plataformas petrolíferas a Granadilla. En 2018 llegó el ROV (*remotely operated vehicle* o sumergible teledirigido) con una cámara incorporada, con el que se comenzó a inspeccionar los diques al ser estas plataformas junto a otras embarcaciones susceptibles de portar especies exóticas potencialmente invasoras en el *fouling* de los cascos. Se ha inspeccionado parte de los cajones pero, para determinados organismos en que su determinación es imprescindible, este método sólo sirve para registrar su ubicación, siendo necesaria su recolección y su estudio.

##### **3.6.8.1.2 Pesca**

Durante el seguimiento de las comunidades intermareales, de peces litorales y de especies bentónicas, pueden detectarse nuevos inquilinos en la costa, si bien esta detección puede no ser suficiente para su determinación específica sin mediar captura. En 2019 se incluyó en el PVA un muestreo de peces adultos pescados mediante caña y mediante nasas de pesca científica cuando fuera necesario. Ya se dispone de las pertinentes autorizaciones para llevar a cabo los muestreos dentro de la dársena.

##### **3.6.8.1.3 Buceo autónomo**

Los datos de presencia o ausencia de las especies se obtienen también durante los muestreos realizados por el OAG incluidos en el PVA, que precisan de equipos de buceo autónomo en todo tipo de fondos (*maërl*, caulerpales, seabadales, arenales, algales fotófilos en roca, blanquiales y sustratos artificiales), en los que se aprovecha vigilar la posible presencia de



posibles especies exóticas macroscópicas, registrando los hallazgos con fotografías y medición de talla y la densidad de los individuos.

#### **3.6.8.1.4 Cámara submarina arrastrada**

Durante la realización de los transectos para el control de la bionomía mediante cámara arrastrada por embarcación y utilizando un software desarrollado por el OAG, también se busca la presencia de especies exóticas a lo largo de los recorridos independientemente del tipo de fondo. Aunque muchas veces es difícil detectar esta presencia 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, en 2018 se consiguió detectar *Macrorhynchia philippina* en el transecto Bocinegro y un hidroideo de similares características en Travieso y El Embarcadero.

#### **3.6.8.2 Especies detectadas en granadilla**

##### **3.6.8.2.1 *Macrorhynchia philippina* Kirchenpauer, 1872**

*Macrorhynchia philippina* es un hidrozoo que puede estar presente en todas las estaciones del año formando colonias con aspecto plumoso y blanquecino de tallos negros y erectos (Kirchenpauer, 1872), que pueden variar desde pocos centímetros a más de 30 (Morri, 1872). Es planctófago (devora plancton), 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. Durante 2022, dada la fuerte expansión detectada por toda la costa de Granadilla y en la ZEC Sebadales del sur de Tenerife, se llevará a cabo una monitorización exhaustiva de la colonización y sus posibles consecuencias, al tener un origen claro en el puerto de Granadilla.

##### **3.6.8.2.2 *Carijoa risei* (Duchassaing & Michelotti, 1860)**

Esta especie es conocida comúnmente como “coral copo de nieve” y ha sido reportada como una especie invasora y amenaza para la biodiversidad y economía del Archipiélago de Hawaii (Kahng and Grigg 2005).

*Carijoa risei* es una especie invasora muy agresiva, que ha logrado dispersarse por las principales islas de Hawái, EE.UU., desplazando a especies nativas y afectando principalmente a las colonias de coral negro ((Kahng and Grigg 2005). Aparte de Hawái, también ha sido reportada como nueva amenaza en la reserva de la biosfera de las islas del Golfo de Mannar en la India (Padmakumar et al. 2011) y en la isla Malpelo, Colombia (Sánchez et al. 2011).

Se trata de una especie con altas probabilidades de expansión si las condiciones le favorecen. Crece muy bien en aguas turbias con sedimento en suspensión. Puede reproducirse sexualmente como hermafrodita (dos sexos en el mismo individuo) o mediante sexos separados; y asexualmente por propagación vegetativa. De esta última forma también se expande rápidamente y compite por el espacio, desplazando a otros organismos. Al contrario que la especie anterior, su expansión por la costa de Granadilla y por la ZEC colindante no es tan patente, en parte por su predilección por ambientes umbrófilos. Se ha detectado en Marina San Miguel con posterioridad a su hallazgo en el puerto de Granadilla.

### 3.6.9 Efecto arrecife artificial

El EIA considera el efecto arrecife como un impacto positivo de la nueva infraestructura. Se esperaba el desarrollo de nuevas comunidades vinculadas al sustrato sólido de las escolleras y muros del puerto y así ha sido. Así mismo, el contradique ha dejado una zona aplacerada en su lado sur, al socaire de los fuertes vientos reinantes, propiciando el refugio de especies protegidas como las mantellinas (*Gymnura altavela*) y angelotes (*Squatina squatina*).

### 3.6.10 Contaminación en organismos marinos

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



*Paracentrotus lividus*



*Diadema africanum*

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

Como valores de referencia, hasta ahora, se han tomado los promedios obtenidos por el Observatorio entre el 28 de noviembre y el 12 de diciembre de 2011 (Tabla 39). 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<sup>22</sup>, SEMALL<sup>23</sup>).

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

En 2020, las muestras recogidas en el primer semestre fueron extraviadas por la empresa transportista del laboratorio adjudicatario de las analíticas por lo que no pudo ser posible la determinación de las mismas. La empresa presenta al OAG informe justificativo de dicha anomalía, exigiéndose responsabilidades. Así mismo, en el segundo semestre del 2020 se detecta únicamente erizos en las estaciones TGr03 y TGr24. Son las dos estaciones situadas al norte del puerto, las usadas como control.

**Tabla 39. 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       | $\mu\text{gr}/\text{kg}$ | $\mu\text{gr}/\text{kg}$ | mg/kg        | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg      | mg/kg      | mg/kg      | mg/kg       |
| <b>Referencia (2011)</b> |                    | <b>4,41</b> | <b>0</b>                 | <b>11,9</b>              | <b>16,6</b>  | <b>0,05</b> | <b>6,03</b> | <b>0</b>   | <b>3,8</b> | <b>180</b> | <b>5,94</b> |
| <b>PRIMER SEMESTRE</b>   | 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         |
|                          | <b>Promedio</b>    | ---         | <b>0</b>                 | <b>1,8</b>               | <b>134,5</b> | <b>3,8</b>  | <b>0,1</b>  | <b>2,1</b> | <b>0,5</b> | <b>1,1</b> | <b>0,2</b>  |
| <b>Mediana</b>           |                    |             | <b>2,0</b>               | <b>119,7</b>             | <b>3,6</b>   | <b>0,1</b>  | <b>2,0</b>  | <b>0,7</b> | <b>1,2</b> | <b>0,2</b> |             |
| <b>OSE</b>               | TGr03 La Jaca      | ---         | 0                        | 2,2                      | 177,2        | 2,2         | 0,1         | 3,1        | 5,2        | 1,1        | 0,1         |

<sup>22</sup> 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]

<sup>23</sup> 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.

|                    |     |          |            |              |            |            |            |            |            |            |
|--------------------|-----|----------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 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        |
| <b>Promedio</b>    | --- | <b>0</b> | <b>1,6</b> | <b>122,1</b> | <b>2,6</b> | <b>0,2</b> | <b>2,5</b> | <b>1,8</b> | <b>0,7</b> | <b>0,0</b> |
| <b>Mediana</b>     |     | <b>0</b> | <b>1,8</b> | <b>136,1</b> | <b>3,3</b> | <b>0,1</b> | <b>2,1</b> | <b>0,6</b> | <b>0,9</b> | <b>0,1</b> |

Tabla 40. 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       |
| <b>Referencia (2011)</b> |                    | <b>4,41</b> | <b>0</b>    | <b>11,9</b> | <b>16,6</b> | <b>0,05</b> | <b>6,03</b> | <b>0</b>    | <b>3,8</b>  | <b>180</b>  | <b>5,94</b> |
| 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        |
|                          | <b>Promedio</b>    | ---         | <b>0</b>    | <b>1,51</b> | <b>169</b>  | <b>2,62</b> | <b>0,48</b> | <b>2,61</b> | <b>1,76</b> | <b>0,96</b> | <b>0,41</b> |
| <b>Mediana</b>           |                    |             | <b>1,76</b> | <b>127</b>  | <b>2,15</b> | <b>0,43</b> | <b>2,5</b>  | <b>1,65</b> | <b>0,95</b> | <b>0,4</b>  |             |
| 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        |
|                          | <b>Promedio</b>    | ---         | <b>0</b>    | <b>1,75</b> | <b>62</b>   | <b>1,74</b> | <b>0,37</b> | <b>1,91</b> | <b>2,78</b> | <b>1,08</b> | <b>0,91</b> |
| <b>Mediana</b>           | ---                | <b>0</b>    | <b>1,81</b> | <b>61,7</b> | <b>1,85</b> | <b>0,21</b> | <b>1,9</b>  | <b>0,89</b> | <b>1,11</b> | <b>0,66</b> |             |



Tabla 41. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2020 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior)

| MUESTRAS 2020            |                    | HT   | PAHs        | HLL         | Zn          | Cd           | Pb           | Cu           | Ni           | Cr           | Hg          |
|--------------------------|--------------------|--|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Unidades                 |                    | µgr/kg   | µgr/kg      | µgr/kg      | mg/kg       | mg/kg        | mg/kg        | mg/kg        | mg/kg        | mg/kg        | mg/kg       |
| <b>Referencia (2011)</b> |                    | <b>4,41</b>  | <b>0</b>    | <b>11,9</b> | <b>16,6</b> | <b>0,05</b>  | <b>6,03</b>  | <b>0</b>     | <b>3,8</b>   | <b>180,3</b> | <b>5,94</b> |
| <b>PRIMER SEMESTRE</b>   | TGr03 San Felipe   | MUESTREO REALIZADO. MUESTRAS EXTRAVIADAS POR LA EMPRESA DE TRANSPORTE DE LA SUBCONTRATA. |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | TGr06 Embarcadero  |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | TGr12 Punta Tancón |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | TGr16 Rajita       |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | TGr17 Punta Brava  |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | TGr20 Bocinegro    |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | TGr23 Montaña Roja |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | TGr24 Las Lisas    |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
|                          | <b>Promedio</b>    |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
| <b>Mediana</b>           |                    |  |             |             |             |              |              |              |              |              |             |
| <b>SEGUNDO SEMESTRE</b>  | TGr03 San Felipe   | ---  | 0           | 2,19        | 100,4       | 2,38         | 0,61         | 2,89         | 1,57         | 0,91         | 0           |
|                          | TGr06 Embarcadero  | ---  | 0           | ---         | ---         | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---         |
|                          | TGr12 Punta Tancón | ---  | 0           | ---         | ---         | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---         |
|                          | TGr16 Rajita       | ---  | 0           | ---         | ---         | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---         |
|                          | TGr17 Punta Brava  | ---  | 0           | ---         | ---         | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---         |
|                          | TGr20 Bocinegro    | ---  | 0           | ---         | ---         | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---         |
|                          | TGr23 Montaña Roja | ---  | 0           | ---         | ---         | ---          | ---          | ---          | ---          | ---          | ---         |
|                          | TGr24 Las Lisas    | ---  | 0           | 1,65        | 34          | 1,39         | 0,88         | 2,24         | 1,12         | 0,86         | 0           |
|                          | <b>Promedio</b>    | ---  | <b>0</b>    | <b>1,92</b> | <b>67,2</b> | <b>1,89</b>  | <b>0,745</b> | <b>2,565</b> | <b>1,345</b> | <b>0,885</b> | <b>0</b>    |
| <b>Mediana</b>           | ---                | <b>0</b>   | <b>1,92</b> | <b>67,2</b> | <b>1,89</b> | <b>0,745</b> | <b>2,565</b> | <b>1,345</b> | <b>0,885</b> | <b>0</b>     |             |

Tabla 42. Contaminación en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla, año 2021 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior)

| MUESTRAS 2021            |                    | PAHs        | HLL           | Zn            | Cd          | Pb          | Cu          | Ni          | Cr           | Hg          |
|--------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Unidades                 |                    | μgr/kg      | μgr/kg        | mg/kg         | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg        | mg/kg       |
| <b>Referencia (2011)</b> |                    | <b>0</b>    | <b>11,9</b>   | <b>16,6</b>   | <b>0,05</b> | <b>6,03</b> | <b>0</b>    | <b>3,8</b>  | <b>180,3</b> | <b>5,94</b> |
| PRIMER SEMESTRE          | TGr03 San Felipe   | 0           | 1,96          | 154,1         | 3,21        | 0,14        | 2,04        | 0,54        | 0,64         | 0,02        |
|                          | TGr06 Embarcadero  | 0           | ---           | ---           | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---         |
|                          | TGr12 Punta Tancón | 0           | ---           | ---           | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---         |
|                          | TGr16 Rajita       | 0           | 1,8           | 40            | 0,59        | 0,18        | 1,39        | 1,14        | 0,37         | 0,06        |
|                          | TGr17 Punta Brava  | 0           | 2,23          | 140,3         | 3,95        | 0,67        | 2,34        | 5,67        | 1,85         | 0,04        |
|                          | TGr20 Bocinegro    | 0           | ---           | ---           | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---         |
|                          | TGr23 Montaña Roja | 0           | ---           | ---           | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---         |
|                          | TGr24 Las Lisas    | 0           | 2,06          | 64,5          | 1,6         | 1,64        | 1,16        | 0,49        | 0,27         | 0,02        |
|                          | <b>Promedio</b>    | <b>0</b>    | <b>2,01</b>   | <b>99,73</b>  | <b>2,34</b> | <b>0,66</b> | <b>1,73</b> | <b>1,96</b> | <b>0,78</b>  | <b>0,04</b> |
| SEGUNDO SEMESTRE         | TGr03 San Felipe   | 0           | 1,7           | 139,1         | 3,58        | 0,56        | 1,85        | 0,53        | 0,82         | 0,03        |
|                          | TGr06 Embarcadero  | 0           | 1,92          | 52,3          | 0,59        | 0,48        | 3,22        | 1,63        | 1,84         | 0,08        |
|                          | TGr12 Punta Tancón | 0           | 1,5           | 92            | 2,44        | 4,12        | 4,29        | 3,97        | 2,7          | 0,05        |
|                          | TGr16 Rajita       | 0           | 1,75          | 79,1          | 0,67        | 0,79        | 2,8         | 5,63        | 1,45         | 0           |
|                          | TGr17 Punta Brava  | 0           | ---           | ---           | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---         |
|                          | TGr20 Bocinegro    | 0           | 1,84          | 147,4         | 5,57        | 1,03        | 2,5         | 1,69        | 1,23         | 0,06        |
|                          | TGr23 Montaña Roja | 0           | ---           | ---           | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---         |
|                          | TGr24 Las Lisas    | 0           | 1,78          | 199,5         | 3,48        | 0,43        | 1,98        | 0,08        | 0,2          | 0           |
|                          | <b>Promedio</b>    | <b>0</b>    | <b>1,75</b>   | <b>118,23</b> | <b>2,72</b> | <b>1,24</b> | <b>2,77</b> | <b>2,26</b> | <b>1,37</b>  | <b>0,04</b> |
| <b>Mediana</b>           | <b>0</b>           | <b>1,77</b> | <b>115,55</b> | <b>2,96</b>   | <b>0,68</b> | <b>2,65</b> | <b>1,66</b> | <b>1,34</b> | <b>0,04</b>  |             |



**Tabla 43. 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.**

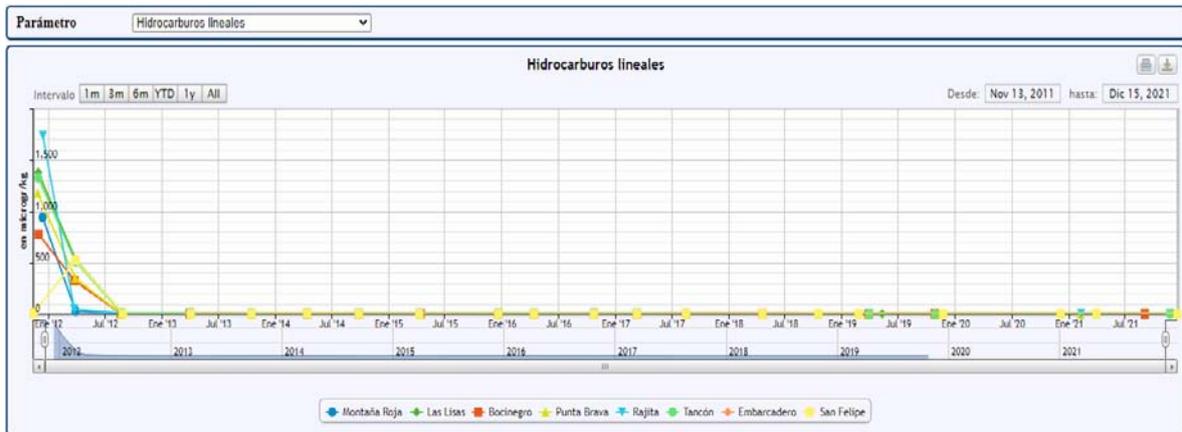
| METALES EN ERIZOS                          | V (mg/kg)  |        | Zn (mg/kg) |        | Cu (mg/kg) |        | Ni (mg/kg) |        | Cr (mg/kg)  |        |
|--|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|-------------|--------|
|  | May-09     | Sep-09 | May-09     | Sep-09 | May-09     | Sep-09 | May-09     | Sep-09 | May-09      | Sep-09 |
| Mes-año muestreo                           |            |        |            |        |            |        |            |        |             |        |
| <b>ESTACIÓN PUNTA CAZONES</b>              |            |        |            |        |            |        |            |        |             |        |
| 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        |        |
| <b>ESTACIÓN PUNTA NEGRA</b>                |            |        |            |        |            |        |            |        |             |        |
| 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         |        |
| <b>ESTACIÓN ESCOLLERA CENTRAL (=TGr06)</b> |            |        |            |        |            |        |            |        |             |        |
| 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         |        |
| <b>ESTACIÓN PUNTA CAMELLO</b>              |            |        |            |        |            |        |            |        |             |        |
| 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        |        |
| <b>ESTACIÓN PUNTA DE VIDRIO (=TGr12)</b>   |            |        |            |        |            |        |            |        |             |        |
| 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.

