

SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA Y DE LAS TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL

Informe anual 2022

Septiembre 2023

SANTA CRUZ DE TENERIFE



OAG (2023). *Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa y de las tendencias de la biodiversidad local. Informe anual 2022.*- S/C de Tenerife: Observatorio Ambiental Granadilla, pp. 233 [no publicado].

TABLA DE CONTENIDO

INFORME ANUAL 2022	1
1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Objeto y alcance del presente informe.....	6
1.3 Avances e informes previos.....	7
2 LA VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE OPERATIVA Y DE LAS TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL	8
2.1 Revisión de impactos potenciales	8
2.2 Objetivos del presente plan.....	9
3 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS	10
3.1 Modificaciones y situación de las obras	10
3.1.1 Defensa y rellenos de explanada en el puerto de Granadilla	10
3.1.2 Centro de Inspección Portuaria (CIP). Fase 1.....	12
3.1.3 Viario y redes básicas del puerto de Granadilla.....	13
3.1.4 Edificio de servicios puerto de Granadilla.....	13
3.2 Nuevos usos portuarios.....	14
3.2.1 Concesión administrativa e Informe de Impacto Ambiental astillero contradique.....	17
3.2.2 Concesión administrativa y Declaración de Impacto Ambiental Parque de almacenamiento y Distribución de combustibles.....	19
4 MEDIDAS COMPENSATORIAS	21
4.1 Medidas cumplimentadas	21
A.- Establecimiento de una fundación independiente y permanente	22
B1.- Declaración de un LIC para la piña de mar.....	22
B2.- Declaración de dos nuevos LIC para el hábitat 1110.....	22
4.2 Restauración del LIC ES7020049 Montaña Roja (B4)	22
4.3 Seguimiento de la tortuga boba (B3)	22
5 MEDIDAS CORRECTORAS	25
5.1 Replantación de seabadales	25
5.2 Trasvase de arenas norte-sur.....	25
5.3 Recuperación de playas	27
5.4 Aguas residuales del puerto	27
6 SEGUIMIENTO AMBIENTAL	27
6.1 Vigilancia de las obras	27
6.1.1 Materiales de acopio externos.....	28
6.1.2 Rellenos y vertidos accidentales	28
6.1.3 Niveles sonoros y de polvo; medidas de mitigación.....	29
6.1.4 Mitigación lumínica.....	34
6.2 Integración paisajística	36
6.2.1 Adecuación cromática.....	36
6.2.2 Uso de flora local.....	37



6.2.3	Uso de bolos y callaos	37
6.2.4	Restauración de la zona de obras	39
6.3	Operaciones portuarias	39
6.3.1	Dragados	39
6.3.2	Derrame accidental de hidrocarburos	40
6.3.3	Residuos flotantes y basuras	41
6.3.4	Control de la prohibición de la pesca.....	42
6.3.5	Control de zonas verdes.....	43
6.3.6	Control zona de servicio del puerto	43
6.3.7	Control de residuos	43
6.3.8	Control de ruidos y luces de las embarcaciones atracadas.....	44
6.4	Geodinámica litoral.....	44
6.4.1	Episodios tormentosos	45
6.4.2	Nivel medio del mar y oleaje	45
6.4.3	Flujo de la corriente	45
6.4.4	Alteraciones batimétricas.....	46
6.4.5	Alteraciones en playas	58
6.4.6	Batimetría y perfil de las playas	69
6.4.7	Clima marítimo	101
6.5	Calidad del medio marina	101
6.5.1	Parámetros oceanográficos	102
6.5.2	Calidad del agua.....	110
6.5.3	Contaminación microbiológica.....	122
6.5.4	Calidad de los sedimentos.....	124
6.5.5	Evaluación general del medio físico	152
6.6	Biodiversidad marina	154
6.6.1	Comunidades intermareales y submareales	155
6.6.2	Comunidades de peces litorales	166
6.6.3	Perfiles y cartografía bionómica	172
6.6.4	Especies exóticas potencialmente invasoras.....	205
6.6.5	Efecto arrecife artificial	205
6.6.6	Estado fisiológico del sebadal.....	206
6.6.7	Evaluación general del sebadal.....	215
6.6.8	Evaluación general de la biodiversidad	216
6.6.9	Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116.....	218
7	RECOMENDACIONES	222
8	ANEXOS	233



SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL PUERTO DE GRANADILLA EN FASE OPERATIVA Y DE LAS TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL

Informe anual 2022

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 de la Fundación 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.

Tras la entrada en vigor de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, la Fundación se denomina “Fundación del Sector Público Estatal Observatorio Ambiental Granadilla” (en lo sucesivo, OAG). Está adscrita a la Administración General del Estado y ejerce su protectorado el Ministerio de Cultura y Deporte.

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 (ver punto 3.2 de este informe) 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 apartado 4 del informe.

En el año 2022 ha comenzado 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, como el muelle de ribera, viarios y rellenos de explanadas, etc. Dicho plan fue aprobado por el Patronato de la Fundación en su 31ª sesión de 7 de diciembre de 2021.

Desde el principio se adoptó un mecanismo dinámico y ágil de reporte a través de la página web del OAG (www.oag-fundacion.org), de modo que la información pueda explotarse sobre la marcha y ser conocida por el público en general. A final del ejercicio se elabora un único informe anual, sin perjuicio de que eventualmente se hayan publicado informes 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 2022. 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 y las tendencias de la biodiversidad local durante 2022, de la que se ha venido dando oportuna cuenta mediante la web del OAG.
- c) Analizar los nuevos usos portuarios propuestos y su concordancia con las razones imperiosas de interés público de primer orden que permitieron la construcción de la infraestructura.
- d) Proponer ajustes al plan de vigilancia en fase operativa en función de los resultados obtenidos durante 2022 en aras a su mayor eficacia.
- e) 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 puntales 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 recibida. Son estos:

- Marzo 2022** Informe sobre el Plan de Gestión de la Zona de Especial Conservación ZEC ES7020116 “Sebadales del sur de Tenerife”, en la isla de Tenerife, Islas Canarias (Anexo II.23 del Proyecto de Orden Ministerial por el que se aprueba el segundo Plan de Gestión de las 24 ZEC Macaronésicas y se propone la ampliación de 3 de ellas).
- Marzo 2022** Informe sobre la reposición del flujo de arena en la costa de Granadilla (Tenerife). Cuarta prueba de vertido.
- Mayo 2022** Informe sobre el Plan Interior Marítimo del Puerto de Granadilla (V4). Recomendaciones.
- Junio 2022** Informe sobre el Estudio de Impacto Ambiental del Parque de Almacenamiento y distribución de combustibles en el puerto de Granadilla (Tenerife)- T.M. de Granadilla de Abona.
- Septiembre 2022** Informe de estado del sebadal (*Cymodocea nodosa*) en la campaña de invierno de 2022.
- Septiembre 2022** Informe de estado del sebadal (*Cymodocea nodosa*) en la campaña de verano de 2022.
- Septiembre 2022** Informe sobre la situación de las medidas compensatorias y correctoras del puerto de Granadilla. Impactos, actuaciones y resultados de la vigilancia ambiental del puerto de Granadilla.



A lo largo del ejercicio no ha habido incidencias de importancia, exceptuando los argumentos manifestados en el Foro “Puerto de Granadilla: resiliencia y desarrollo”, que son analizados en el apartado 3.2 de este informe. El foro puede explorarse en el enlace: <https://fundaciondiariodeavisos.com/puntodeencuentro/foro-puerto-de-granadilla/>.

2 LA VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE OPERATIVA Y DE LAS TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL

2.1 Revisión de impactos potenciales

El principal impacto ambiental directo del puerto de Granadilla es la pérdida de un tramo de costa por ocupación terrestre y marítima de las nuevas infraestructuras, completadas en buena parte durante la fase de obra. Queda pendiente finalizar, entre otras, un tramo del muelle de ribera, viario, relleno de explanadas, edificaciones..., lo que ocurrirá dentro de la ensenada ya demarcada del puerto. Se trata de un impacto ambiental negativo, permanente e incuestionable, y solo cabe resaltar que al haberse recortado las dimensiones del puerto, la ocupación de la costa ha sido también mucho menor de la prevista.

Los impactos indirectos transitorios más relevantes han estado vinculados al trasiego de materiales en la zona de obra (generación de polvo) y vertidos (pluma de turbidez e incremento de la sedimentación). Quedarán, eso sí, como daño permanente, las excavaciones ilegales propiciadas indirectamente por la demanda de materiales para las obras del puerto, salvo que las autoridades ambientales obliguen a los infractores a reponer los terrenos al estado natural original.

El principal impacto ambiental indirecto y persistente del puerto de Granadilla se genera a partir de la terminación del dique de abrigo exterior, y consiste en la alteración del flujo de la corriente (dirección e intensidad) y en la interrupción del transporte de partículas de NE a SW (pérdida a pie de muelle al precipitarse a profundidades superiores a 50 m). Esta modificación del flujo es permanente y sus consecuencias ambientales negativas pueden ser relevantes o no. Es previsible que las comunidades biológicas se acomoden a las nuevas circunstancias y puede que sin pérdidas cualitativas; prosperarán aquellas biocenosis nuevas que se asienten sobre la propia infraestructura, y el balance sedimentario resultante en la realidad es una incógnita, aunque se ha previsto reponer artificialmente 2.000 m³ de arena cada año, que es la pérdida estimada debido a la interrupción de las obras de abrigo. Igualmente, habrá que centrarse en la configuración definitiva que adopten las playas y, sobre todo, si llegan a perder arena a niveles que justifiquen una reposición de las mismas de cara a su uso recreativo o ambiental. El problema es tratado en profundidad en el apartado 6.4 de este informe.

La nueva hidrodinámica costera justifica prolongar un seguimiento específico, ya que podría ser necesario reponer más arena, o prescindir de aportes artificiales en caso de que, como está ocurriendo hasta ahora, no se vean afectadas las comunidades biológicas arenícolas. Los seabadales seguirán reclamando atención prioritaria para conocer su dinámica, lo mismo que el estado de conservación de la vecina ZEC Sebadales del Sur de Tenerife y las tendencias de la biodiversidad local, pues una de las medidas correctoras más relevantes de este proyecto está

vinculada a la posible pérdida de seabadales y el deterioro ambiental de la ZEC (reposición del flujo de arena). Este deterioro puede ocurrir en cualquier momento de la vida operativa del puerto, ya sea por introducción de especies foráneas, vertidos accidentales, etc., y es la razón por la cual la Comisión Europea decidió en su momento crear, como medida compensatoria permanente, el OAG.

En la fase operativa, como se ha expuesto, destacan los riesgos asociados al tráfico marítimo, repostaje, reparaciones y tránsito de mercancías. Los impactos derivados de accidentes y vertidos ocasionales de crudos pueden llegar a ser muy aparatosos, aunque pueden ser reversibles a largo plazo. El puerto en sí, como nueva vía de entrada de mercancías a la isla, es un riesgo biológico global que se asume y que intenta mitigarse mediante los servicios de inspección de aduanas y fitosanitarios. Sin embargo, es particularmente relevante – y se pasó por alto en el PVA original– la introducción de especies exóticas vía aguas de lastre, *fouling* o “efecto balsa flotante” de las embarcaciones. El impacto de una especie exótica invasora, negativo (exclusión o depredación sobre otras), puede ser permanente e incluso extenderse a zonas muy alejadas de la ubicación del puerto. Como se acaba de mencionar, la postura previsor de la Comisión, fruto de su experiencia, es fundamental, previendo la anticipación a este impacto con una monitorización permanente de la biodiversidad local.