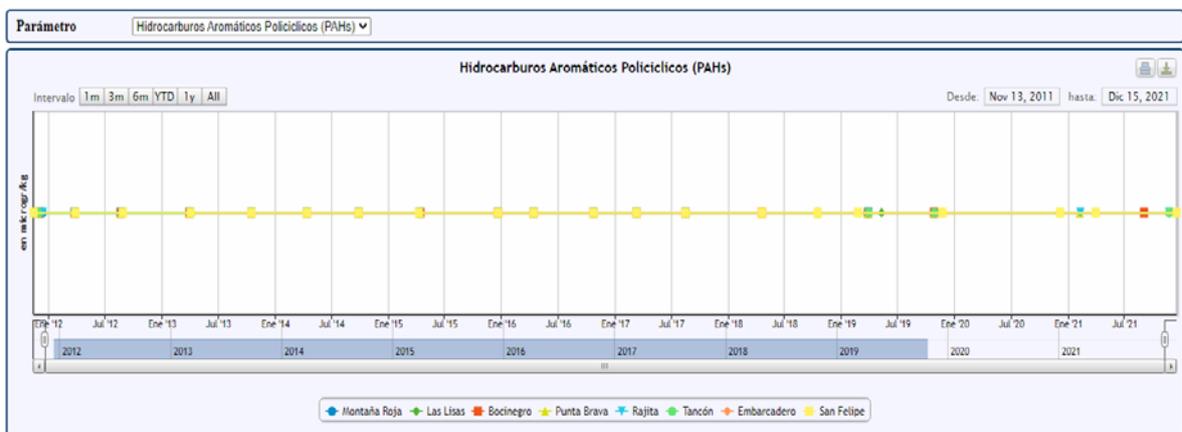


**Figura 158. Hidrocarburos lineales (gr/kg) en gónadas de Diadema en de Granadilla (2011-2021)**

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 158). 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 159).



**Figura 159. Ausencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en gónadas de *Diadema africanaum***

### 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<sup>24</sup> 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 donde se mantiene estable respecto al año 2017. Además, en la estación de San Felipe se detecta un incremento repentino en las concentraciones de níquel del segundo semestre, alcanzando valores equivalentes a los detectados en 2011 (> 5 mg/kg)

En el año 2020 únicamente se dispone de datos de dos estaciones y de un semestre. Continúa la tendencia del 2019 de los valores del Zn, Cd y Cu. Si se comparan con los valores de referencia del 2011, únicamente han sido superados para el Zn el Cd y el Cu. En la Tabla 44 se muestran los valores máximos obtenidos para cada uno de los metales.

**Tabla 44. Valores pico obtenidos para los distintos metales en muestreos de 2019, 2020 y 2021**

| <i>Metales en erizos 2019</i> | <i>Zn (mg/kg)</i> |        | <i>Cd (mg/kg)</i> |        | <i>Pb (mg/kg)</i> |        | <i>Cu (mg/kg)</i> |        |        |
|-------------------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|--------|
| <b>Valores Pico (mg/kg)</b>   | 347,20            | 322,2  | 5,80              | 5      | 0,97/0,49         | 0,49   | 3,40              | 3,00   | 3,00   |
| <b>Estación</b>               | TGr06             | TGr24  | TGr17             | TGr24  | TGr20             | TGr24  | TGr20             | TGr24  | TGr06  |
| <b>Fecha muestreo (2019)</b>  | 22-feb            | 09-may | 26-mar            | 09-may | 26-mar            | 09-may | 26-mar            | 09-may | 22-feb |
| <i>Metales en erizos 2019</i> | <i>Ni (mg/kg)</i> |        | <i>Cr (mg/kg)</i> |        | <i>Hg (mg/kg)</i> |        |                   |        |        |
| <b>Valores Pico (mg/kg)</b>   | 7,74              | 7,73   | 1,52              | 1,49   | 2,26              | 1,08   |                   |        |        |
| <b>Estación</b>               | TGr23             | TGr12  | TGr23             | TGr12  | TGr23             | TGr20  |                   |        |        |
| <b>Fecha muestreo (2019)</b>  | 26-oct            | 26-oct | 26-oct            | 26-oct | 26-oct            | 25-oct |                   |        |        |

| <i>Metales en erizos 2021</i> | <i>Zn (mg/kg)</i> |        | <i>Cd (mg/kg)</i> |        | <i>Pb (mg/kg)</i> |        | <i>Cu (mg/kg)</i> |        |
|-------------------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| <b>Valores Pico (mg/kg)</b>   | 100,40            | 34     | 2,38              | 1,39   | 0,88              | 0,61   | 2,89              | 2,24   |
| <b>Estación</b>               | TGr03             | TGr24  | TGr03             | TGr24  | TGr24             | TGr03  | TGr03             | TGr24  |
| <b>Fecha muestreo (2020)</b>  | 04-dic            | 04-dic | 04-dic            | 04-dic | 04-dic            | 04-dic | 04-dic            | 04-dic |
| <i>Metales en erizos 2020</i> | <i>Ni (mg/kg)</i> |        | <i>Cr (mg/kg)</i> |        | <i>Hg (mg/kg)</i> |        |                   |        |
| <b>Valores Pico (mg/kg)</b>   | 1,57              | 1,12   | 0,91              | 0,86   | 0,00              | 0      |                   |        |
| <b>Estación</b>               | TGr03             | TGr24  | TGr03             | TGr24  | TGr03             | TGr24  |                   |        |
| <b>Fecha muestreo (2020)</b>  | 04-dic            | 04-dic | 04-dic            | 04-dic | 04-dic            | 04-dic |                   |        |

<sup>24</sup> 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.

|                               |                   |        |                   |        |                   |        |        |        |
|-------------------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|--------|--------|
| <b>Valores Pico (mg/kg)</b>   | 199,50            | 154,1  | 5,57              | 3,95   | 4,12              | 1,64   | 4,29   | 3,22   |
| <b>Estación</b>               | TGr24             | TGr03  | TGr20             | TGr17  | TGr12             | TGr24  | TGr12  | TGr06  |
| <b>Fecha muestreo (2021)</b>  | 15-dic            | 29-mar | 01-sep            | 06-feb | 21-nov            | 29-mar | 21-nov | 15-dic |
| <b>Metales en erizos 2021</b> | <b>Ni (mg/kg)</b> |        | <b>Cr (mg/kg)</b> |        | <b>Hg (mg/kg)</b> |        |        |        |
| <b>Valores Pico (mg/kg)</b>   | 5,67              | 5,63   | 1,85              | 1,84   | 0,08              | 0,06   |        |        |
| <b>Estación</b>               | TGr17             | TGr16  | TGr17             | TGr06  | TGr06             | TGr16  |        |        |
| <b>Fecha muestreo (2021)</b>  | 06-feb            | 21-nov | 06-feb            | 15-dic | 15-dic            | 08-feb |        |        |

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 23) con los de las tablas, 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, cobre y cadmio que tanto para el 2018, 2019 y 2020, 2021 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.

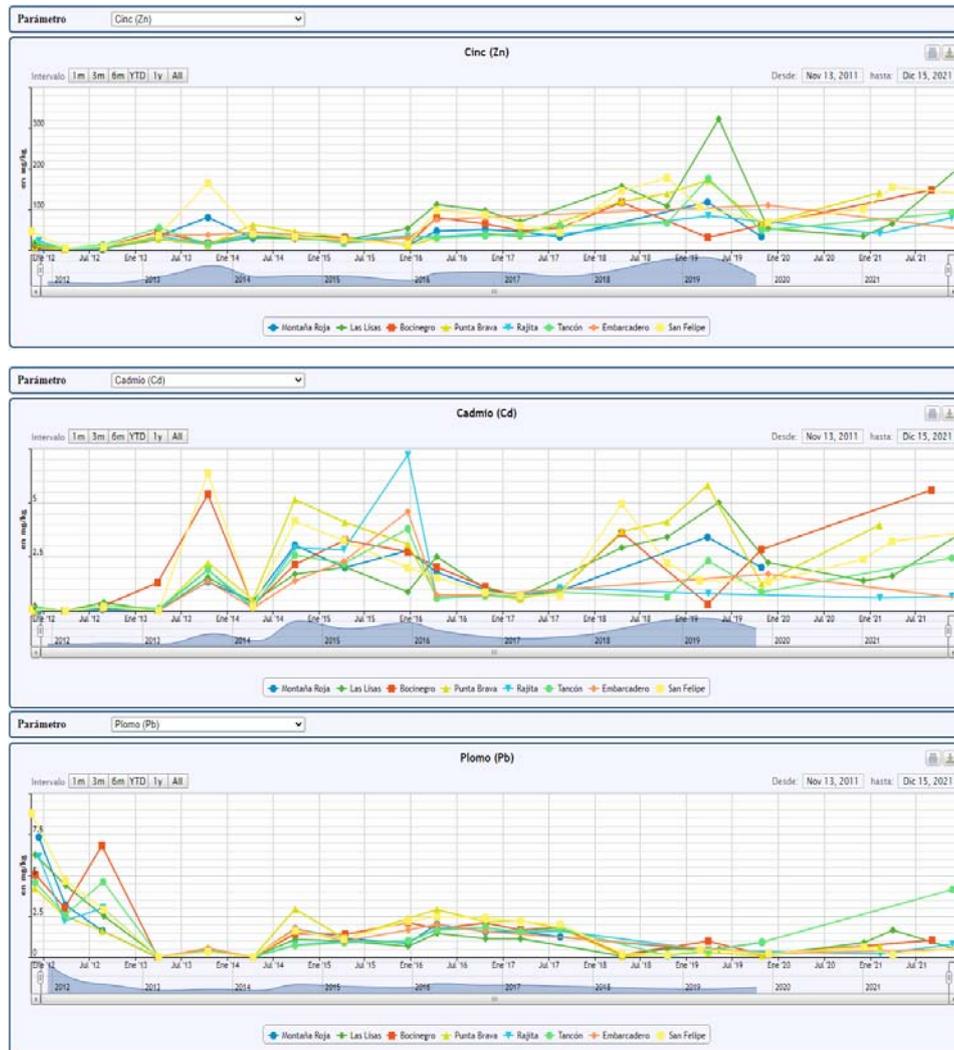
De las 5 estaciones muestreadas para el informe que la empresa Unelco encargó al SEMALL, únicamente dos se corresponden exactamente con el lugar de recolecta de erizos que se realiza actualmente. Son la estación “Escollera central” que se correspondería con la TGr06 “Embarcadero” y la estación “Punta de Vidrio” que sería la actual TGr12 “Tancón”. Para el 2020 dichos los datos de estas estaciones, arrojaban valores inferiores, a excepción del cinc y, puntualmente, en una de las mediciones, de níquel (TGr23 Montaña Roja = 7,74 mg/kg). Para el 2021 los valores, comparando ambas estaciones, son inferiores en todos los metales, a excepción del Cu en el 2º semestre de 2021 en la TGr12 de 4,29 mg/kg, valor muy próximo a los obtenidos en los muestreos realizados por el SEMALL.

Para el 2020 ha sido imposible comparar estaciones por el extravío de las muestra y por la no presencia de erizos en muchas de las estaciones. Únicamente se podría comparar los valores de Zn como de Cu, que están en menor concentración en las dos estaciones determinadas en el 2020.

Respecto al 2021 destacar para la TGr12 Punta Tancón los valores elevados de Cu y Ni, valores por encima de los límites de referencia establecidos en el 2011, pero por debajo de los valores comparados del SEMALL. Así mismo para la misma estación, destacar también los valores de Pb que subieron repentinamente para este año. Ver Figura 160, Figura 161, Figura 162. Se han obtenido valores altos para el Ni de las estaciones TGr16 Rajita y TGr17 Punta brava (valores ligeramente superiores a 5 mg/kg, por encima de los límites detectados tanto en muestreos del SEMALL como de los niveles de referencia del 2011).



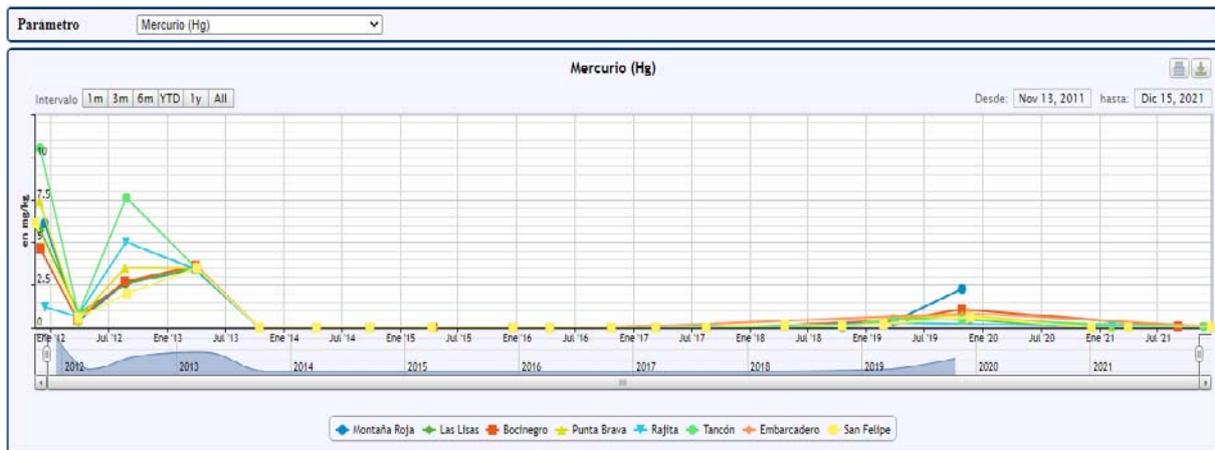
Los niveles de Cd siguen la tendencia que se llevaba desde el 2018, con especial mención al pico obtenido en septiembre de 2021 en la estación TGr20 Bocinegro de 5,57 mg/kg.



**Figura 160. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla (2011-2021)**



**Figura 161. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla (2011-2021)**



**Figura 162. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de *Diadema africanum* en la costa de Granadilla (2011-2021)**

### 3.6.11 Desarrollo del *maërl*

Las algas coralíneas (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*).

Se designaron cinco estaciones de muestreo a lo largo de la costa para el control del *maërl* (TGr26, TGr27, TGr28, TGr29 y TGr35), que se ha ido realizando mediante la toma de imágenes de una cuadrícula de 50x50cm dispuesta sobre el fondo, para lo que se emplea una cámara montada en un bastidor y sumergida desde la embarcación, controlada desde la superficie mediante un cable. En 2015 se incorporaron dos focos de iluminación adicionales, pues la inadecuada luz que se venía usando inducía a interpretaciones erróneas de los colores de las formaciones que se pretendía analizar. En el segundo semestre de 2016 se prescindió de la estructura y se empezó a tomar las fotos directamente por buceadores.

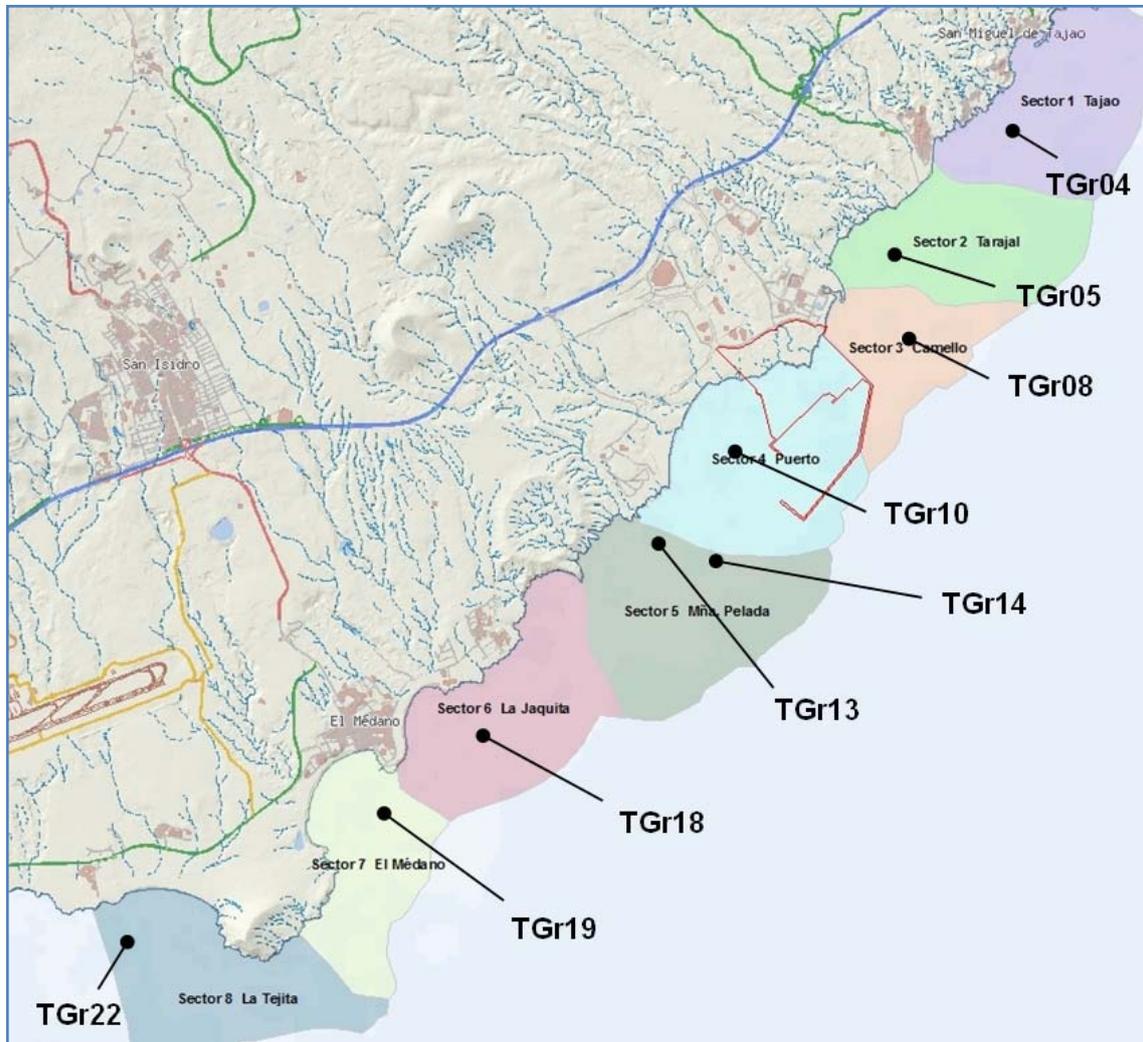
Después de estos años de observación, queda claro que las estaciones TGr29 y TGr35 son las que presentan mejores calidades, mientras que el estado del *maërl* en la estación TGr28 sigue siendo muy mejorable, ya que continúan los vertidos del emisario submarino que se encuentra a 400 m. El resto de estaciones manifiesta una recuperación total y un estado similar a las condiciones iniciales.