2.2 Objetivos del presente plan

El presente plan de vigilancia ambiental incorpora varios objetivos relacionados con la fase operativa del puerto industrial de Granadilla y sus medidas conexas arbitradas:

1. Confirmar el nuevo esquema de flujo de la corriente tras la finalización de las obras de abrigo y verificar los perfiles de las playas principales al sur de la infraestructura.
2. Comprobar que el punto de vertido de arena es el idóneo para el objetivo perseguido, siempre y cuando la medida fuera finalmente necesaria.
3. Programar las actuaciones de vigilancia ambiental del puerto en fase de operativa y de las tendencias de la biodiversidad local, partiendo de la información generada durante la fase de obras y la primera fase operativa, modificando y completando el plan inicial existente allí donde hiciere falta (revisión).
4. Incorporar al seguimiento el control de las obras aún pendientes de realización o conclusión (muelle de ribera, explanada principal, viario, edificaciones, etc.).
5. Verificar y controlar la aplicación de las medidas compensatorias y de aquellos elementos que arbitran y, en su caso, la necesidad de acometer dichas medidas.
6. Controlar la calidad de las aguas, los sedimentos y la biodiversidad, ajustando los métodos analíticos y esquemas de muestreo en función de los resultados que se vayan obteniendo, así como de eventuales contingencias imprevistas.



7. Apoyar la toma de decisiones construyendo un sistema predictivo con alertas, que permita incorporar la información generada y perfeccionar el modelo a partir de ella.
8. Proponer, en su caso, medidas correctoras o de contención de impactos negativos sobrevenidos.
9. Informar a las autoridades implicadas y a la ciudadanía en general, de la situación ambiental en la costa de Granadilla y de acontecimientos anómalos vinculados a la operativa del nuevo puerto.

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

3 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS

3.1 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 2022 se han incorporado al banco de fotos 4.989 imágenes (tomadas en 108 jornadas diferentes), con lo que el total disponible desde 2008 asciende a 52.207 instantáneas (incluidas también las fotos de la vigilancia y actividades conexas).

Las actuaciones que se resumen seguidamente han sido detalladas en el informe de 2021, por lo que únicamente se especifica aquí su estado actual e incidencias, al no existir más modificados de proyecto.

3.1.1 Defensa y rellenos de explanada en el puerto de Granadilla

Durante 2022 este proyecto no ha tenido continuidad, por problemas administrativos y de permisos de voladuras en el principal punto de préstamo de materiales (Polígono Industrial de Granadilla) (Figura 1). Los aportes, que habían cesado en noviembre de 2021, fueron reiniciados el 31 de marzo de 2023, habiéndose terminado el cierre de la mota perimetral el 28 de junio de 2023, iniciándose la fase de relleno (la fecha de este informe es de septiembre de 2023). A principios de año, tras un temporal de sur, parte de la mota de cierre perimetral fue erosionada por el oleaje, sin que llegara a romperse (Figura 2).



Figura 1 Mota de cierre perimetral



Figura 2 Erosión por oleaje en la mota de cierre perimetral (19/01/2022)

3.1.2 Centro de Inspección Portuaria (CIP). Fase 1

Ha concluido en 2022, habiéndose entregado en noviembre de 2022 (Figura 3 y Figura 4).



Figura 3 Centro de Inspección Portuario del puerto de Granadilla en construcción (12/01/2022)



Figura 4 Centro de Inspección Portuario del puerto de Granadilla finalizado (30/12/2022)

3.1.3 Viario y redes básicas del puerto de Granadilla

Como ya se comunicó, las modificaciones de este proyecto fueron informadas favorablemente por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana en julio de 2021, habiendo finalizado y siendo entregada en idéntica fecha que el centro de inspección portuaria (Figura 5).



Figura 5 Viario en contradique del puerto de Granadilla

3.1.4 Edificio de servicios puerto de Granadilla

La construcción del edificio también ha concluido en 2022, habiéndose entregado en mayo de 2023 (Figura 6).



Figura 6 Edificio de servicios del puerto de Granadilla



3.2 Nuevos usos portuarios

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (LPNB, en lo sucesivo), establece en su artículo 46, relativo a las medidas de conservación de la Red Natura 2000: [...] 5.- Si, a pesar de las conclusiones negativas de la evaluación de las repercusiones sobre el lugar y a falta de soluciones alternativas, debiera realizarse un plan, programa o proyecto por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica, las Administraciones públicas competentes tomarán cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida. La concurrencia de razones imperiosas de interés público de primer orden sólo podrá declararse para cada supuesto concreto:

- a) Mediante una ley.
- b) Mediante acuerdo del Consejo de ministros, cuando se trate de planes, programas o proyectos que deban ser aprobados o autorizados por la Administración General del Estado o del órgano de Gobierno de la comunidad autónoma. Dicho acuerdo deberá ser motivado y público.

Indica, además: [...] 6.- En caso de que el lugar considerado albergue un tipo de hábitat natural y/o una especie prioritaria, señalados como tales en los anexos I y II, únicamente se podrán alegar las siguientes consideraciones:

- a) Las relacionadas con la salud humana y la seguridad pública.
- b) Las relativas a consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente.
- c) Otras razones imperiosas de interés público de primer orden, previa consulta a la Comisión Europea.

Como es conocido, en la Zona de Especial Conservación (ZEC, en lo sucesivo) Sebadales del sur de Tenerife (ES7020116) se encuentran presentes los tipos de hábitat natural de interés comunitario: 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda, 1170 Arrecifes y 8330 Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas; además de las especies de interés comunitario tortuga boba (*Caretta caretta*), tortuga verde (*Chelonia mydas*) y delfín mular (*Tursiops truncatus*). La ZEC Piña de mar de Granadilla (ES7020129) alberga el hábitat 5330 Matorrales termomediterráneos y pre-estépico y la especie de interés comunitario *Atractylis preauxiana*. En la ZEC de Montaña Roja (ES7020049) se hallan los hábitats naturales de interés comunitario 1210 Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados, 2110 Dunas móviles embrionarias, 2130 Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises), 5330 Matorrales termomediterráneos y pre-estépico y 92D0 Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos; y las especies de interés comunitario: *Atractylis preauxiana*, *Ophioglossum polyphyllum* y *Streptopelia turtur*.

El 14 de marzo de 2005, el Gobierno de Canarias declara el Puerto de Granadilla de interés público de primer orden por imperiosas razones de índole social y económica.

Por último, el artículo 19 de idéntica norma dice: [...] 3.- Asimismo, los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales serán determinantes respecto de cualesquiera otras actuaciones, planes o programas sectoriales, sin perjuicio de lo que disponga al respecto la legislación autonómica. Las actuaciones, planes o programas sectoriales sólo podrán contradecir o no acoger el contenido de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales por razones imperiosas de interés público de primer orden, en cuyo caso la decisión de veré motivarse y hacerse pública.

Para elaborar el Dictamen, la CE sopesó los valores ecológicos afectados o que puedan verse afectados y las razones imperiosas de interés público de primer orden alegadas, evaluando las medidas compensatorias. Según el Documento orientativo sobre el apartado 4 del artículo 6 de la D92/43/CEE: clarificación de los conceptos, soluciones alternativas, razones de interés público de primer orden, medidas compensatorias, coherencia global y Dictamen de la Comisión, a pesar de las conclusiones negativas de la evaluación de las repercusiones de un plan o proyecto sobre un lugar incluido en Natura 2000, es posible realizarlo, a falta de soluciones alternativas, si se justifica por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas las razones de índole social o económica.

Si bien es cierto que la D92/43/CEE no define el concepto de “razones imperiosas de interés público de primer orden”, el documento mencionado en el apartado anterior dice: [...] en el segundo párrafo del apartado 4 del artículo 6 se citan, como ejemplos de tales razones, la salud humana y la seguridad pública o consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente. Por lo que se refiere a “otras razones imperiosas de interés público de primer orden” de naturaleza social o económica, el artículo está formulado de manera que no deja lugar a dudas: los objetivos de conservación de la Directiva sólo pueden verse contrarrestados por intereses públicos, tanto si están promovidos por entidades públicas como privadas. Así pues, los proyectos elaborados por organismos privados sólo pueden considerarse cuando dichos intereses públicos quedan protegidos y demostrados.

Se considera importante resaltar también: [...] En caso de que no existan soluciones alternativas (o si éstas suponen un impacto ambiental aún más negativo en cuanto a los objetivos de conservación del lugar), las autoridades competentes deben comprobar si existen razones imperiosas de interés público de primer orden, por ejemplo, de carácter social o económico, que exijan la realización del plan o proyecto.

El Dictamen indica:

[...] El 7 de noviembre de 2005, las autoridades españolas solicitaron a la Comisión que emitiera un dictamen con arreglo al artículo 6, apartado 4, de la Directiva de hábitats (92/43/CEE) en relación con la falta de soluciones alternativas, invocando razones imperiosas de interés público de primer orden.

[...] El dictamen solicitado a la Comisión se refiere a la propuesta de construcción de un nuevo puerto en Granadilla, Tenerife, Islas Canarias. Se aduce que las instalaciones portuarias actuales de Santa Cruz son inadecuadas y que deben crearse nuevas instalaciones con mayor capacidad para responder al aumento previsto del tráfico marítimo.



El proyecto definitivo de Granadilla prevé la construcción de una terminal de contenedores de 650 m, con una superficie de 26 ha, un muelle de 200 m para mercancías en general con una superficie adjunta de 5,7 ha, y una zona portuaria comercial de 19,5 ha para materias primas.

Las obras del puerto se componen de un rompeolas de 2 557 m de longitud y de hasta 55 m de profundidad hacia el fondo marino, así como del relleno total de 786 000 m² utilizando 12 millones de metros cúbicos de material de cantera.

El nuevo puerto dispondrá de una zona terrestre contigua de 12,4 ha para el desarrollo de actividades logísticas y una zona de 15 ha para la instalación de una central de gas natural.

En la sección VI del Dictamen se señalan las soluciones alternativas estudiadas: De los estudios de evaluación de impacto ambiental y sin perjuicio de las medidas correctoras previstas por las autoridades cabe concluir que sigue siendo probable que el proyecto tenga un impacto significativo sobre lugres y especies prioritarias importantes como se describe en la sección IV y, por consiguiente, las autoridades competentes están obligadas a considerar otras alternativas al proyecto. Las autoridades españolas han estudiado varias posibilidades, entre las que se incluyen la opción de no seguir desarrollando la capacidad portuaria (“opción cero”) y la opción de ampliar y desarrollar aún más el puerto existente de Santa Cruz.

[...] En relación con la “opción cero”, la conclusión de los servicios de la Comisión es que las instalaciones portuarias existentes no podrán hacer frente al aumento previsto del tráfico marítimo y que resultan necesarias otras instalaciones y una mayor capacidad portuaria para el desarrollo económico de la isla.

Con respecto a las razones imperiosas de interés público de primer orden, la sección VII indica: [...] Los servicios de la Comisión han analizado toda la información de que disponen. También han tenido en cuenta el asesoramiento de organismos externos independientes en relación con las razones imperiosas de interés público de primer orden esgrimidas por las autoridades españolas.

La Comisión reconoce que Tenerife, dado su carácter insular, es sumamente dependiente del transporte marítimo y de un sistema portuario eficaz. No obstante, el puerto principal, situado actualmente en la capital, Santa Cruz, sufre una congestión cada vez mayor, especialmente en relación con el tráfico de contenedores, el cual se prevé que aumente considerablemente. El proyecto del puerto de Granadilla añadiría la capacidad necesaria para dar cabida al crecimiento futuro del tráfico de contenedores, de graneles secos y de mercancías en general de la isla, descongestionando al mismo tiempo el actual de Santa Cruz. Se prevé que el nuevo puerto va a generar una buena tasa de rendimiento económico y a proporcionar la posibilidad de atraer un volumen mayor de tráfico internacional de transbordo de contenedores.