Los datos obtenidos en 2021 indican un mantenimiento general de las comunidades del *maërl* en todas las estaciones, que mantienen las mismas condiciones que hasta ahora.

### 3.6.12 Estado del sebadal

El sebadal es una comunidad biológica estructurada que se desarrolla sobre arenas en aguas someras 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 163. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas**

Para hacer un seguimiento del estado de desarrollo de los sebales 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 “Sebales del Sur de Tenerife” (Figura 163). 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 2021 tuvieron lugar en el mes de enero (campaña invernal) y de agosto y septiembre (campaña estival).



En cada estación se siguen muestreando los diversos parámetros evaluados en tres categorías de desarrollo: alto, medio y bajo, empleando las siguientes equivalencias y unidades (Tabla 45. Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal

**Tabla 45. Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal**

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

Al ser la seba una fanerógama, sus hojas carecen de las protecciones propias de las algas y son colonizadas por organismos epífitos a medida que crecen, sobre todo en la época invernal-primaveral. Los epífitos ocultan luz a la planta, de modo que se produce una pugna entre estos y la planta; los primeros por colonizar y desarrollarse, y la planta por conseguir que la hoja crezca rápido, caiga y se renueve. Pero es precisamente, esta capacidad de ofrecer sustrato firme a seres y larvas sésiles lo que confiere un papel ecológico clave a la seba. Las formas que más impactan a la seba son los hidroideos y las algas costrosas, principalmente las coralináceas, y en menor medida las de porte erecto y/o arborescente, como microalgas de todos los grupos.

Las hojas de seba crecen ininterrumpidamente durante alrededor de un mes 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 obligaría 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 del sustrato (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. 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<sup>25</sup>.

**Tabla 46. Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011)**

| Estación | Densidad de haces / m <sup>2</sup> | Densidad de hojas / m <sup>2</sup> | Altura de hojas (cm) | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) | Biomasa (gramos) | 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 46 se han incluido los datos del 2º semestre de 2011 que son los de referencia, y en la Tabla 47 se muestran los datos 2021, 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 2020 con la de 2021 (Tabla 47), se aprecia una disminución generalizada de casi todos los parámetros, en todas las estaciones, a excepción de las estaciones TGr04 y TGr05, en la que aumentan todos o se mantienen aproximadamente igual.

<sup>25</sup> 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 47. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2021. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo**

| Ene. 2021      | Densidad de haces | Densidad de hojas | Altura hojas | Área foliar | Biomasa | Cobertura | Epifitismo | Vitalidad foliar | Sistema radicular | Balance sedimentario |
|----------------|-------------------|-------------------|--------------|-------------|---------|-----------|------------|------------------|-------------------|----------------------|
| <b>TGr. 04</b> | 869,33            | 1584              | 13,11        | 0,36        | 29,94   | 1         | 1          | 3                | 2                 | 1                    |
| <b>TGr. 05</b> | 245,33            | 522,67            | 10,37        | 0,24        | 4,75    | 1         | 1          | 3                | 1                 | 1                    |
| <b>TGr. 08</b> | 506,67            | 885,33            | 8,73         | 0,17        | 9,79    | 1         | 1          | 3                | 2                 | 1                    |
| <b>TGr. 10</b> | 661,33            | 1.141,33          | 13,3         | 0,34        | 19,24   | 1         | 1          | 3                | 2                 | 1                    |
| <b>TGr. 13</b> | 986,67            | 1.648             | 13,36        | 0,45        | 32,75   | 2         | 1          | 3                | 3                 | 1                    |
| <b>TGr. 14</b> | 1.008             | 2.042,67          | 16,26        | 0,59        | 35,50   | 1         | 1          | 3                | 2                 | 1                    |
| <b>TGr. 18</b> | 1.168             | 2.053,33          | 11,84        | 0,31        | 29,12   | 2         | 1          | 3                | 3                 | 1                    |
| <b>TGr. 19</b> | 698,67            | 1.162,67          | 12,06        | 0,37        | 25,59   | 2         | 1          | 3                | 3                 | 1                    |
| <b>TGr. 22</b> | 533,33            | 938,67            | 14,30        | 0,42        | 20,87   | 1         | 1          | 3                | 3                 | 1                    |

| Ag./sep. 2021  | Densidad de haces | Densidad de hojas | Altura hojas | Área foliar | Biomasa | Cobertura | Epifitismo | Vitalidad foliar | Sistema radicular | Balance sedimentario |
|----------------|-------------------|-------------------|--------------|-------------|---------|-----------|------------|------------------|-------------------|----------------------|
| <b>TGr. 04</b> | 848               | 2.053,33          | 14,82        | 0,52        | 35,54   | 2         | 1          | 3                | 3                 | 1                    |
| <b>TGr. 05</b> | 778,67            | 1.808             | 20,19        | 0,78        | 50,53   | 1         | 1          | 3                | 1                 | 1                    |
| <b>TGr. 08</b> | 917,33            | 2.197,33          | 16,98        | 0,64        | 46,77   | 3         | 2          | 3                | 3                 | 1                    |
| <b>TGr. 10</b> | 1.333,33          | 2.421,33          | 30,27        | 1,15        | 102,82  | 2         | 1          | 3                | 2                 | 1                    |
| <b>TGr. 13</b> | 1.952             | 3.616             | 23,61        | 1,01        | 254,43  | 3         | 3          | 3                | 2                 | 1                    |
| <b>TGr. 14</b> | 2.010,7           | 4.101,33          | 23,26        | 1,03        | 365,39  | 3         | 1          | 3                | 2                 | 1                    |
| <b>TGr. 18</b> | 1.712             | 3.136             | 24,06        | 0,93        | 155,39  | 3         | 1          | 3                | 3                 | 1                    |
| <b>TGr. 19</b> | 1.552             | 2.698,67          | 26,52        | 1,3         | 327,23  | 3         | 2          | 3                | 3                 | 1                    |
| <b>TGr. 22</b> | 1.045,33          | 2.304             | 31,26        | 1,49        | 208,93  | 3         | 1          | 3                | 3                 | 1                    |

En el período estival destaca, por un aumento generalizado en la casi todos los parámetros de control y en todas las estaciones, tanto al sur como al norte del puerto. Disminuye la densidad de hojas únicamente en la estación TGr10, aunque mantiene un valor de densidad muy bueno (2.421 hojas/m<sup>2</sup>). Continúa la disminución generalizada del tamaño foliar. Las estaciones TGr18, TGr19 y TGr22, dentro de la ZEC, aumentan en todos los parámetros de estudio. Se mantienen por encima de los valores de referencia, con algunas estaciones en máximos históricos en algunos parámetros (TGr04 y TGr05).

La recuperación de las estaciones TGr04, TGr05 y TGr10, sigue siendo patente, aunque se ha ralentizado. Preocupan las estaciones TGr05 y TGr08 a la profundidad de muestreo, puesto que, por encima de los 10 metros de profundidad y por debajo de los 16, en un talud existente, la seba tiene unas densidades muy buenas. Entre estas dos profundidades, por la fuerte dinámica marina que causa el rebote de la corriente y el oleaje en la primera alineación de la obra de abrigo, casi ha desaparecido, quedando únicamente pequeños “montes-isla” aislados. Las estaciones TGr13 y TGr14 sufren un ligero decremento, más notorio en invierno. Al contrario de lo indicado en el informe anual de 2020, las estaciones ubicadas dentro de la ZEC parecen volver a recuperarse. Aunque ha habido dos fenómenos importantes de *blooms* de algas cianofitas y la expansión del hidrozoo potencialmente invasor por toda la ZEC es patente, la seba de la zona sigue presentado unos valores muy buenos por ahora, superiores a los de referencia. Habrá que seguir esta evolución atentamente.

**Tabla 48. Tabla cromó analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2020 con 2021.**  
Verde = aumenta; rojo = disminuye; 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 referencia a los datos iniciales de densidad de haces (parámetro más representativo), (de Figura 164 a Figura 166), todas las estaciones presentan incrementos.

Las estaciones al N del puerto y la que queda en la zona aplacerada, al S del contradique, siguen siendo las que han sufrido mayores variaciones. Aguas arriba 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. Todas las estaciones presentan de forma generalizada, desde el inicio de los muestreos hasta éstos últimos de 2021, regresión en los valores de longitud foliar y del peciolo.

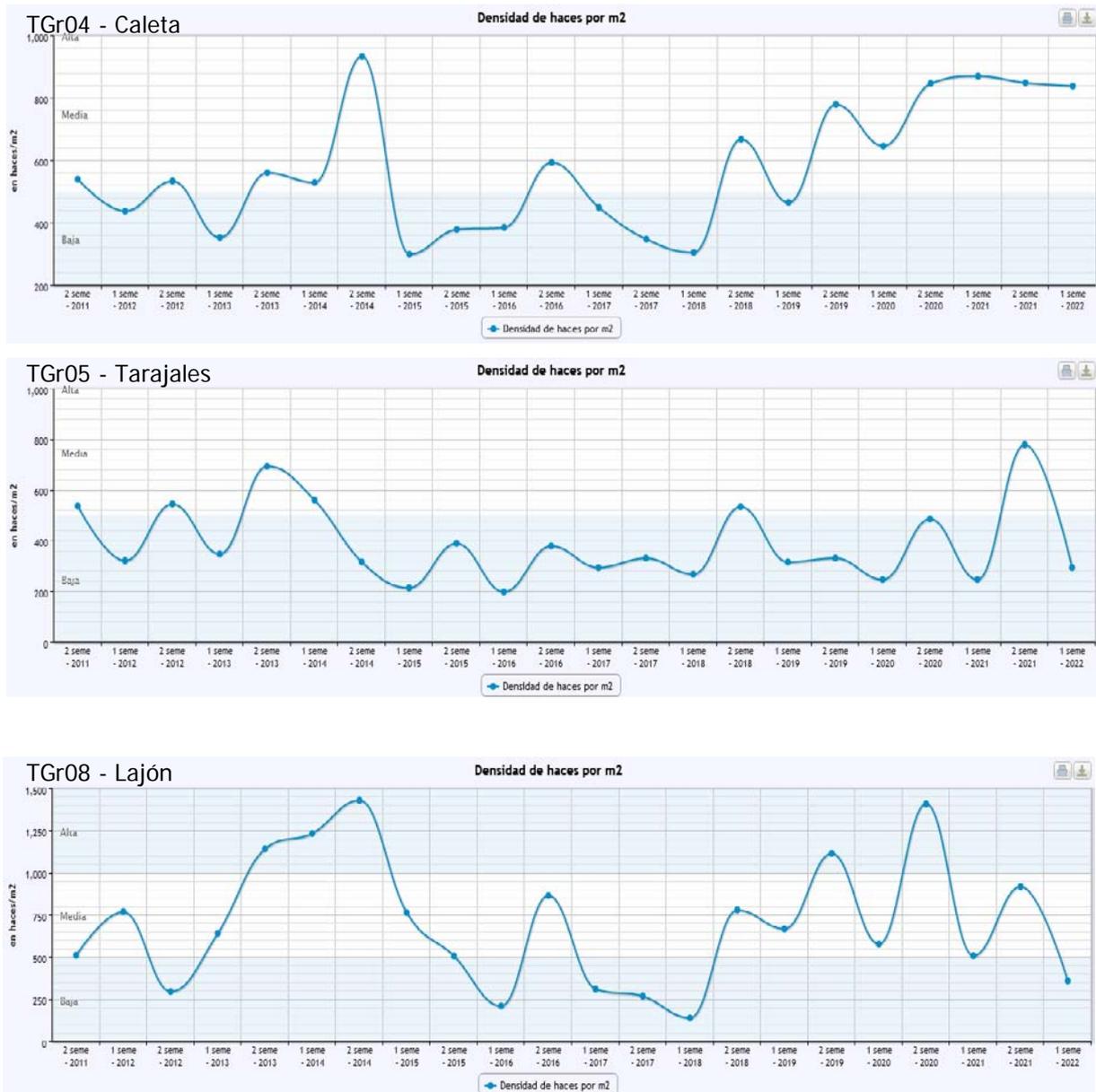
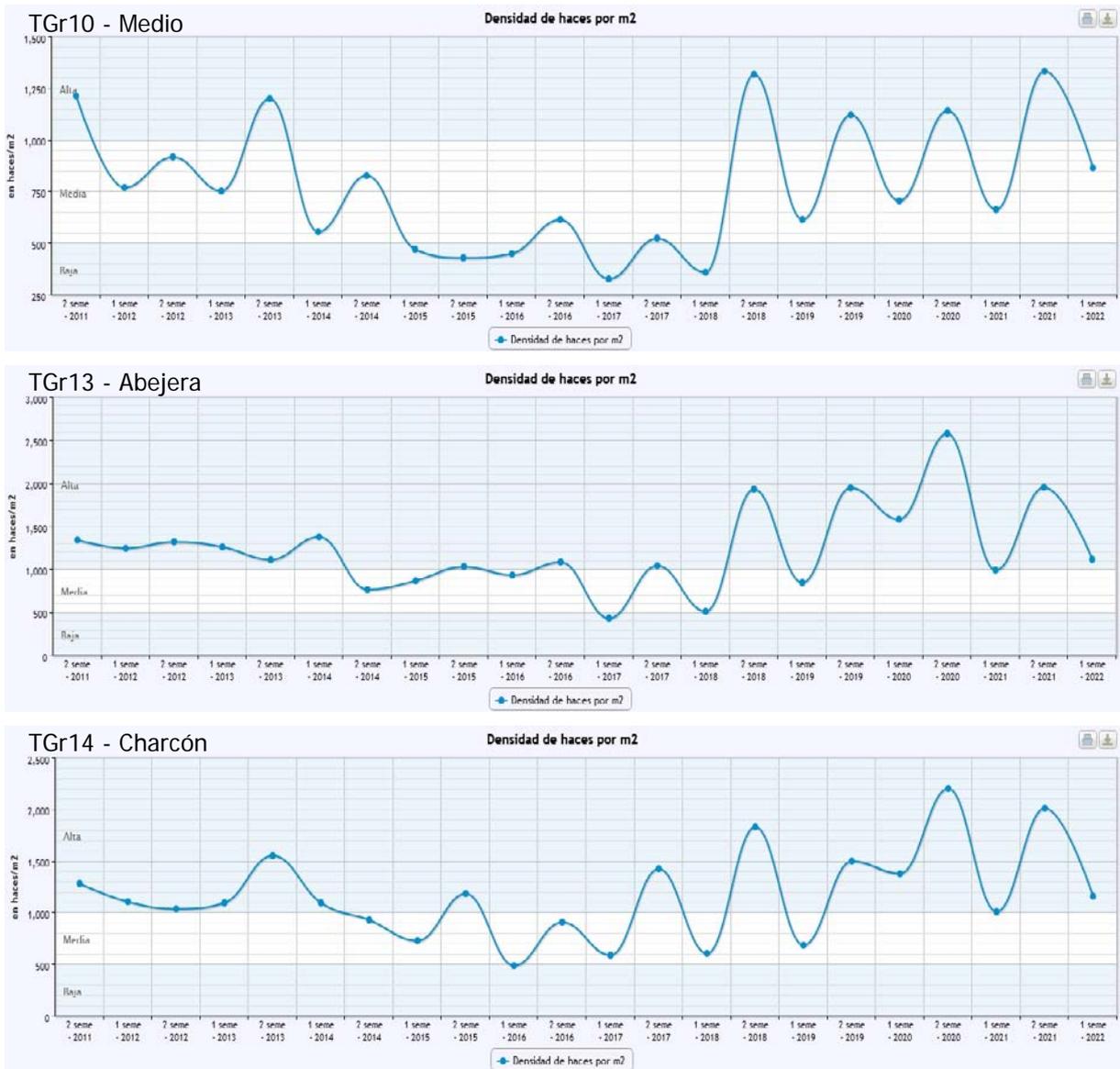


Figura 164. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto



**Figura 165. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto**

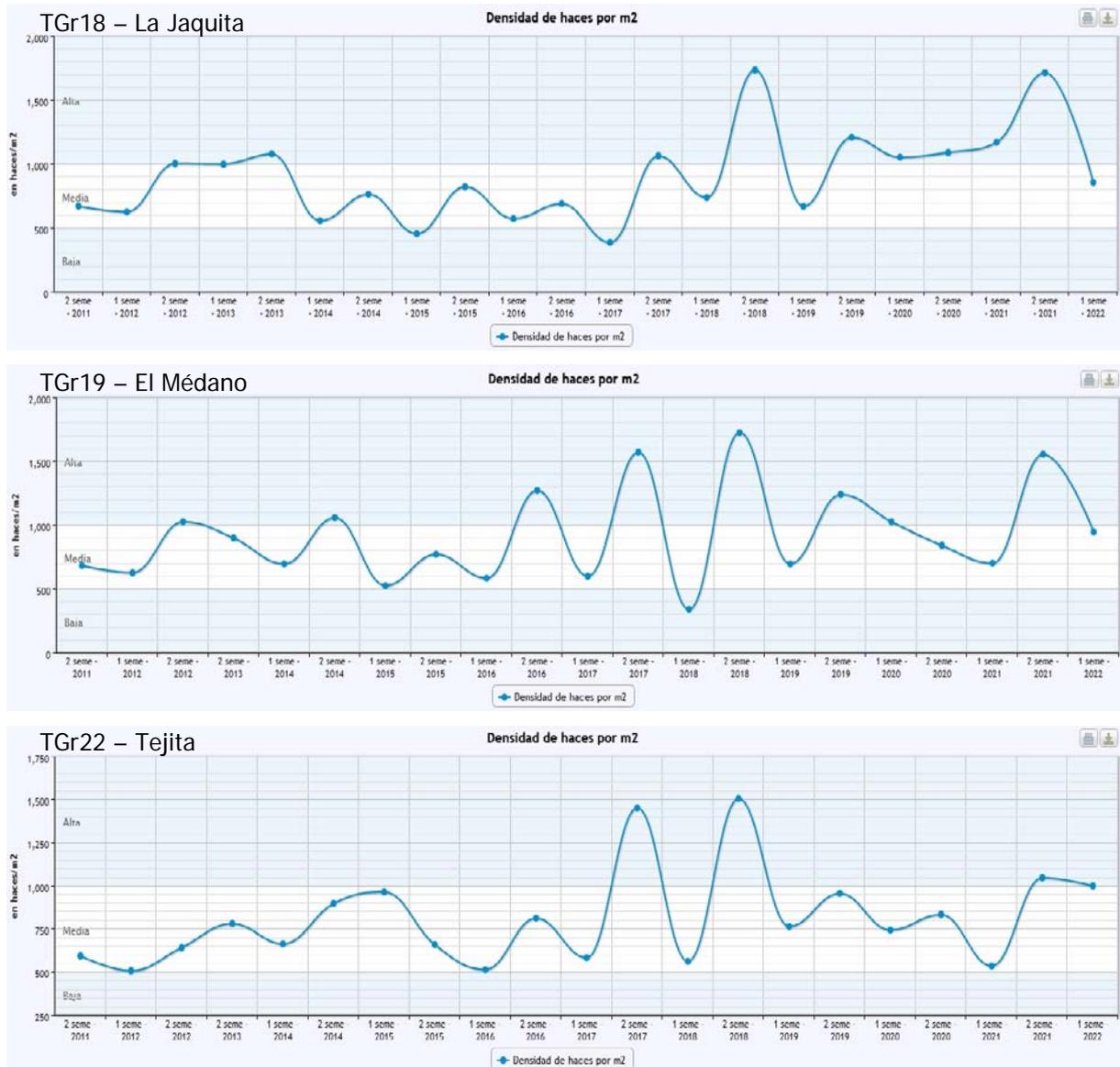


Figura 166. Evolución de la densidad de haces por m<sup>2</sup> en las estaciones de la ZEC

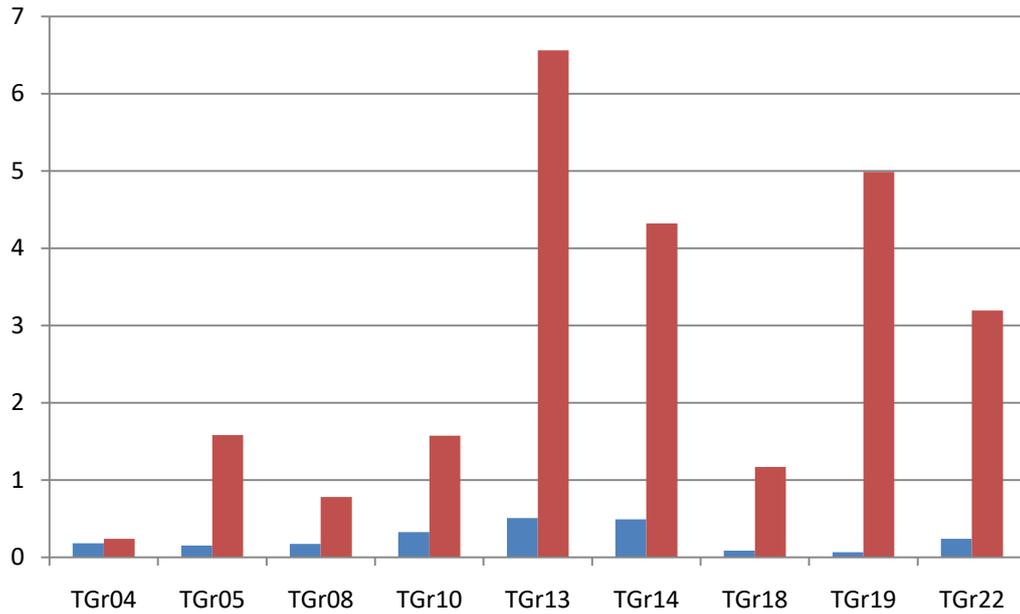
La biomasa foliar (epígea) se continúa analizando separadamente de la biomasa hipógea formada por el rizoma y las raíces. En la

Tabla 49 se muestran los resultados obtenidos para cada caso junto a la biomasa total y la relación entre ambas (índices A/B y RWR, respectivamente). El índice A/B varía entre 0,067-0,510 en invierno y 0,238-6,563 en verano; el índice RWR varía entre 0,257-0,809 en invierno y 0,035-0,512 en verano.

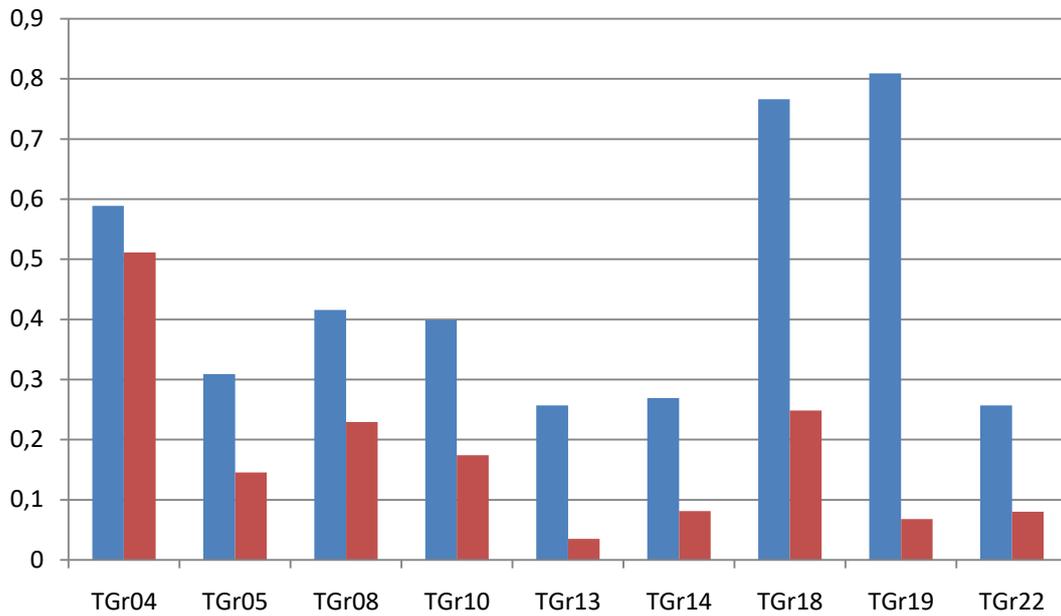
**Tabla 49. Biomasa de la campaña de 2021 en gramos de peso seco/m<sup>2</sup> A.- Biomasa epígea (foliar); B.- Biomasa hipógea (biomasa de raíces + rizomas); C.- Biomasa de rizomas; D.- Biomasa de raíces; E.- Biomasa total; A/B.- Relación biomasa epígea/ hipógea; RWR.- Relación biomasa epígea/total**

| Estaciones    | A     | C      | D      | B       | E       | A/B     | RWR   |       |
|---------------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Fase invernal | TGr04 | 29,947 | 50,095 | 114,609 | 164,703 | 194,651 | 0,182 | 0,589 |
|               | TGr05 | 4,755  | 20,108 | 11,127  | 31,235  | 35,989  | 0,152 | 0,309 |
|               | TGr08 | 9,792  | 28,876 | 27,507  | 56,383  | 66,175  | 0,174 | 0,416 |
|               | TGr10 | 19,236 | 27,524 | 31,061  | 58,585  | 77,821  | 0,328 | 0,399 |
|               | TGr13 | 32,746 | 39,272 | 24,975  | 64,247  | 96,993  | 0,510 | 0,257 |
|               | TGr14 | 35,499 | 43,321 | 29,039  | 72,360  | 107,859 | 0,491 | 0,269 |
|               | TGr18 | 29,117 | 57,173 | 282,269 | 339,443 | 368,559 | 0,086 | 0,766 |
|               | TGr19 | 25,593 | 52,389 | 330,947 | 383,336 | 408,929 | 0,067 | 0,809 |
|               | TGr22 | 20,866 | 59,048 | 27,617  | 86,665  | 107,531 | 0,241 | 0,257 |

| Estaciones   | A     | C       | D      | B      | E       | A/B     | RWR   |       |
|--------------|-------|---------|--------|--------|---------|---------|-------|-------|
| Fase estival | TGr04 | 35,542  | 54,700 | 94,500 | 149,200 | 184,742 | 0,238 | 0,512 |
|              | TGr05 | 50,534  | 19,927 | 12,017 | 31,943  | 82,477  | 1,582 | 0,146 |
|              | TGr08 | 46,774  | 35,311 | 24,431 | 59,742  | 106,516 | 0,783 | 0,229 |
|              | TGr10 | 102,821 | 36,012 | 29,311 | 65,323  | 168,145 | 1,574 | 0,174 |
|              | TGr13 | 254,428 | 28,551 | 10,213 | 38,765  | 293,193 | 6,563 | 0,035 |
|              | TGr14 | 365,393 | 47,897 | 36,647 | 84,544  | 449,937 | 4,322 | 0,081 |
|              | TGr18 | 155,394 | 61,272 | 71,676 | 132,948 | 288,341 | 1,169 | 0,249 |
|              | TGr19 | 327,225 | 38,877 | 26,743 | 65,620  | 392,844 | 4,987 | 0,068 |
|              | TGr22 | 208,926 | 43,468 | 21,979 | 65,447  | 274,373 | 3,192 | 0,080 |



**Figura 167. Relación de masa epigea/hipógea (A/B) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2021**



**Figura 168. 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 2021**

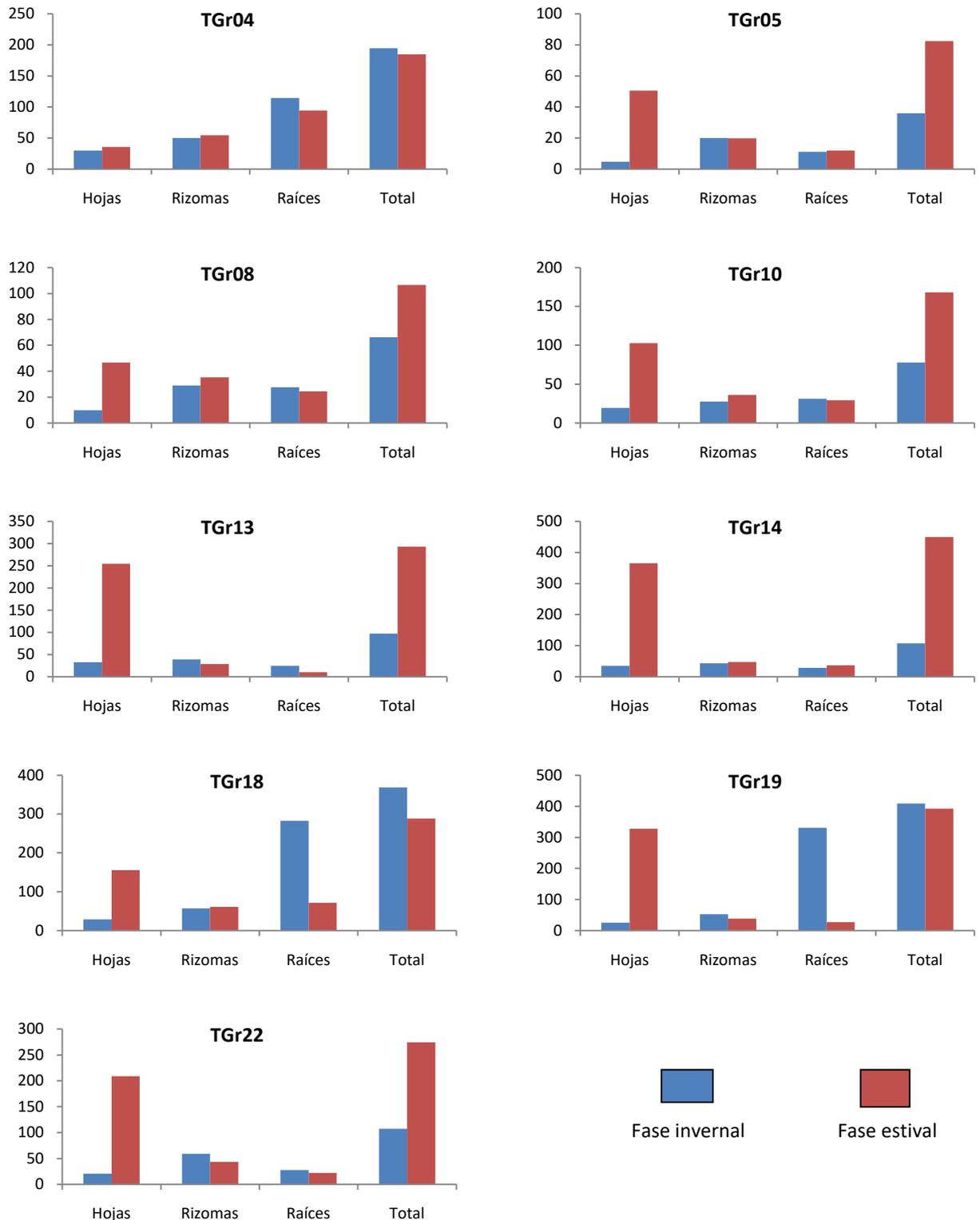


Figura 169. Biomasa (gramos de peso seco/m²) en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla



### 3.6.13 Evaluación general del sebadal

El mapa de la Figura 170 se 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 ellos en 2013 fue donde más se desarrolló el sebadal, si bien también hubo 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 o una combinación de ambos. 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 (vertidos y zona de carga de gánguiles) y, por ello, donde el aporte de sedimentos y la turbidez han sido mayores.

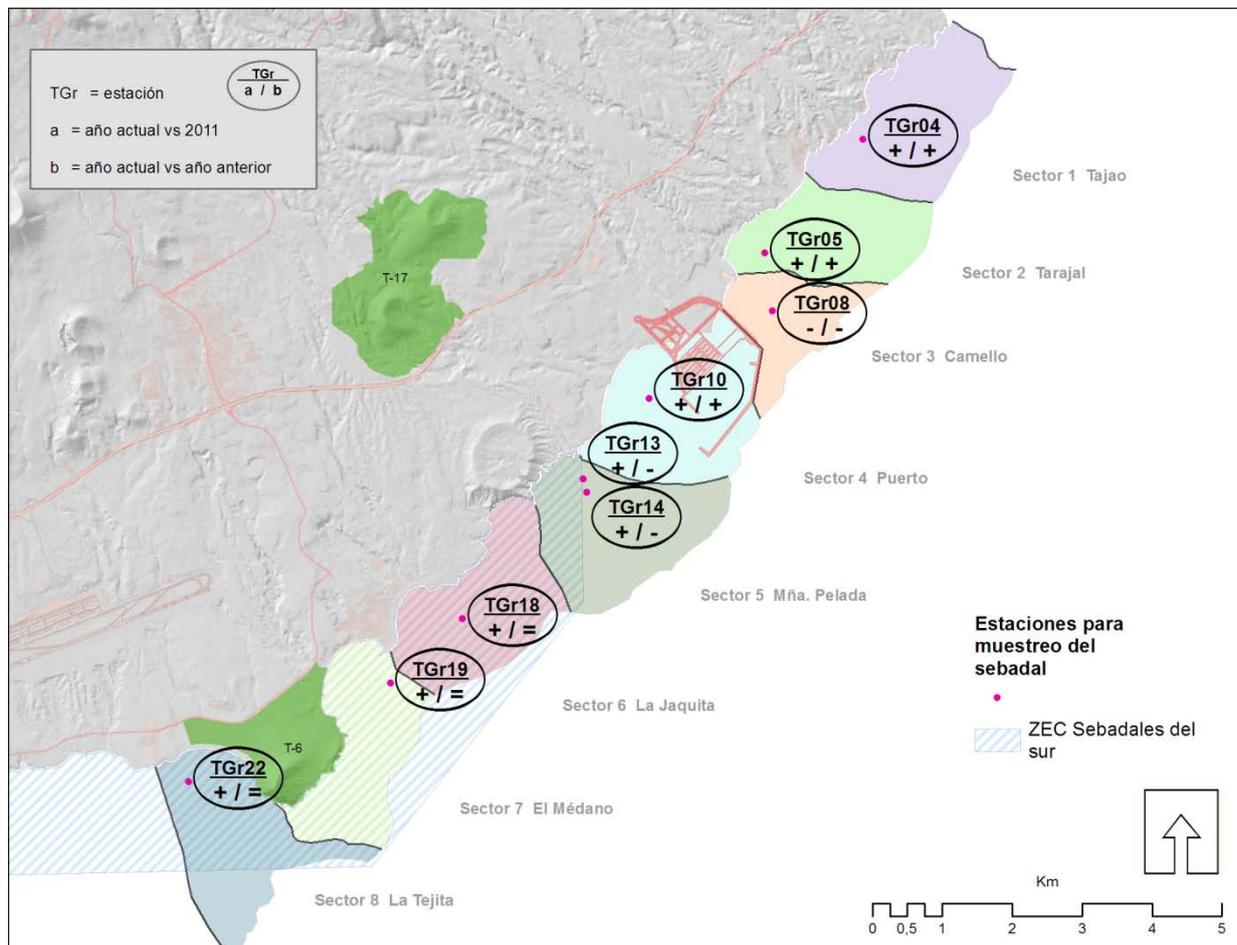


Figura 170. Valoración general de los sebadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2021 en relación al 2020 / y la situación de 2021 en relación con 2011 (referencia)

En 2021, todas las estaciones se mantienen con valores medios de muchos de los parámetros de control por encima de los iniciales de referencia. Como ya se mencionó, todas las estaciones presentan regresión en los valores de longitud foliar y del peciolo de forma generalizada. Mantienen o incrementan el número de haces y hojas por metro cuadrado pero son de menor longitud. Por eso ha disminuido también mucho la densidad de epífitos.

Con respecto al año pasado y de forma generalizada, todas las estaciones presentan un incremento en los parámetros de estudio, salvo la TGr08, en la que disminuyen, tanto en la época estival como en invierno.

### **3.6.14 Evaluación general de la biodiversidad**

La valoración de los sectores “La Tejita”, “El Médano”, “La Jaquita” y “Montaña Pelada” continúa siendo de “favorable mantenida”. Se mantiene esta calificación por los parámetros en general, pero habrá que vigilar de cerca la evolución del sebadal, al estar los 4 sectores dentro de la ZEC, por la expansión del hidrozoo potencialmente invasor con claro origen en el puerto de Granadilla. El sector intrapuerto sigue siendo valorado como “parcialmente destruida”.