La última sección recoge el Dictamen propiamente dicho: Sobre la base de los argumentos expuestos anteriormente, la Comisión considera que el proyecto de nuevo puerto de Granadilla, tal 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, como se establece en el punto VIII.

También recoge que [...] El dictamen es válido para este proyecto en concreto, como se describe en los documentos presentados a la Comisión por las autoridades españolas y no puede considerarse aplicable a ningún otro proyecto similar en un espacio Natura 2000.

Por todo ello, el OAG comprueba la compatibilidad de las actuaciones y concesiones administrativas a otorgar en el puerto de Granadilla con el Dictamen de la Comisión y con los argumentos esgrimidos para que el Proyecto del Puerto de Granadilla fuera autorizado por razones imperiosas de interés público de primer orden, solicitando su archivo si lo contradice, e informando a los organismos necesarios.

3.2.1 Concesión administrativa e Informe de Impacto Ambiental astillero contradique

En el informe anual de 2021 se hizo alusión a la solicitud de informe que el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico solicitó al OAG en referencia a un proyecto de concesión administrativa de la parcela denominada como “Área comercial portuaria Puerto de Granadilla” para la instalación de astillero.

Con esta consulta y otras enviadas por las distintas administraciones públicas implicadas, se emitió la Resolución de 17 de septiembre de 2021, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula informe de impacto ambiental del proyecto “Concesión administrativa de la parcela Área Comercial Portuaria puerto de Granadilla, para instalación de astillero en Granadilla de Abona (Tenerife)” (BOE nº 234 de 30 de septiembre de 2021).

Según esta resolución, el proyecto *tiene como objeto solicitar la concesión administrativa para la instalación de un astillero en la zona denominada Área Comercial Portuaria, situada entre el Contradique Sur y el extremo sur del futuro Muelle Ribera del puerto de Granadilla, en el Municipio de Granadilla de Abona, en la isla de Tenerife. El promotor del proyecto es Tenerife Shipyards, S.A., y el órgano sustantivo del mismo es la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.*

Se ejecutará en tres zonas:

Una primera zona de 41.155 m² de superficie de lámina de agua para la instalación y operativa del dique flotante de 230 m de eslora x 47 de manga y capacidad para 20.000 t de elevación, el cual se instalará en el Contradique Sur.

Una segunda zona de 10.280 m² de muelle adjunto a la lámina de agua que se utiliza como área de maniobras. La única actuación a desarrollar en esta zona es la instalación de un cerramiento con puertas de paso.

Una tercera zona de 9.165,00 m², que será ganada al mar, donde se ubicará a explanada de maniobra y las edificaciones necesarias para la operativa de las instalaciones (se trata de dos



naves, una de mecanizado, pañol, vestuarios, personal y oficinas y otra de producción) (Figura 7).

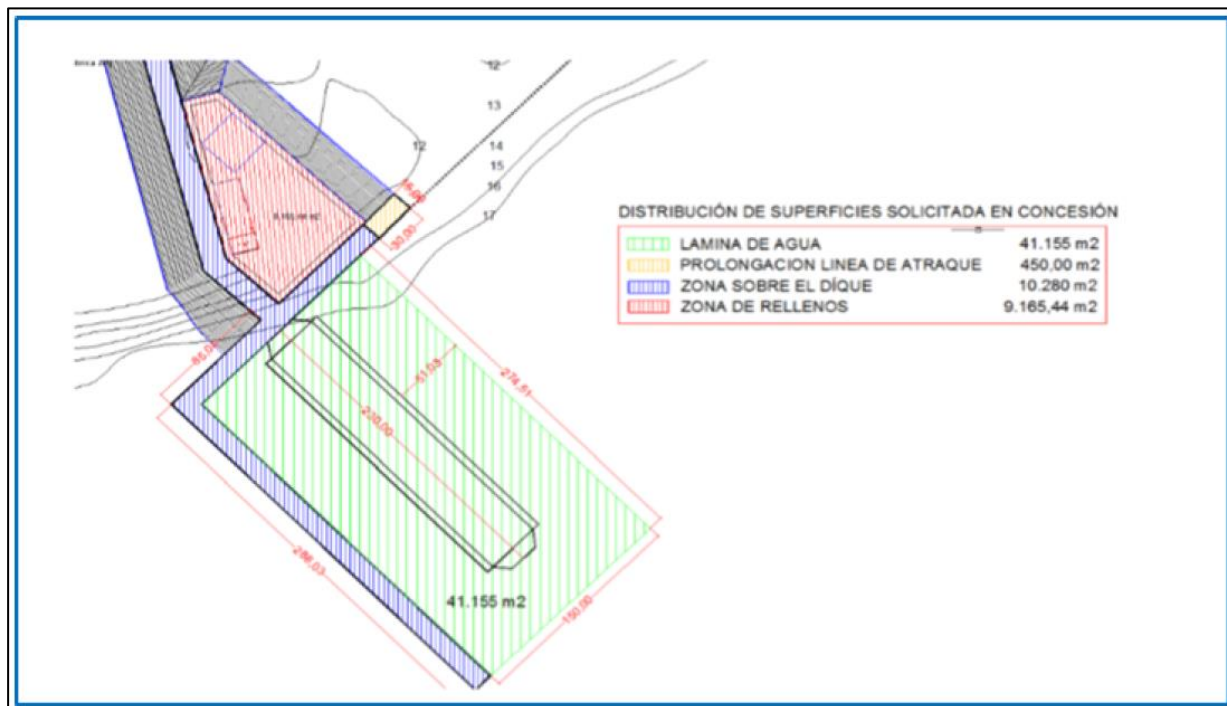


Figura 7 Distribución de superficies solicitadas en la concesión. Tomado del documento ambiental

Según informa el promotor, para la puesta en marcha de la actuación es necesario realizar una obra marítima y una obra terrestre en la zona de relleno. [...] La obra marítima a realizar consistirá en la prolongación del muelle a lo largo de la línea de atraque para lo que será necesario realizar una banqueta para instalar el cajón de hormigón de 30 x 15 x 12 m y realizar la superestructura sobre cajones, los rellenos trasdós de los mismos y la escollera de protección sobre los rellenos. La obra en tierra consistirá en la construcción de dos edificios y en la urbanización y acondicionamiento de la zona de muelle.