Parcialmente porque, a pesar de que se tiene en cuenta el efecto arrecife como positivo, que atrae gran cantidad de animales pelágicos y demersales, la presencia de los corales potencialmente invasores *Macrorhynchia philippina* y *Carijoa sp.* y la degradación del fondo hacen que obtenga esta calificación. El sector Puerto es catalogado como “desfavorable sin cambios”, ya que se mantiene la situación del año anterior. La biodiversidad en los sectores “Tarajal” y “Tajao” ha sido catalogada como “favorable recuperada”, dado que la mejoría observada en ellos es importante, llegando a las condiciones normales de la zona. La expansión del coral *M. philippina* ha sido tenida también en cuenta a la hora de obtener esta clasificación, ya que al norte del puerto se observan muy pocos ejemplares (Figura 171). El sector “Camello” se ha catalogado como con biodiversidad “desfavorable recuperándose”, porque hay determinadas zonas donde el sebadal se mantiene, habiendo desaparecido o disminuido en otras.

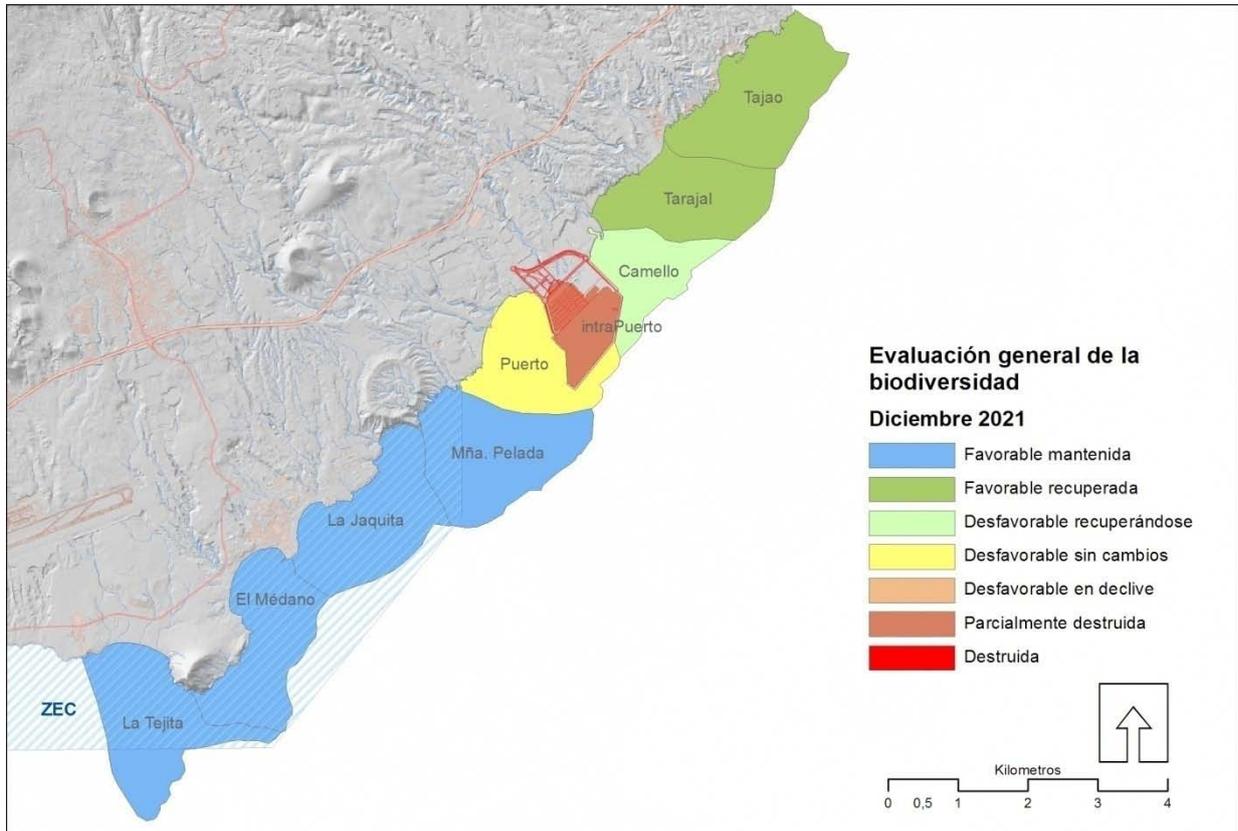


Figura 171. Valoración general de la biodiversidad de 2021

### 3.6.15 Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116

El estado de conservación de la ZEC “Seadales 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 172. 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 septentrional de la ZEC, objeto de vigilancia ambiental, supone solo un tercio de toda el área protegida. Las evaluaciones que realiza el OAG se refieren exclusivamente a dicha sección, y:

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



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

Obviamente no marca tendencia, denotando una vez más la compleja dinámica del 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.

**Año 2020 Favorable mantenido:** Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados, sin llegar a valores que supongan un peligro para el medio ambiente. Aunque queda fuera de la ZEC, el sebadal al Norte del puerto se ha recuperado considerablemente. El sebadal en la zona de influencia del puerto, dentro de la ZEC se mantiene en muy buen estado, aunque los parámetros en los alrededores de la estación TGr19 presentan disminución en sus valores, observándose en verano cifras por debajo de los de invierno, hecho éste hasta ahora nunca producido en ninguna estación de Granadilla.

**Año 2021 Favorable mantenido:** Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados, sin llegar a valores que supongan un peligro para el medio ambiente. Los sebadales de la ZEC han ganado en densidad de hojas y de haces. Hay disminución en todas las estaciones, dentro y fuera de la ZEC, de la longitud foliar y la del peciolo. Durante el invierno se produce un decremento en casi todas las estaciones y con respecto a todos los parámetros, que luego es recuperado en el estío. Preocupa enormemente la expansión de un hidrozoo potencialmente invasor por la ZEC



## 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](http://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 3.2.5. 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. Tal y como se refleja en el informe, hay embarcaciones que cumplen con las indicaciones dadas por la Autoridad Portuaria, y hay otras que no, por lo que se incidirá sobre éstas.
- 2) **Punto 3.4.3 Nivel medio del mar y oleaje.** Se vuelve a instar 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 19 DE SEPTIEMBRE DE 2022

DOCUMENTO FIRMADO ELECTRÓNICAMENTE

**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 .....  | 25  |
| Tabla 2. Valores de referencia para el ruido. El OAG emplea un sonómetro Cesva SC160 (tipo2).....  | 33  |
| Tabla 3. Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto /quincena) en 2019, 2020 y 2021 .....   | 35  |
| Tabla 4. Datos obtenidos con cálculos para los años 2017 a 2021 y el acumulado. ....   | 46  |
| Tabla 5. Estacas de 0 a 4 en cada una de las estaciones de control. ....   | 51  |
| Tabla 6. 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 entre el 2 de febrero 2013 y el 17 de diciembre de 2021 con respecto a julio de 2011 ..... | 67  |
| Tabla 7. Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas de reloj. En Pelada se considera solo una alineación (extremo Sur).....   | 74  |
| Tabla 8. Formato de fichero XYZ para guardar una nube de puntos. ....  | 78  |
| Tabla 9. Distribución de ganancias y pérdidas por encima de 0'5 m.....   | 83  |
| Tabla 10. Campañas de muestreo.....  | 93  |
| Tabla 11. Valores oceanográficos.....  | 94  |
| Tabla 12. Valores de Temperaturas medias, máximas y mínimos obtenidos en las distintas anualidades.....  | 95  |
| Tabla 13. Valores de pH medios, máximos y mínimos obtenidos en las distintas anualidades .....   | 96  |
| Tabla 14. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla .....   | 99  |
| Tabla 15. Hidrocarburos aromáticos policíclicos, herbicidas, plaguicidas y otras sustancias de nueva determinación en aguas. ....  | 101 |
| Tabla 16. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2021. Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior .....  | 115 |
| Tabla 17. Evolución de la concentración de materia orgánica en sedimentos a en la costa de Granadilla. ....  | 117 |
| Tabla 18. Evolución de la concentración de hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos en la costa de Granadilla. ....   | 117 |
| Tabla 19. Evolución de la concentración de nitrógeno total en sedimentos en la costa de Granadilla. ....   | 118 |
| Tabla 20. Evolución de la concentración de fósforo total (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla .....   | 119 |
| Tabla 21. Evolución de la concentración de fosfatos (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla. ....  | 120 |
| Tabla 22. Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018, 2019, 2020 y 2021 (mg/kg).....   | 121 |
| Tabla 23. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2021 .....  | 121 |
| Tabla 24. Valores recomendados en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).....  | 128 |
| Tabla 25. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2018.....  | 129 |
| Tabla 26. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2019.....  | 130 |
| Tabla 27. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2020.....  | 130 |
| Tabla 28. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2021.....  | 131 |
| Tabla 29. Campaña de peces litorales (demersales) en la costa de Granadilla (2021).....  | 145 |
| Tabla 30. Muestreo de especies bentónicas indicadoras de los principales hábitats en la costa de Granadilla en 2021. ....  | 148 |
| Tabla 31. Régimen trófico de las especies de poliquetos encontradas en Granadilla con tamiz de 0,5 mm .....  | 151 |
| Tabla 32. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla: 2011 y 2016.....  | 153 |
| Tabla 33. Muestreo de poliquetos en sedimentos (tamiz 0,5 mm) en Granadilla: 2017 a 2021 .....   | 153 |
| Tabla 34. Tipos de hábitats bentónicos y su código.....  | 157 |
| Tabla 35. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2018, en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea nodosa</i> .....   | 179 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 36. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea nodosa</i> .....   | 182 |
| Tabla 37. Cómputo de área para cada clase de comunidad de <i>Cymodocea nodosa</i> dentro de cada sector del PVA, según clasificación de imagen de satélite de 30 de octubre de 2021. ....   | 184 |
| Tabla 38. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea</i> .....  | 184 |
| Tabla 39. Contaminación en gónadas de <i>Diadema africanum</i> en la costa de Granadilla, año 2018 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior) .....   | 188 |
| Tabla 40. Contaminación en gónadas de <i>Diadema africanum</i> en la costa de Granadilla, año 2019 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior) .....   | 189 |
| Tabla 41. Contaminación en gónadas de <i>Diadema africanum</i> en la costa de Granadilla, año 2020 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior) .....   | 190 |
| Tabla 42. Contaminación en gónadas de <i>Diadema africanum</i> en la costa de Granadilla, año 2021 (Verde = decremento; Rojo = incremento, respecto del valor registrado en año anterior) .....   | 191 |
| Tabla 43. 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. ....   | 192 |
| Tabla 44. Valores pico obtenidos para los distintos metales en muestreos de 2019, 2020 y 2021 .....   | 194 |
| Tabla 45. Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal .....   | 200 |
| Tabla 46. Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011).....   | 201 |
| Tabla 47. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2021. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo .....   | 202 |
| Tabla 48. Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2020 con 2021. Verde = aumenta; rojo = disminuye; gris = cambio no significativo .....   | 203 |
| Tabla 49. Biomasa de la campaña de 2021 en gramos de peso seco/m <sup>2</sup> A.- Biomasa epígea (foliar); B.- Biomasa hipógea (biomasa de raíces + rizomas); C.- Biomasa de rizomas; D.- Biomasa de raíces; E.- Biomasa total; A/B.- Relación biomasa epígea/ hipógea; RWR.- Relación biomasa epígea/total ..... | 207 |



## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Plataforma <i>Ocean GreatWhite</i> atracada junto al martillo de la obra de abrigo (12/01/2021).....  | 8  |
| Figura 2. Porcentaje de obra realizada a final de año 2021 .....  | 9  |
| Figura 3. Dique provisional del puerto de Granadilla. (Tomado de la memoria del “Defensa y rellenos de explanada en el Puerto de Granadilla”). .....  | 10 |
| Figura 4. Dique provisional del puerto de Granadilla. (Tomado de la memoria del “Defensa y rellenos de explanada en el Puerto de Granadilla”). .....  | 10 |
| Figura 5. Dique provisional del puerto de Granadilla. (Tomado de la memoria del “Defensa y rellenos de explanada en el Puerto de Granadilla”). .....  | 11 |
| Figura 6. Estado del dique provisional del puerto de Granadilla a fecha 20 de octubre de 2021.....  | 11 |
| Figura 7. Vallado del contradique (12/01/2021). .....   | 12 |
| Figura 8. Imagen del modelo 3D de la edificación y urbanización del Centro de Inspección Portuaria (tomado de la memoria del “Proyecto modificado del Centro de Inspección Portuaria”, abril de 2022). .....  | 13 |
| Figura 9. Estado del edificio Centro de Inspección Portuaria (21/06/2021). .....  | 13 |
| Figura 10. Viario y redes básicas del puerto de Granadilla. Detalle de la rotonda del contradique hacia el cargadero de arena (20/05/2021). .....   | 14 |
| Figura 11. Viario “A” que linda con la parcela del Edificio de Servicios del Puerto (tomado de la memoria del “Proyecto modificado N° 1 del “Viario y redes básicas del puerto de Granadilla”, septiembre de 2021).....                                       | 15 |
| Figura 12. Localización del muro limítrofe con la concesión administrativa otorgada a Petrocan (tomado de la memoria del “Proyecto modificado N° 1 del “Viario y redes básicas del puerto de Granadilla”, septiembre de 2021). .....                          | 16 |
| Figura 13. Imagen del modelo 3D de la edificación y urbanización del Edificio de Servicios del Puerto de Granadilla (tomado de la memoria del “Proyecto modificado n° 1 del Edificio de Servicios Portuarios del Puerto de Granadilla”, julio de 2022). ..... | 17 |
| Figura 14. Muros de contención del talud del edificio portuario (24/05/2021).....   | 18 |
| Figura 15. Ubicación del depósito de arena y punto de vertido de la alternativa adoptada.....   | 19 |
| Figura 16. Localización del último punto de prueba de vertido.....  | 20 |
| Figura 17. Acopio de arena lista para ser vertida. ....   | 21 |
| Figura 18. Grúa basculante con cubeta de vertido. ....  | 21 |
| Figura 19. ES7020128 Seadales de Antequera (izquierda) y ES7011005 Seadales de Güi-Güi (derecha).....   | 24 |
| Figura 20. 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).....  | 25 |
| Figura 21. Extracto de lo informado en la web del OAG.....  | 30 |
| Figura 22. Polvaredas en la bajada de camiones hacia el punto de vertido (mayo de 2021).....  | 31 |
| Figura 23. Polvaredas en la zona del antiguo cargadero (mayo de 2021).....  | 32 |
| Figura 24. Extracto de lo informado en la web del OAG.....  | 33 |
| Figura 25. Estaciones de medición de partículas en suspensión (GrAT) y de ruido (Er).....   | 34 |
| Figura 26. Medición del ruido diario en 2021 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones .....  | 36 |
| Figura 27. Ejemplo de mitigación lumínica correcta (derecha) e incorrecta (izquierda) .....   | 38 |
| Figura 28. Extracto de lo informado en la web del OAG.....  | 38 |
| Figura 29. Extracto de lo informado en la web del OAG.....  | 40 |
| Figura 30. Extracto de lo informado en la web del OAG.....  | 41 |
| Figura 31. Extracto de lo informado en la web del OAG.....  | 42 |
| Figura 32. <i>Wingfoil</i> al abrigo del contradique (enero de 2021).....   | 43 |
| Figura 33. Acopio de callaos en su ubicación actual (mayo de 2021) .....  | 44 |
| Figura 34. Franja de transporte eólico de arenas desde la bahía de El Médano .....  | 45 |
| Figura 35. Trayectorias seguidas por las distintas boyas (colores distintos) en la suelta lineal realizada en marea vaciante el 07/02/2021 desde Punta Cueva del Trigo hacia mar adentro.....   | 48 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 36. Evolución temporal de la tasa de sedimentación mineral en la costa de Granadilla (2011-2021) .....   | 49 |
| Figura 37. Variación espacial de la sedimentación anual (kg/m <sup>2</sup> ) de material mineral en la costa de Granadilla a lo largo del periodo de 2013 a 2021 .....  | 49 |
| Figura 38. Evolución del contenido en materiales volátiles en el sedimento capturado (2013-2021) .....  | 50 |
| Figura 39. Estaca pentametrada y pizarra indicadora del número de estaca para la toma de foto.....  | 50 |
| Figura 40. 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 <sup>3</sup> /s/m) (IH Cantabria, 2011).....                              | 52 |
| Figura 41. Variación media total por estacas en 2021 (cm). Cinco estacas por estación (eje horizontal).....   | 53 |
| Figura 42. A) Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación .....   | 54 |
| Figura 43. B) Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación .....   | 55 |
| Figura 44. C) Tendencia del balance sedimentario medio en cada estación .....   | 56 |
| Figura 45. Variación media de las estacas en cada estación desde que fueron instaladas hasta la actualidad. La flecha roja representa la posición del puerto con respecto a las estaciones.....   | 57 |
| Figura 46. Diferencias batimétricas (> -2 m) entre 2011 y 2015 .....  | 58 |
| Figura 47. Resultados de batimetría con a) Stumpf; b) Sigmoide; c) KNN; d) ruido .....  | 59 |
| Figura 48. Ejemplo de batimetría sin ruido. Batimetría obtenida a partir de curvas de nivel del estudio de Promar en 2008. ....   | 59 |
| Figura 49. Cambios en el oleaje inducidos. A la izquierda, dirección (pequeños vectores) y altura significativa media (Hs) de las olas antes y después. A la derecha, variación de Hs tras la construcción (rojos: aumentos; azules: decrementos) IHC, 2012.....                              | 61 |
| Figura 50. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en las cercanías del Puerto de Granadilla, en un instante del período de simulación (marea vaciante) a) previo b) posterior.....  | 62 |
| Figura 51. Efecto de las obras de abrigo en el régimen de olas y en su incidencia en la costa. Se aprecian cambios en la dirección y en la energía de las olas. ....  | 62 |
| Figura 52. Rebotes de olas y derivaciones. 02/06/2017.....  | 63 |
| Figura 53. Ejemplo de georreferenciación. Puntos de control y resultado final de la técnica sobre el mapa de la IDE Canarias Ortoexpress del Gobierno de Canarias. ....   | 64 |
| Figura 54. Toma satelital del 17 de julio de 2020.....  | 64 |
| Figura 55. Esquema del oleaje de una playa, tomada de: Ortiz, Idalí, and Monica Galicia Jiménez 2012 Detección de Bacterias Patógenas (E. Coli, Yersinia, Vibrio, Shigella, Salmonella) En La Arena de Mar de Las Playas Principal y Puerto Angelito En Puerto Escondido, Oaxaca .....        | 65 |
| Figura 56.....  | 66 |
| Figura 57.....  | 66 |
| Figuras 58 y 59: Playas de los Tarajales (arriba) y La Caleta (abajo) a 17 de diciembre de 2021.....  | 68 |
| Figuras 60 y 61: Playas de El Medio (arriba) y Punta del Vidrio (abajo) a 17 de diciembre de 2021 .....   | 69 |
| Figuras 62 y 63: Playas de Pelada (arriba) y La Jaquita (abajo) a 17 de diciembre de 2021 .....   | 70 |
| Figuras 64 y 65: Playas de El Médano (arriba) y La Tejita (abajo) a 17 de diciembre de 2021 .....   | 71 |
| Figura 66. Nuevo modelo de playa con articulación para medir basculamiento. Playa del Medio, 2011 (rojo) y 2019 (norte amarillo y sur púrpura). Ángulo a medir se ha marcado con un arco rojo .....   | 73 |
| Figura 67. Playa de Punta del Vidrio: 2011 (amarillo discontinuo). La rompiente de 2011 en azul claro. Sucesivas mediciones en tonos de malva a rojo según antigüedad. La de 2021, en verde.....  | 73 |
| Figura 68. Cambios de orientación en el eje de las playas.....  | 74 |
| Figura 69. Playas objeto del levantamiento batimétrico. ....  | 75 |
| Figura 70. Buque oceanográfico "CALIMA" e instalación de equipos de navegación.....   | 76 |
| Figura 71. 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.....  | 77 |
| Figura 72. Ejemplos de levantamiento en tiempo real y de nube de puntos (MBMAX, de Hypack) .....  | 78 |
| Figura 73. Muestreo y cálculo en el método M3C2. a) multitud de mediciones posibles entre las nubes (rojo); b) selección del CORE POINT, en rojo (D=diámetro del entorno); c) cilindro de captura de puntos de la nube 2 altura media de estos puntos (L=altura del cilindro de captura)..... | 79 |
| Figura 74. 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 .....   | 79 |
| Figura 75. Histogramas de distancias en el eje Z. Pelada, y La Jaquita .....  | 80 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 76. Histogramas de distancias en el eje Z. El Médano y La Tejita .....   | 81  |
| Figura 77. Extraño conjunto de datos de la nube de 2019 en la zona SE de la playa de Pelada. En amarillo puntos de 2019, en rojo 2017. ....   | 82  |
| Figura 78. Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2018.....   | 84  |
| Figura 79. Planos de las diferencias entre los barridos de 2018 y 2019.....   | 85  |
| Figura 80. Vista lateral de la anomalía en Piedra María, El Médano. 2017.....   | 86  |
| Figura 81. Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2019.....   | 87  |
| Figura 82. Perfiles en los que se ha medido la cota respecto al cero establecido en el trabajo .....  | 88  |
| Figura 83. Pérdidas y ganancias entre 2017 y 2019 en el perfil 1 de La Tejita.....  | 89  |
| Figura 84. Resultados del análisis de superficies provenientes de la interpolación kriging.....   | 90  |
| Figura 85. Histograma de frecuencias de pérdidas y ganancias en la medición de los perfiles (2019-2018).<br>Número de celdas de 2x2 m (eje vertical) y porcentajes de cada intervalo de variación.....                      | 91  |
| Figura 86. Sectores y estaciones de muestreo de aguas y boya oceanográfica del OAG .....  | 92  |
| Figura 87. Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (Charcón) (medición con sonda)<br>2011-2021.....   | 95  |
| Figura 88. Saturación de oxígeno (%) en la estación Charcón (TGr14) a 3 profundidades, (2012-2021) .....  | 96  |
| Figura 89. Registro del pH en La Dársena (TGr09) a seis profundidades (2012-2021).....  | 97  |
| Figura 90. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a diciembre de 2021 .....  | 97  |
| Figura 91. Turbidez (NTU) registrada en 2021 con sonda multiparamétrica en las estaciones ubicadas en el<br>interior del puerto: Dársena (TGr09) y Martillo (TGr40).....  | 98  |
| Figura 92. Arriba: evolución de la concentración de clorofila proveniente de análisis de laboratorio entre<br>2011 y 2021 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2021 .....              | 99  |
| Figura 93. Evolución 2011-2021 de la clorofila a en la estación Tejita (arriba), Dársena (medio) y<br>Tarajales. Equivalencia 1 µg/l = 1 mg/m <sup>3</sup> de clorofila A .....   | 100 |
| Figura 94. Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de<br>Granadilla y desde 2011 hasta 2021, inclusive.....   | 102 |
| Figura 95. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2021 según las<br>estaciones. Abajo: datos del 2017 a 2021 .....   | 103 |
| Figura 96. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2021).....   | 103 |
| Figura 97. Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2021 .....   | 104 |
| Figura 98. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2021) .....   | 104 |
| Figura 99. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2021).....   | 105 |
| Figura 100. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2021 en la costa de Granadilla .....  | 105 |
| Figura 101. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017 - 2021 a lo largo<br>de la costa de Granadilla.....  | 106 |
| Figura 102A. Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 “Dársena” .....  | 107 |
| Figura 103. Evolución de concentraciones de <i>Escherichia coli</i> y de <i>Enterococos</i> fecales en la TGr09-<br>Dársena.....  | 109 |
| Figura 104. Evolución de concentraciones de <i>E. coli</i> y de <i>Enterococos</i> fecales en la TGr10-Medio. (En la<br>gráfica se muestra sólo los valores del primer muestreo de septiembre).....                         | 110 |
| Figura 105. Clasificación D50 de los sedimentos muestreados en 2021.....  | 111 |
| Figura 106. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia) .....   | 111 |
| Figura 107. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de<br>SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia).....  | 112 |
| Figura 108. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de<br>SW a NE en 2020: arriba 1 <sup>er</sup> muestreo realizado, medio 2 <sup>a</sup> muestreo y abajo el último. .... | 113 |
| Figura 109. Variación temporal (2011-2021) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de<br>Granadilla.....  | 117 |
| Figura 110. Variación temporal (2011-2021) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla.....  | 118 |
| Figura 111. Variación temporal (2014-2021) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla.....  | 118 |
| Figura 112. Variación temporal (2011-2021) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla .....   | 119 |
| Figura 113. Variación temporal (2011-2021) del fósforo total en las estaciones en Granadilla .....  | 119 |
| Figura 114. Variación temporal (2020-2021) del fósforo total en las estaciones en Granadilla .....  | 120 |
| Figura 115. Variación temporal (2011-2021) de fosfatos en sedimentos Granadilla.....  | 120 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 116. Concentración de cinc, cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla .....   | 124 |
| Figura 117. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla.....   | 125 |
| Figura 118. Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla .....  | 126 |
| Figura 119. Concentración de Zn y Cd en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2017-2021 .....  | 127 |
| Figura 120. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2021 .....   | 132 |
| Figura 121. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2021 .....   | 134 |
| Figura 122. Estaciones de muestreo intermareales, demersales, bentónicas y pelágicas .....  | 135 |
| Figura 123. Cobertura y mortandad de Chthamalus en las estaciones: TGr03 San Felipe y TGr12 Tancón .....  | 136 |
| Figura 124. Cobertura y mortandad de Chthamalus en las estaciones: TGr16 Rajita, TGr17 Punta Brava y TGr20 Bocinegro.....   | 137 |
| Figura 125. Cobertura y mortandad de Chthamalus a lo largo de la costa de Granadilla en 2021; 1° semestre (arriba) entre enero y febrero y 2° semestre (abajo), en agosto. La posición del puerto marcada en rojo ..... | 138 |
| Figura 126. Cobertura algal a lo largo de la costa de Granadilla en 2021; 1° semestre (arriba.) entre enero y febrero y 2° semestre (abajo), en agosto. La posición del puerto marcada en rojo.....                     | 139 |
| Figura 127A. Evolución 2011-2021 cobertura algal en la estaciones TGr03 San Felipe y TGr12 Tancón .....   | 140 |
| Figura 128. Evolución 2011-2021 cobertura algal en la estación TGr17 Punta Brava .....  | 141 |
| Figura 129. Evolución 2011-2021 cobertura algal en la estación TGr20 Bocinegro .....  | 142 |
| Figura 130. Sucesión ecológica en TGr03 San Felipe: 2011 (arriba izquierda), 2018 (arriba derecha) y 2019 (abajo izquierda) y 2020 (abajo derecha) y 2021 (abajo centro).....   | 143 |
| Figura 131. Evolución de la diversidad de peces litorales en la costa de Granadilla. ....   | 146 |
| Figura 132. Especies indicadoras de las comunidades bentónicas.....   | 147 |
| Figura 133. Evolución de las comunidades bentónicas en 5 estaciones de la costa de Granadilla (2012-2021).....  | 149 |
| Figura 134. Perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en estaciones a lo largo de la costa .....   | 152 |
| Figura 135. Evolución de los perfiles tróficos de la infauna (poliquetos) en el periodo 2011-2021: al norte del puerto (TGr05) y al sur del puerto (TGr10).....   | 155 |
| Figura 136. Transectos con su espectro bionómicos; invierno de 2021 (febrero).....  | 156 |
| Figura 137. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2021 (septiembre).....   | 156 |
| Figura 138. Aspecto de los distintos hábitats tipificados .....   | 158 |
| Figura 139. Simbología empleada en los diagramas bionómicos .....   | 159 |
| Figura 140. Espectros detallados con distancias de los transectos obtenidos en 2021. Arriba- transectos considerado de invierno 2021 (febrero). Abajo- transecto considerado de verano (septiembre).....                | 160 |
| Figura 141 . Transecto Bocinegro 2021. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo).....  | 161 |
| Figura 142. Transecto Pelada en 2021. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo).....   | 162 |
| Figura 143. Transecto Lajón en 2021. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo) .....   | 163 |
| Figura 144. Transecto Embarcadero en 2021. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo) .....  | 164 |
| Figura 145. Transecto Toscón 2021. Perfil bionómico invernal y estival (abajo) .....  | 165 |
| Figura 146. Espectros bionómicos de los transectos realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2021).....  | 166 |
| Figura 147. Espectros bionómicos del transecto Lajón y Pelada al sur de Granadilla (2011-2021) .....  | 168 |
| Figura 148. Espectros bionómicos del transecto Bocinegro, el más alejado al sur del puerto de Granadilla (2011-2021).....   | 169 |
| Figura 149. Espectros bionómicos del transecto Travieso (2017-2021) .....   | 170 |
| Figura 150. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG) .....   | 173 |
| Figura 151. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG) .....   | 174 |
| Figura 152. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG).....  | 175 |
| Figura 153. Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG).....   | 176 |
| Figura 154. Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG).....  | 177 |
| Figura 155. Mapa bionómico de “2017” (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG).....  | 178 |
| Figura 156. Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. Fuente OAG).....   | 180 |
| Figura 157. Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. Fuente OAG).....   | 181 |
| Figura 158. Hidrocarburos lineales (gr/kg) en gónadas de Diadema en de Granadilla (2011-2021) .....   | 193 |
| Figura 159. Ausencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en gónadas de <i>Diadema africanum</i> .....  | 193 |



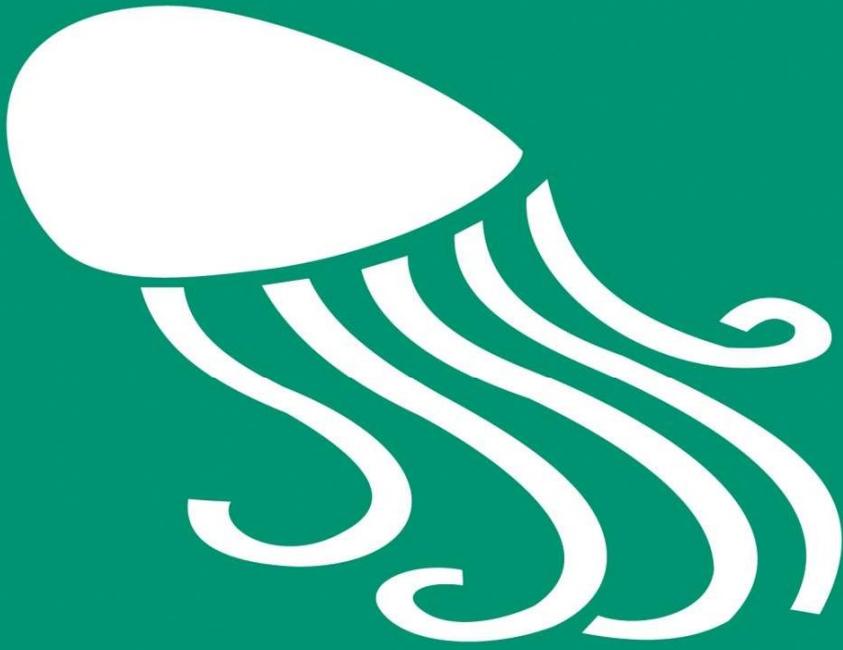
|   |     |
|---|-----|
| Figura 160. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de <i>Diadema africanum</i> en la costa de Granadilla (2011-2021).....  | 196 |
| Figura 161. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de <i>Diadema africanum</i> en la costa de Granadilla (2011-2021).....  | 197 |
| Figura 162. Evolución de la concentración de los distintos metales pesados en gónadas de <i>Diadema africanum</i> en la costa de Granadilla (2011-2021).....  | 198 |
| Figura 163. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas .....   | 199 |
| Figura 164. Evolución de la densidad de haces por m <sup>2</sup> en las estaciones al norte del Puerto .....  | 204 |
| Figura 165. Evolución de la densidad de haces por m <sup>2</sup> en las estaciones próximas al sur del puerto .....   | 205 |
| Figura 166. Evolución de la densidad de haces por m <sup>2</sup> en las estaciones de la ZEC .....  | 206 |
| Figura 167. Relación de masa epígea/hipógea (A/B) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2021 .....  | 208 |
| Figura 168. Relación de masa epígea/total (RWR) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2021 .....  | 208 |
| Figura 169. Biomasa (gramos de peso seco/m <sup>2</sup> ) en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla.....   | 209 |
| Figura 170. Valoración general de los sebadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2021 en relación al 2020 / y la situación de 2021 en relación con 2011 (referencia)..... | 210 |
| Figura 171. Valoración general de la biodiversidad de 2021 .....  | 212 |
| Figura 172. Extremo NO de la ZEC “Sebadales del Sur de Tenerife” (en verde).....  | 213 |

## **5 ANEXOS**

**ANEXO I:**

**INFORME SOBRE MATERIALES  
DE PRÉSTAMO EMPLEADOS EN EL  
PUERTO DE GRANADILLA EN EL AÑO 2021.**

**OAG Inf\_2022.7**



[www.oag-fundacion.org](http://www.oag-fundacion.org)

**INFORME SOBRE MATERIALES  
DE PRÉSTAMO EMPLEADOS EN EL  
PUERTO DE GRANADILLA EN EL AÑO 2021**

Citar como:

OAG (2021). *Informe sobre materiales de préstamo empleados en el puerto de Granadilla en el año 2021*.- S/C de Tenerife: Observatorio Ambiental Granadilla, 11 pp.

Informe OAG Inf\_2022.7 [no publicado].

## FICHA DE PROCEDENCIA DE MATERIALES EXTERNOS PARA EL PUERTO DE GRANADILLA (2013)

|   |   |   |
|---|---|---|
| INFORME SOBRE MATERIALES DE PRÉSTAMO EMPLEADOS EN EL PUERTO DE GRANADILLA EN EL AÑO 2021..... |   | 1 |
| 1   | INTRODUCCIÓN .....  | 4 |
| 2   | RESULTADOS.....   | 4 |
| 3   | FICHAS DE PROCEDENCIA DE MATERIALES EXTERNOS .....  | 5 |
| 1.  | “EDARI de Granadilla” (Proyecto de finalización de la conducción de desagüe y nueva estación depuradora de aguas residuales industriales (EDARI) del Polígono Industrial de Granadilla..... | 5 |
| 2.  | Limpieza de acarreo en la zona marítima de los barrancos de Santos, Tahodio y el Bufadero.....  | 8 |

.....

Santa Cruz de Tenerife, 22 de agosto 2022  
Documento firmado digitalmente



## 1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las labores de vigilancia ambiental de las obras del puerto de Granadilla, el OAG viene comprobando que los materiales de acopio externo proceden de canteras o movimientos de tierras autorizados, tal como exige la Declaración de impacto ambiental (DIA) de dicho proyecto.

El OAG informa en su página web de las fuentes de materiales y con periodicidad mensual verifica si se han obtenido previa autorización y ajustándose a los fines y limitaciones de la misma.

En 2021, las dos únicas fuente de materiales utilizadas (no se incluye el Polígono Industrial de Granadilla, al haber ya sido evaluado) han extraído materiales de modo correcto (con autorización y ajustándose a sus términos). Aunque una de las fuentes no es un punto de préstamo de materiales propiamente dicho (son dragados de distintas dársenas del puerto de Santa Cruz de Tenerife), se trata como tal en este informe, no así en la web del OAG (ver *dragados*).

## 2 RESULTADOS

El número de fuentes de material en 2021 ha sido de 2, no estando ninguna activa a final de año. El material total extraído durante 2021 es de 86.925 m<sup>3</sup> (aproximadamente 165.079 Tm).

**Materiales de préstamo aportados y verificación de su obtención de modo correcto.**  
Extracto de la web del OAG a fecha de noviembre de 2021

### Tabla de materiales 2021

| Origen           | Julio  | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre |
|------------------|--------|--------|------------|---------|-----------|
| EDARI Granadilla | 13.380 | 11.640 | 3.140      | 3.340   | 720       |

#### NOTAS:

**Noviembre 2021:** el contratista presenta certificado con el visto bueno de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife en el que se constata que el volumen autorizado corresponde con el teórico de excavación, y que una vez esponjado incrementa su volumen en un porcentaje aproximado de un 30% por lo que el volumen total de material previsto a acopiar podría llegar a los 39.720 metros cúbicos. tras el último aporte el día 18 de noviembre, el volumen total aportado es de 32.220 metros cúbicos.