Una vez instalado el dique flotante, las actividades de reparación que se pretenden desarrollar comprenden ensayos no destructivos, corte, conformado de metal, soldadura, unión de módulos de armamento y ensamblajes, pruebas hidráulicas y neumáticas de tanques y servicios, llenado y reposición de aceites, operaciones con arranque de virutas, operaciones son arranque de virutas, operaciones de tratamiento y acabado de superficie, chorreado de granalla con agua, repasos de chorreado y pintado, aplicación de pinturas; puesta a punto y pruebas de los servicios, de las instalaciones de carga y especiales, limpieza general, pruebas de mar, etc.

Uno de los condicionantes de la resolución indica: La autorización del proyecto deberá contar con el informe favorable de la Dirección General de la Costa y el Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico respecto de la compatibilidad de la actividad con

la estrategia marina correspondiente de acuerdo con el Real Decreto 79/2019, de 22 de febrero, por el que se regula el informe de compatibilidad y se establecen los criterios de compatibilidad con las estrategias marinas.

Con fecha 24 de mayo de 2023 se publica en el Boletín Oficial de la Provincia número 63 *Anuncio de información pública sobre las solicitudes de modificación sustancial de la concesión administrativa de la que Tenerife Shipyards, S.A. es titular para la ocupación de 41.155,00 metros cuadrados de lámina de agua y 19.895,44 metros cuadrados en tierra del dominio público portuario, destinados a la instalación de un dique flotante en el puerto de Granadilla.* El OAG tiene acceso al expediente y emite informe al respecto el 21 de junio, sin constancia de la solicitud o emisión de dicha autorización. El informe puede consultarse en la página web del OAG.

Continúa la resolución señalando: *El proyecto se ubica en una zona con un riesgo muy alto por contaminación costera. El puerto de Granadilla cuenta con un Plan Interior de Contingencias por Contaminación Accidental (PICCMA), según la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general sobre las Autoridades Portuarias, y Real Decreto 253/2004, de 13 de febrero, por el que se establecen medidas de prevención y lucha contra la contaminación en las operaciones de carga, descarga y manipulación de hidrocarburos en el ámbito marítimo y portuario, cuyo objetivo es minimizar las consecuencias producidas por este tipo de contaminación, sobre las personas, el medio ambiente y las instalaciones.* El Plan Interior Marítimo del puerto de Granadilla es definitivamente aprobado por Resolución del director general de la marina mercante de la Secretaría de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana el 13 de marzo de 2023. El último informe del OAG al respecto puede descargarse de su web.

El OAG continuará informando en la web y en sucesivos informes a este respecto, una vez comiencen las actuaciones referidas.

3.2.2 Concesión administrativa y Declaración de Impacto Ambiental Parque de almacenamiento y Distribución de combustibles

El Boletín Oficial de Canarias número 27 de 8 de febrero de 2023 publica la resolución de la Viceconsejería de Lucha contra el Cambio Climático y Transición Ecológica: *Resolución de 9 de enero de 2023, por la que se hace público el Acuerdo de la Comisión Autonómica de Evaluación Ambiental de 30 de diciembre de 2022, que formula la Declaración de Impacto Ambiental del “Proyecto ejecución parque almacenamiento y distribución de combustibles en el Puerto de Granadilla”, en el término municipal de Granadilla de Abona, Tenerife, promovido por Petróleos de Canarias, S.A. (PETROCAN).*

Por la tipología del proyecto, sería únicamente necesario un Informe de impacto ambiental, no una Declaración de Impacto Ambiental, pero por decisión propia del promotor, se optó por el procedimiento de evaluación ambiental ordinario y no por el simplificado. La DIA indica: [...] *En este sentido, el proyecto debe someterse al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental simplificada, de acuerdo con lo previsto en el artículo 7.2 de la misma norma legal (LEA), ya que se encuentra contemplado en su Anexo II, Grupo 6. Industria química,*



petroquímica, textil y papelera, que en su apartado c) se refiere a “Instalaciones industriales de almacenamiento de productos petrolíferos, petroquímicos y químicos con más de 100 metros cúbicos de capacidad (proyectos no incluidos en el Anexo I)”. En este sentido, y a pesar de que el presente proyecto consiste en la construcción de un parque de almacenamiento y distribución de productos petrolíferos de clase B y C en el puerto de Granadilla, el cual permitirá distribuir combustibles para el suministro posterior a los diferentes consumidores, el promotor ha decidido presentar la documentación requerida por la citada legislación con el contenido exigible en la evaluación de impacto ambiental ordinaria, con el objetivo de abordar la evaluación ambiental del proyecto con las máximas garantías desde el punto de vista ambiental.

Especifica la DIA los órganos del proyecto: El promotor del proyecto es Petróleos de Canarias, S.A. (PETROCAN) y el órgano sustantivo de éste la Dirección General de Energía de la Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias.

Y resume la actuación (Figura 8): El proyecto consiste en la construcción de un parque de almacenamiento y distribución de productos petrolíferos de clase B y C en el Puerto de Granadilla, el cual permitirá distribuir combustibles para el suministro posterior a los diferentes consumidores. La capacidad neta inicial prevista de almacenamiento de productos es de 124.570 m³...

[...] La superficie de la parcela elegida, de unos 46.680 m², sobre la parcela de superficie concesional de 119.169 m², permitirá albergar los tanques verticales de almacenamiento proyectados cumpliendo los criterios constructivos y distancias establecidas por la normativa sectorial aplicable. Así se proyecta 13 tanques de almacenamiento de combustible de eje vertical y de techo fijo (los 4 de gasolina, con una pantalla flotante interna, y 2 de Marpol), agrupados en dos cubetos de retención, de 20.018 m² (para los tanques de gasolinas, JET y gasóleo) y 549 m² (para los tanques de Marpol).