**Octubre 2021:** el volumen aportado excede en 946 metros cúbicos al volumen autorizado. Este exceso puede ser debido al esponjamiento del material, por lo que se ha solicitado aclaración al respecto al contratista.

**Julio 2021:** comienzan los aportes de este punto de préstamo de materiales. Los datos mostrados se refieren a metros cúbicos.

**Junio 2021:** No ha habido ningún punto de préstamo externo distinto del Polígono Industrial de Granadilla hasta la fecha.

La fuente de materiales "EDARI Granadilla" superó el volumen teórico de aportación, por lo que se le solicita aclaración al respecto, siendo resultado de la diferencia entre el volumen teórico de excavación frente al volumen real una vez esponjado, en el que los materiales pueden sufrir un incremento de volumen de aproximadamente un 30%. El contratista presentó certificado con el visto bueno de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.

### 3 FICHAS DE PROCEDENCIA DE MATERIALES EXTERNOS

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1                                  | <p><b>“EDARI de Granadilla” (Proyecto de finalización de la conducción de desagüe y nueva estación depuradora de aguas residuales industriales (EDARI) del Polígono Industrial de Granadilla</b></p>   |
| <i>Designación</i>                 |  |
| <i>Tipo de actuación</i>           | Transporte de material excedente de obra promovida por el Polígono Industrial de Granadilla S.A., consistente en la finalización de la conducción de desagüe correspondiente al emisario submarino a partir de la EDARI de nueva construcción.   |
| <i>Descripción</i>                 | <p>Construcción de una EDARI que depure las aguas procedentes de la mayor parte del Polígono Industrial de Granadilla, así como las procedentes del Puerto y del Sector DISA, sustituyendo el pozo absorbente actual. Completar la conducción de desagüe hasta emisario submarino que se apoya en el nuevo muelle del Puerto de Granadilla. El volumen aproximado de material excedente es de 30.554,78 m<sup>3</sup> y un peso aproximado de 62.027,33 Tn. Su código LER es 17.05.04 “Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17.05.03”. El material será acopiado de modo provisional en la explanada portuaria para futuros rellenos de explanadas del puerto de Granadilla.</p> <p>Una vez constatado que el volumen de material correspondía al teórico de excavación y que una vez esponjado incrementa su cantidad en un porcentaje aproximado de un 30%, se permite que el volumen inicialmente previsto se haya incrementado en 9.166 m<sup>3</sup>. Para ello se exige certificado con el visto bueno de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.</p> |
| <i>Ubicación</i>                   | Aeropuerto del Sur de Tenerife. 28° 4'45.73"N 16°30'11.35"O  |
| <i>Periodo de aportes</i>          | <p>La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife nos facilita la siguiente información:</p> <p>Julio 2021: 13.380 m<sup>3</sup> (aprox. 26.760 Tn.).<br/>         Agosto 2021: 11.640 m<sup>3</sup> (aprox. 23.280 Tn.).<br/>         Septiembre 2021: 3.140 m<sup>3</sup> (aprox. 6.280 Tn.).<br/>         Octubre 2021: 3.340 m<sup>3</sup> (aprox. 3.380 Tn.).<br/>         Noviembre 2021: 720 m<sup>3</sup> (aprox. 1.140 Tn.).</p> <p>Este es el último aporte de este punto de préstamo de materiales, por lo que el total es de 32.220 m<sup>3</sup> (aprox. 61.140 Tn.).</p>   |
| <i>Autorización</i>                |  |
| <i>Fecha</i>                       | 12-02-2019.  |
| <i>Autoridad</i>                   | Área de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Seguridad.  |
| <i>Promotor</i>                    | Polígono Industrial de Granadilla S. A.  |
| <i>Descripción y/o condiciones</i> | <p>El proyecto consiste en, por una parte, la construcción de la Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales (EDARI) del Polígono Industrial de Granadilla y de la finalización de la conducción de desagüe para el vertido de las aguas residuales depuradas al mar.</p> <p>El ámbito destinado a acoger a la EDARI está conformado por una parcela de 8.342 m<sup>2</sup> de superficie, fuertemente transformada por los intensos movimientos de tierra practicados. En el caso de la conducción de desagüe vinculada a la EDARI proyectada, el tramo existente, de aproximadamente 1.666,23 m de longitud, discurre desde la parcela</p>  |

## FICHA DE PROCEDENCIA DE MATERIALES EXTERNOS PARA EL PUERTO DE GRANADILLA (2013)

|                            |   |
|----------------------------|---|
|                            | principal seleccionada a través de la vía del Eje-31. Por su parte el nuevo tramo a ejecutar partirá del punto final del tramo existente, discurriendo la conducción por terrenos de dominio portuario hasta el arranque del dique exterior existente del Puerto de Granadilla, traspasando la obra de abrigo en el ámbito de unión entre la alineaciones 1 y 2 del dique para posteriormente discurrir sobre el lecho marino sobre “muertos de anclaje” de hormigón hasta el punto de vertido ubicado a la cota de -34,50 m. |
| <i>Plazo</i>               | Dos años.   |
| <i>Proyecto</i>            | Sí. Dispone de Informe de Impacto Ambiental emitido por el Área de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Seguridad del Cabildo de Tenerife.  |
| <b><i>Evaluación</i></b>   |   |
| <i>Fecha visita/s</i>      | 30/06/2021; 06/08/2021 y 23/12/2021.  |
| <i>Estado actual</i>       | En ejecución.   |
| <i>Ajuste autorización</i> | Conforme.   |
| <i>Comentarios</i>         | Residuo proveniente de obra pública.  |
| <i>Conclusión</i>          | <i>Correcto.</i>  |



Figura 1: pala trabajando en la obra. Fecha 30/06/2021



Figura 2: palas trabajando en la obra. Fecha 06/08/2021



2

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Designación</b>                 | <b>Limpieza de acarreos en la zona marítima de los barrancos de Santos, Tahodio y el Bufadero</b>  |
| <b>Tipo de actuación</b>           | Limpieza de acarreos del puerto de Santa Cruz de Tenerife.   |
| <b>Descripción</b>                 | A consecuencia de los sucesivos episodios de lluvias torrenciales acaecidos en los últimos años en el entorno del Puerto de Santa Cruz de Tenerife, los barrancos que desembocan en las dársenas de dicho Puerto arrastran una gran cantidad de acarreos de diferentes morfología y dimensiones, que acaban depositándose en el fondo del recinto portuario, disminuyendo las condiciones operativas para la navegabilidad de los buques que transitan por sus inmediaciones. Ante este hecho, el departamento de Infraestructuras del Puerto de Santa Cruz de Tenerife debe llevar a cabo la ejecución de este proyecto.  |
| <b>Ubicación</b>                   | Tres zonas distintas (Figura 3):<br>Zona de actuación I: entorno desembocadura Barranco de Santos.<br>Zona de actuación II: entorno de desembocadura Barranco Tahodio.<br>Zona de actuación III: muelle de ribera del dique del Este.  |
| <b>Periodo de aportes</b>          | La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife no informó del inicio de los aportes al OAG, por lo que fue necesario solicitarle información al respecto una vez detectados los primeros. Aunque el proyecto cumple con la normativa ambiental y fue convenientemente caracterizado, esta situación no puede volver a repetirse, puesto que cualquier punto de préstamo de materiales que entre en la obra del puerto de Granadilla debe contar con el visto bueno del OAG.<br>Dicha autoridad portuaria nos facilita la siguiente información:<br>Enero 2021: 7.020 m <sup>3</sup> .<br>Febrero 2021: 20.050 m <sup>3</sup> .<br>Marzo 2021: 14.545 m <sup>3</sup> .<br>Abril 2021: 13.090 m <sup>3</sup> .<br>Este es el último aporte de este punto de préstamo de materiales, por lo que el total es de 54.705 m <sup>3</sup> .                                |
| <b>Autorización</b>                | Noviembre de 2018.   |
| <b>Fecha</b>                       | Noviembre de 2018.   |
| <b>Autoridad</b>                   | Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.   |
| <b>Promotor</b>                    | Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.   |
| <b>Descripción y/o condiciones</b> | Se especifica fecha del Proyecto, en el que se justifica adecuadamente la no necesidad de realizar una evaluación de impacto ambiental del proyecto.<br>Se toman y analizan :<br>En el barranco de Tahodio 3 muestras, una se caracteriza en la categoría A y las otras dos en la B.<br>En la dársena del este 7 muestras, una se caracteriza como A y las otras 6 como B.<br>En el barranco de Santos 4 muestras, superando todas el NAC para el metal pesado mercurio por lo que deben ser consideradas como C.<br>Los materiales de la categoría A son materiales que debido a la poca o ninguna afección que estos sedimentos tendrían sobre el medio, podrán verterse al mar excepto en las zonas de exclusión.<br>Los materiales pertenecientes a la categoría B son materiales que debido a la baja o mediana afección que estos sedimentos tendrían sobre el |

FICHA DE PROCEDENCIA DE MATERIALES EXTERNOS PARA EL PUERTO DE GRANADILLA (2013)

|                            |   |
|----------------------------|---|
|                            | <p>medio, podrán verterse al mar excepto en las zonas de exclusión y las zonas restringidas.</p> <p>Los sedimentos de categoría C, excepto en el caso de que se sometan a la adecuada técnica de tratamiento que permita la separación o el aislamiento de las fracciones contaminadas, podrán ser reubicados en las aguas del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) únicamente de manera confinada y su gestión deberá de realizarse de acuerdo a lo indicado en las Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre (DCMD, en lo sucesivo):</p> <p>1.- Mediante recubrimiento o confinamiento subacuático.</p> <p>2.- Como relleno de estructuras portuarias (conforme a lo establecido en las DCMD), garantizando que, si se generan superficies secas por encima de la lámina de agua, los materiales emergidos no estén considerados como suelo contaminado conforme a lo establecido en el RD 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.</p> <p>Se utilizarán como material de relleno, previa estabilización en área acondicionada, de la explanada del muelle de ribera. El OAG vigilará convenientemente estos usos.</p> |
| <i>Plazo</i>               | Cuatro meses  |
| <i>Proyecto</i>            | Sí. No necesario trámite medioambiental específico en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.   |
| <b><i>Evaluación</i></b>   |   |
| <i>Fecha visita/s</i>      | 21/01/2021; 26/01/2021; 24/02/2021; 15/04/2021 y 19/09/2021.  |
| <i>Estado actual</i>       | Finalizado.   |
| <i>Ajuste autorización</i> | Conforme.   |
| <i>Comentarios</i>         | Dragados provenientes de limpieza de acarreos para utilización en obra pública.   |
| <i>Conclusión</i>          | Correcto siempre y cuando su uso se preste en las condiciones mencionadas.  |

FICHA DE PROCEDENCIA DE MATERIALES EXTERNOS PARA EL PUERTO DE GRANADILLA (2013)

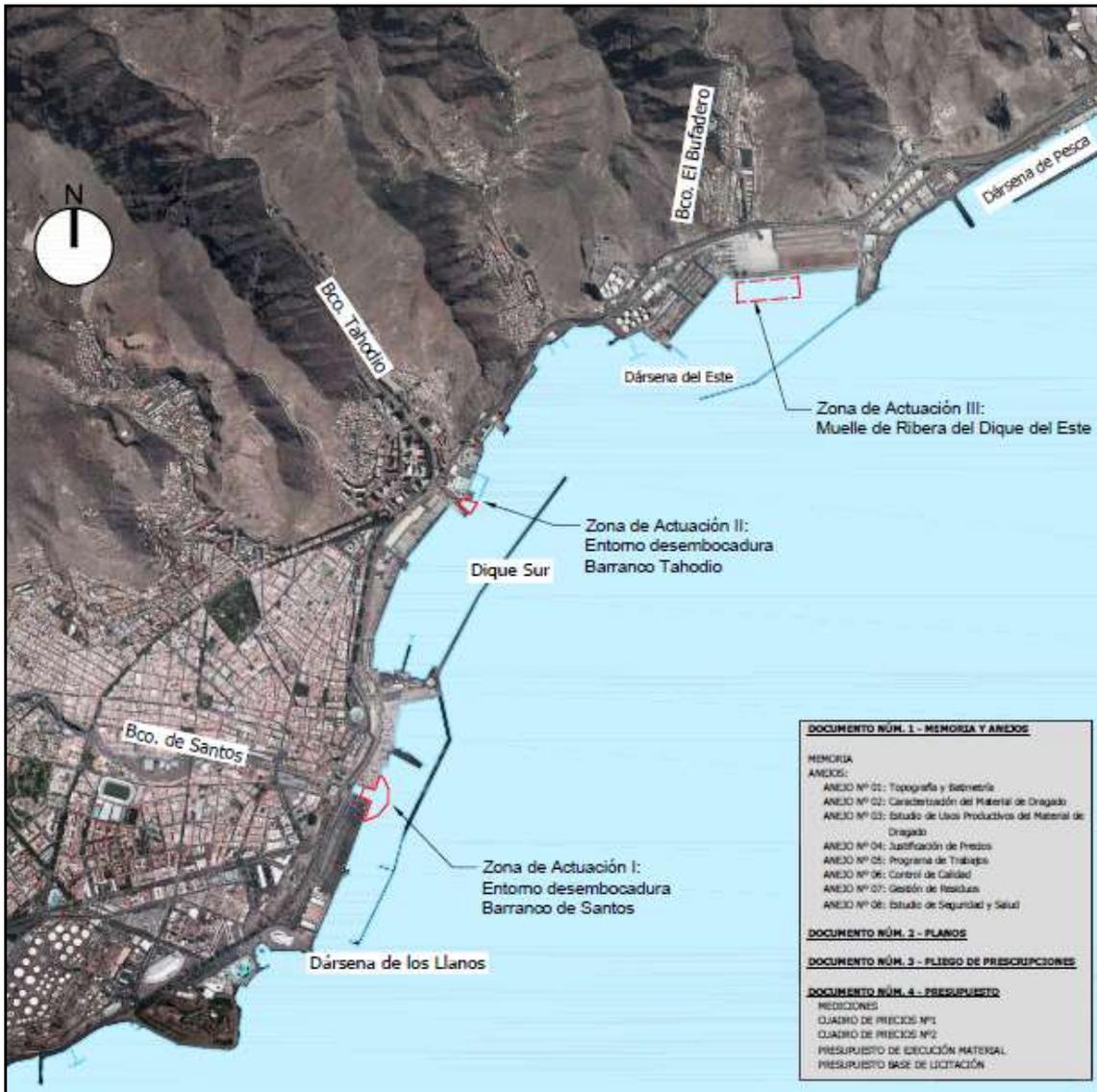


Figura 3: zonas de limpieza de acarreo. Fuente: Proyecto APSCTFE

FICHA DE PROCEDENCIA DE MATERIALES EXTERNOS PARA EL PUERTO DE GRANADILLA (2013)

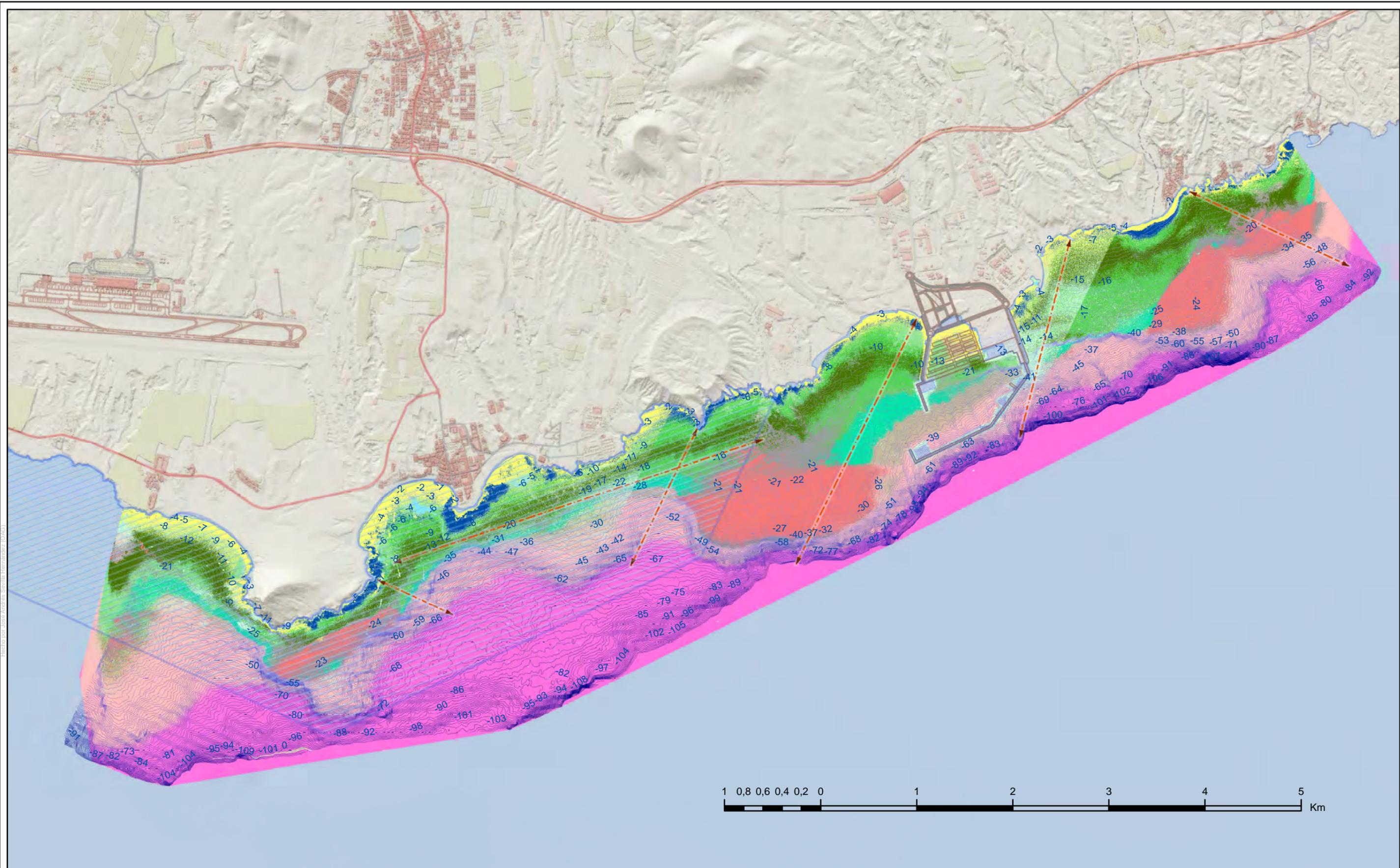


Figura 4: gabarra llegando al puerto de Granadilla. Fecha 21/01/2021



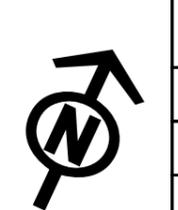
Figura 5: gabarra descargando materiales en el puerto de Granadilla. Fecha 21/01/2021

**ANEXO II:**  
**MAPA BIONÓMICO DE LA COSTA DE GRANADILLA**



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

|                                |             |                   |                           |
|--------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|
| ZEC                            | algal       | sebadal denso     | fondos profundos          |
| transecto de vídeo en arrastre | arenal      | sebadal medio     | caulerpa                  |
| Línea de costa (2021)          | blanquízal  | sebadal laxo      | Fango, cieno. agua lodosa |
|                                | maërl       | sebadal vestigial |                           |
|                                | maërl mixto | suelos calcáreos  |                           |



|                                |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| <b>PVA GRANADILLA</b>          |                                   |
| <b>Mapa bionómico OCT 2021</b> |                                   |
| Autor:                         | Observatorio Ambiental Granadilla |
| Fecha:                         | 26 de septiembre de 2022          |



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

**ANEXO III:**  
**NIVELES MAREA AL TIEMPO DE TOMA SATELITAL**

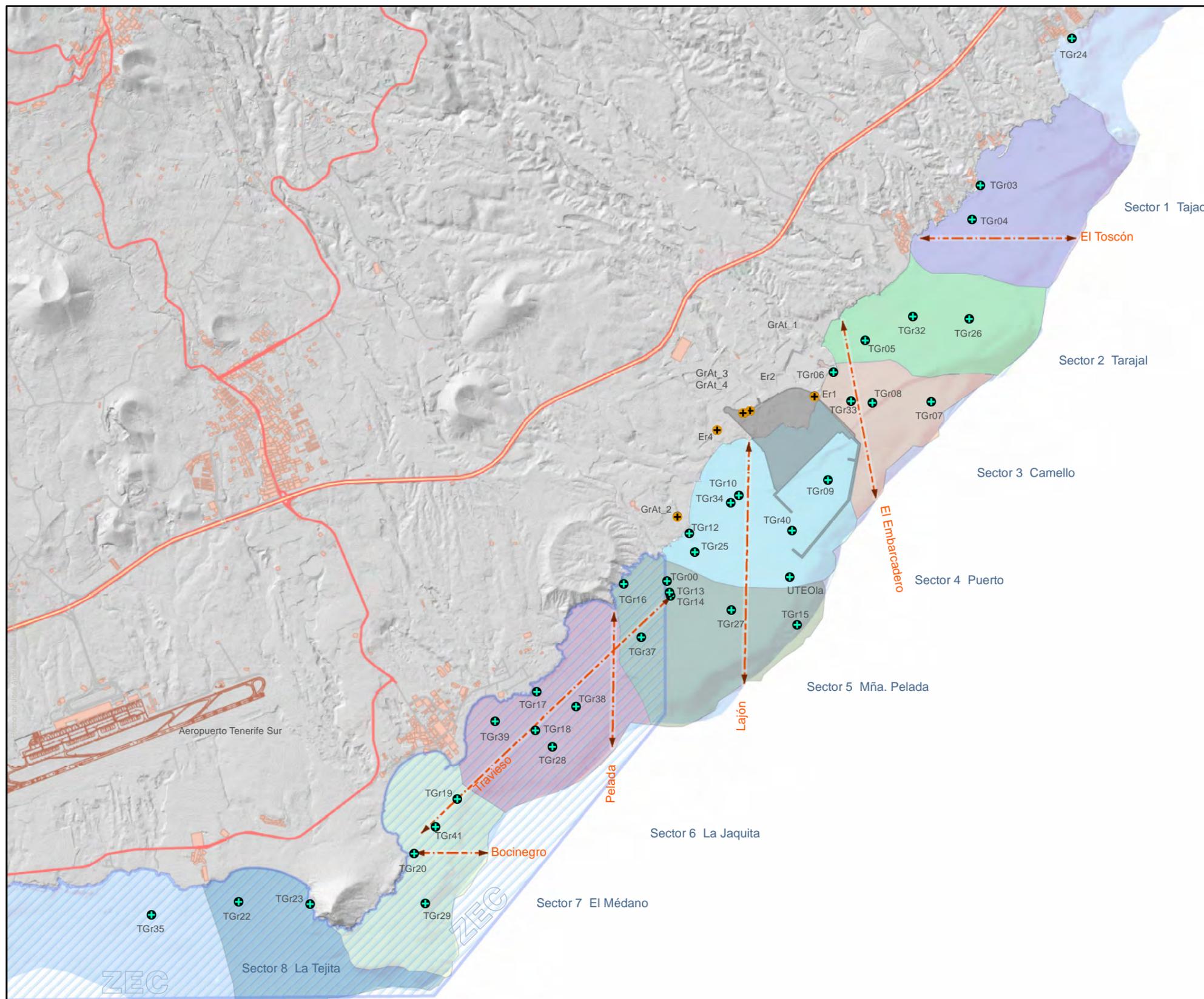
|    | Fecha      | Hora     | Mareas web (m) | Mareógrafo Granadilla | Mareas          | Corriente boya V (cm/s) D (°) |
|----|------------|----------|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1  | 18/09/2011 | 12:28 am | 1,02           | 147 ^                 | Subiendo        | V:30 D:36 ↗                   |
| 2  | 29/10/2011 | 12:23 am | 1,51           | 186 ^                 | Subiendo        | V:37 D:20 ↗                   |
| 3  | 01/12/2011 | 12:11 am | 0,98           |                       | Baja - subiendo | V:24 D:233 ↘                  |
| 4  | 20/12/2011 | 12:13 am | 2,02           |                       | Bajando         | V:36 D:232 ↘                  |
| 5  | 09/01/2012 | 12:14 am | 0,96           |                       | Subiendo        | V:20 D:35 ↗                   |
| 6  | 18/02/2012 | 12:05 am | 1,02           | 191 v                 | Bajando         | V:03 D:334 ↘                  |
| 7  | 08/03/2012 | 12:06 am | 1,07           | 226 ^                 | Subiendo        | V:08,5 D:28,4 ↘               |
| 8  | 01/04/2012 | 12:22 am | 1,16           | 158 v                 | Bajando         | V:03,8 D:143,4 ↘              |
| 9  | 06/05/2012 | 12:33 am | 1,32           | 267 ^                 | Alta - subiendo |                               |
| 10 | 05/06/2012 | 12:28 am | 1,49           | 259 ^                 | Alta - subiendo | V:37,4 D:40,33 ↗              |
| 11 | 13/07/2012 | 12:28 am | 1,71           | 179 v                 | Bajando         |                               |
| 12 | 01/08/2012 | 12:27 am | 1,88           |                       |                 |                               |
| 13 | 14/07/2012 | 12:05 am | 2,05           |                       | Alta - sube     | V:33,70 D:57,8 ↗              |
| 14 | 08/10/2012 | 12:20 am | 2,16           |                       | Baja - sube     | V:44,70 D:23,39 ↗             |
| 15 | 10/11/2012 | 12:03 am | 2,26           |                       | Subiendo        | V: 07,40 D:13,0 ↗             |
| 16 | 15/12/2012 | 12:13 am | 2,32           |                       | Subiendo        | V:40,50 D:43,25 ↗             |
| 17 | 02/02/2013 | 12:07 am | 0,87           | 0,87                  | Subiendo        | V:34,87 D:39,29 ↗             |
| 19 | 25/03/2013 | 12:27 am | 2,21           | 2,21                  | Subiendo        | V:18,33 D:57,93 ↗             |
| 20 | 09/06/2013 | 12:27 am | 1,81           | 1,81                  | Bajando         | Sin datos - ↗                 |
| 21 | 25/07/2013 | 12:32 am | 1,26           | 1,26                  | Subiendo        | V:09,75 D:44,3 ↗              |
| 22 | 04/10/2013 | 12:18 am | 2,19           | 2,19                  | Subiendo        |                               |
| 23 | 03/12/2013 | 12:09 am | 2,44           | 2,44                  | Bajando         | V:41,28 D:37,76 ↗             |
| 24 | 0/03/2014  | 12:10 pm | 1,02           |                       | Bajando         | V:33,50 D:237,5 ↘             |
| 25 | 16/03/2014 | 12,16 pm | 2,2            |                       | Alta            | V:6,63 D:60,34 ↗              |
| 26 | 01/05/2014 | 12:21 pm | 1,42           |                       | Subiendo        | V:9,26 D:11,75 ↗              |
| 27 | 22/06/2014 | 12:03 pm | 1,86           |                       | Bajando         | ↘                             |
| 28 | 03/07/2014 | 11:57 am | 0,87           |                       | Subiendo        | ↗                             |
| 29 | 22/09/2014 | 12:10 pm | 2,15           |                       | Alta            | -                             |
| 30 | 04/01/2015 | 11:47 am | 2,01           |                       | Alta, subiendo  | V:23,69 D:49,42 ↗             |
| 31 | 02/03/2015 | 12:00 pm | 2,00           |                       | Alta, bajando   | V:1,69 D:323,34 ↘             |
| 32 | 03/05/2015 | 11:44 am | 1,82           |                       | Subiendo        | V: 23,94 D: 62,87 ↗           |
| 33 | 01/07/2015 | 11:53 am | 2,02           |                       | Subiendo        | V: 14,61 D: 56,33 ↗           |
| 34 | 31/07/2015 | 11:51 am | 1,93           |                       | Subiendo        | V: 22,96 D: 65,89 ↗           |
| 35 | 01/09/2015 | 12:09 pm | 0,98           |                       | Subiendo        | V: 27,9 D: 65,91 ↗            |
| 36 | 14/12/2015 | 11:37 am | 1,18           |                       | Subiendo        | V: 4,2 D: 19,4 ↗              |
| 37 | 04/01/2015 | 11:47 am | 2,01           |                       | Alta, subiendo  | V:23,69 D:49,42 ↗             |
| 38 | 02/03/2015 | 12:00 pm | 2,00           |                       | Alta, bajando   | V:1,69 D:323,34 ↘             |
| 39 | 2016/04/29 | 12:12 pm | 0,92           |                       | Baja, subiendo  | V: 18,32 D: 229,12 ↘          |
| 40 | 25/06/2016 | 12:13 pm | 0,73           |                       | Baja, subiendo  | V: 13,02 D: 197,15 ↘          |
| 41 | 01/08/2016 | 12:14 pm | 2,15           |                       | Alta, bajando   |                               |
| 42 | 01/11/2016 | 12:05 pm | 2,04           |                       | Alta, subiendo  |                               |
| 43 | 02/12/2016 | 12:06 pm | 1,77           |                       | Subiendo        | V: 14,18 D: 74,79 ↗           |
| 44 | 02/06/2017 |          |                |                       |                 |                               |
| 45 | 21/04/2018 |          | 0,77           |                       | Baja, subiendo  |                               |
| 46 | 21/12/2019 | 12:02    | 1,33           |                       | Bajando         | V: 11,82 D:258,61 ↘           |
| 47 | 04/09/2020 | 12:04    | 1,50           |                       | Subiendo        | No disponible                 |
| 48 | 17/12/2021 | 11:44    | 1,64           |                       | subiendo        | No disponible                 |

**ANEXO IV:**  
**RELACIÓN ACTUALIZADA DE LAS ESTACIONES DE**  
**MUESTREOS DEL OAG EN LA COSTA DE**  
**GRANADILLA**

| Código | Denominación    | Latitud         | Longitud        | Destino   |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| TGR00  | Boya Granadilla | 28°03'40,230"N  | 16°30'32,076"W  | Meteorología y correntímetro  |
| TGr03  | San Felipe      | 28°06'17,200"N  | 16°28'20,183"W  | Comunidad supra e intermareal, y erizo  |
| TGr04  | La Caleta       | 28° 06'04,154"N | 16°28'23,653"W  | Trampa, sonda, agua, sedimentos, seba   |
| TGr05  | Tarajales       | 28°05'17,482"N  | 16° 29'09,075"W | Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, seba, plancton y estacado |
| TGr07  | Camello         | 28°04'54,236"N  | 16°28'40,278"W  | Comunidad pelágica  |
| TGr08  | Lajón           | 28°04'53,592"N  | 16°29'05,641"W  | Trampa, sonda, agua, sedimentos, infauna, seba, plancton y estacado                   |
| TGr09  | Dársena         | 28°04'21,402"N  | 16°29'29,298"W  | Sonda, agua, micro, sedimentos, plancton e infauna                                    |
| TGr10  | Medio           | 28°04'17,543"N  | 16°30'02,731"W  | Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna, demersal, seba, plancton     |
| TGr12  | Tancón          | 28°04'02,651"N  | 16°30'23,804"W  | Com. supra e intermareal, bentos y erizo  |
| TGr13  | Abejera         | 28°03'45,529"N  | 16°30'32,604"W  | Trampa, sonda, infauna, seba y estacado   |
| TGr14  | Charcón         | 28°03'38,779"N  | 16°30'31,596"W  | Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna y seba                        |
| TGr15  | Pelada          | 28°03'28,328"N  | 16°29'36,898"W  | Comunidad pelágica  |
| TGr16  | Rajita          | 28°03'43,178"N  | 16°30'51,924"W  | Comunidad supra e intermareal, y erizo  |
| TGr17  | Punta Brava     | 28°03'01,452"N  | 16°31'28,737"W  | Comunidad supra e intermareal, bentos y erizo   |
| TGr18  | Jaquita         | 28°02'46,776"N  | 16°31'29,094"W  | Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, plancton y seba           |
| TGr19  | Médano          | 28°02'20,285"N  | 16°32'02,451"W  | Trampa, sonda, agua, sedimentos y seba  |
| TGr20  | Bocinegro       | 28°01'59,115"N  | 16°32'20,702"W  | Comunidad supra e intermareal, erizo y estacado                                       |
| TGr22  | Tejita          | 28°01'39,817"N  | 16°33'36,018"W  | Trampa, sonda, agua, sedimentos, infauna, seba y estacado                             |
| TGr23  | Montaña Roja    | 28°01'39,322"N  | 16°33'05,143"W  | Erizo   |
| TGr24  | Las Lisas       | 28°07'13,672"N  | 16°27'41,475"W  | Erizo   |
| TGr25  | Carrera         | 28°03'55,692"N  | 16°30'21,391"W  | Bentos  |
| TGr26  | Cambada         | 28°05'26,020"N  | 16°28'24,344"W  | Mäerl y desarrollo del mäerl  |
| TGr27  | Confite         | 28°03'33,664"N  | 16°30'05,378"W  | Mäerl y desarrollo del mäerl  |
| TGr28  | Piedras blancas | 28°02'40,630"N  | 16°31'21,775"W  | Mäerl y desarrollo del mäerl  |
| TGr29  | Montelís        | 28°01'40,199"N  | 16°30'06,200' W | Mäerl y desarrollo del mäerl  |
| TGr32  | Punta Negra     | 28°05'26,765"N  | 16°29'48,683" W | Estacado  |
| TGr33  | Emisario        | 28°04'54,178' N | 16°29'14,816" W | Estacado  |

|                        |            |                 |                   |                         |
|------------------------|------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| <b>TGr34</b>           | Galletita  | 28°04'04,700' N | 16°30'06,200'' W  | Estacado                |
| <b>TGr35</b>           | San Miguel | 28°01'34,320"N  | 16°34'13,579" W   | Maërl                   |
| <b>TGr37</b>           | Ensanchada | 28°03'22,926"N  | 16°30'43,919" W   | Estacado                |
| <b>TGr38</b>           | Barca      | 28°02'56,076"N  | 16°31'11,765" W   | Estacado                |
| <b>TGr39</b>           | Arenal     | 28°02'50,000"N  | 16° 31'46,500" W  | Bentos                  |
| <b>TGr40</b>           | Martillo   | 28°04'04,354"N  | 16°29'39,672" W   | Sonda, agua, sedimentos |
| <b>MEDIO TERRESTRE</b> |            |                 |                   |                         |
| <b>GrAt_1</b>          | Unelco     | 28°05'18,314"N  | 16° 29' 37,187" W | Captador de polvo       |
| <b>GrAt_2</b>          | Iter       | 28°04'09,124"N  | 16° 30' 29,125" W | Captador de polvo       |
| <b>GrAt_3</b>          | Casetas    | 28°04'49,009"N  | 16° 30' 0,851" W  | Captador de polvo       |
| <b>GrAt_4</b>          | Meteo OAG  | 28°04'48,982"N  | °16°30'1,337"W    | Estación meteorológica  |
| <b>Er4</b>             | Poligono   | 28°04'42,416"N  | 16° 30' 12,445" W | Medidas de ruido        |
| <b>Er2</b>             | Casetas    | 28°04'49,946"N  | 16° 29' 58,336" W | Medidas de ruido        |
| <b>Er1</b>             | Rotonda    | 28°04'55,707"N  | 16° 29' 30,537" W | Medidas de ruido        |

**ANEXO V:  
PLANO DE UBICACIÓN DE ESTACIONES DE  
MUESTREOS**



**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**

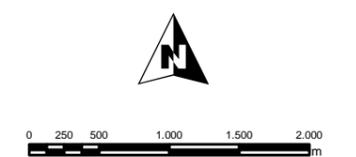
| CÓDIGO | DENOMINACIÓN         | FONDO (m) |
|--------|----------------------|-----------|
| TGr00  | Boya de Granadilla   | -13,3     |
| TGr03  | San Felipe           | -2,19     |
| TGr04  | La Caleta            | -10,32    |
| TGr05  | Tarajales            | -12,17    |
| TGr06  | Embarcadero          | -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 Bocinegro | -12,79    |
| UTE0la | 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
  ZEC
  Puerto de Granadilla



**PVA GRANADILLA**  
Estaciones y transectos de muestreo

|                    |  |
|--------------------|--|
| Nº Mapa<br>ANEXO D | Centro de datos<br>09 de enero de 2019 |
|--------------------|--|