[...] El proyecto también contempla la ejecución de todas las instalaciones auxiliares necesarias para el correcto funcionamiento de la terminal de almacenamiento: sistema de bombeo, redes de drenaje, sistema de tratamiento de aguas hidrocarburadas, sistema de tratamiento de Marpol, tuberías y centros de trasiego, líneas de interconexión al dique, sistema de instrumentación y control, sistema eléctrico, sistema de protección contra incendios (DCI) y la línea eléctrica de conexión a la subestación eléctrica del P.I. de Granadilla.

[...] El abastecimiento de productos al parque de almacenamiento y distribución de combustibles se realizará a través de buques que atracarán en el Muelle Ribera o en el Dique Exterior del Puerto de Granadilla y la expedición de productos se realizará mediante camiones cisterna, que descargarán en el cargadero/descargadero del parque, y mediante tuberías a buques. Adicionalmente, se construirán en la parcela una serie de edificaciones anexas a las instalaciones de almacenamiento: edificio de control de acceso, sala de control, edificio de instalaciones eléctricas y de comunicaciones, taller y almacén, almacén para muestras, almacenamiento de residuos, laboratorio, aseos, vestuarios y zonas comunes, sala de descanso, sala de usos múltiples, parking, y sala de bombas y equipos P.C.I.

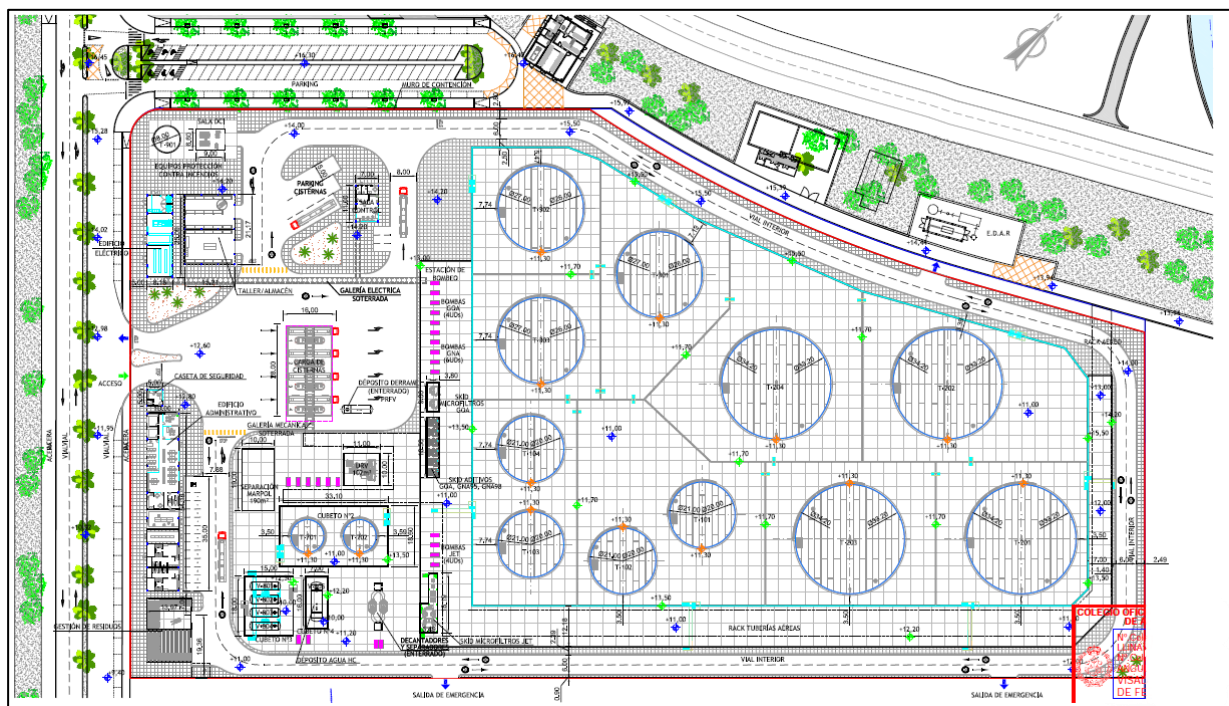


Figura 8 Parque de almacenamiento. Tomado del proyecto de ejecución de éste

El OAG continuará informando en la web y en sucesivos informes a este respecto, una vez comiencen las actuaciones referidas.

4 MEDIDAS COMPENSATORIAS

4.1 Medidas cumplimentadas

Como se ha explicado y comentado en informes anteriores, para evitar 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 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)”.

En este Dictamen, la Comisión Europea indica que toma nota del compromiso de las autoridades españolas de garantizar los recursos financieros necesario 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 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.

La situación de las medidas compensatorias no ha experimentado mayores cambios en relación con los últimos informes. En el informe de 2023 se tratará de forma extensa la segunda fase de la restauración de Montaña Roja, puesto que ha dado comienzo a principios de 2023.

Al igual que con el resto del Plan de Vigilancia Ambiental y de las Tendencias de la Biodiversidad Local de Granadilla, la información actualizada sobre ellas puede obtenerse en la página web del OAG ya que han sido comentadas convenientemente en anteriores informes anuales. Los códigos que preceden al epígrafe de cada medida compensatoria corresponden a la numeración con la que aparecen en el Dictamen.

Las medidas compensatorias que pueden considerarse culminadas son:

A.- Establecimiento de una fundación independiente y permanente

B1.- Declaración de un LIC para la piña de mar

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

4.2 Restauración del LIC ES7020049 Montaña Roja (B4)

Como se ha explicado en anteriores informes anuales, 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 ZEC ES7020049 Montaña Roja, la APSCTFE redactó en 2006 el “Proyecto de restauración de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja, Fase I”, en el que se extrajeron del proyecto original las actuaciones comprendidas en terrenos de titularidad pública.

Esta primera fase fue verificada y evaluada por el OAG en 2009. Para la finalización de la ejecución de la medida compensatoria se debe ejecutar la fase II del proyecto. Esta fase se ha iniciado en enero de 2023, esperando finalizar este mismo año. EL OAG elaborará un informe al respecto una vez concluya su ejecución.

4.3 Seguimiento de la tortuga boba (B3)

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 9), y hará una evaluación quinquenal. La última realizada corresponde al período 2013-2017¹ y se puede consultar en la web del OAG y sus resultados indican una situación “favorable” para todos los descriptores considerados (criterios CE): rango, población, hábitat y perspectivas de futuro, lo que implica una mejoría respecto de la evaluación anterior, como en otras evaluaciones de mayor ámbito, consecuencia de que la UICN haya rebajado el nivel de protección de la especie de “en peligro” a “vulnerable”. Está en trámite, y se publicará lo antes posible, la evaluación del estado de conservación 2018-2022.



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

Las campañas de censo relativo de 2022 se realizaron en agosto (Tenerife) y octubre (Gran Canaria y Fuerteventura), con avistamientos de 4, 2 y 0 ejemplares de tortuga boba, respectivamente (Tabla 1).

¹ OAG (2018). Estado de conservación de la tortuga boba (*Caretta caretta*) en las Islas Canarias, 2017. Santa Cruz de Tenerife; Observatorio Ambiental Granadilla; OAG_PSTB/2018.1, 34 páginas.



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
Balaenopteridae						
Cachalote						
Calderón gris						
Calderón tropical	1					
Charrán común						
Delfín común						
Delfín de diente rugoso						
Delfín listado	1					
Delfín moteado		1	1			
Delfín mular	1		1			
Gaviota						
Garceta común						
Petrel de Bulwer						
Pardela		1	1			
Rorcual indeterminado						
Rorcual común						
Rorcual tropical		1				
Tiburón martillo					1	1
Tortuga boba				4	2	0
Tortuga verde						
Zifio de Cuvier						
Zifio indeterminado						

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

- Controlar el abandono de restos de plástico de origen agrícola, sobre todo en zonas ventosas próximas a la costa, los cauces de los barrancos y el propio puerto.
- 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.

5 MEDIDAS CORRECTORAS

5.1 Replantación de seabadales

Una de las condiciones establecidas en la declaración de impacto ambiental (DIA) del puerto de Granadilla se centra en la protección de los seabadales. 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 por el 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 seabadales», [...] 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 el OAG trató esta medida con bastante detalle, incluyendo un análisis crítico sobre ésta.

5.2 Trasvase de arenas norte-sur

Según el Estudio de Impacto Ambiental realizado en referencia al proyecto del puerto industrial de Granadilla, el impacto negativo más importante corresponde a la alteración de los patrones naturales de retirada y depósito de arenas, cuyo flujo natural se dirige hacia el SO según la corriente dominante, repercutiendo sobre la ZEC ES7020116 Sebadales del Sur de Tenerife y la ZEC ES7020049 Montaña Roja.

Para restituir el flujo de arena interrumpido por la infraestructura portuaria, se escogió la alternativa aceptada por La Comisión Europea en diciembre de 2012, que consiste en la reposición de unos 2 000 m³ de arena anuales mediante descargas puntuales en la costa, aguas abajo del puerto (en el sentido de la corriente NE-SO), y a un ritmo acorde con la capacidad de absorción del ecosistema.

La ubicación del punto de vertido de las arenas en la costa es una cuestión crítica. El fin pretendido es que la arena liberada siga la corriente hacia la ZEC Sebadales del Sur de Tenerife (al SO), y que no quede retenida entre el punto de reposición y el contradique del puerto por las corrientes ciclónicas generadas por la obra de abrigo. Han sido necesarios varios ensayos de aporte (Tabla 2) en sucesivos puntos hacia el N del inicialmente previsto para cumplir con las Normas de Conservación del Monumento Natural de Montaña Pelada (T-18).



Tabla 2 Fechas y volúmenes vertidos en las distintas pruebas hasta final de 2022

Fecha	Volumen de arena	Punto de vertido
25/10/2013	45 m ³	Desde embarcación frente al Morro del ITER
Diciembre de 2016	18 m ³	Dos puntos del Morro de ITER
13/11/2019	8 m ³	Punta Brava
9/11/2021	12 m ³	Punta del Risco

El OAG hizo constar en un informe de noviembre de 2021 que el modelo de predicción de IH Cantabria establecía un límite al norte del cual no sería efectiva la solución, y habría que decantarse por otras alternativas 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)”. La Figura 10 muestra el punto de vertido de “Punta Brava”, descartado; y el punto de estudio actual, “Punta del Risco”.



Figura 10 Punta Brava y Punta del Risco. Zona de caracterización

Tras el estudio pormenorizado de las corrientes en este punto límite, y prueba de vertido, se licitó la asistencia técnica para redacción del proyecto de integración ambiental de un nuevo punto de vertido de reposición de arena en la costa de Granadilla, actualmente en fase de redacción, para su posterior ejecución.

De cara a controlar el estado y las tendencias de la biodiversidad local, para aplicar medidas correctoras en caso necesario, el OAG ha llevado a cabo una caracterización de las comunidades y hábitats en las inmediaciones del punto de vertido (Informe 2023.2 que puede ser consultado en la web del OAG www.oag-fundacion.org).

El OAG continuará informando de la evolución de esta importante medida, estimando que estará culminada a finales de 2023.

5.3 Recuperación de playas

El estudio inicial de la dinámica litoral realizado con motivo de la evaluación ambiental predecía, como consecuencia de la construcción del puerto y en el curso de 4 a 6 años, un basculamiento en la playa de La Jaquita, con pérdida de arena en la mitad sur (retroceso máximo de 15-20 metros) y aumento de anchura en la mitad norte (15-20 metros); y lo mismo en la playa de El Médano: 10-15 metros y 15-20 metros respectivamente. El proyecto contempla la propuesta de recuperación de la anchura de la playa -y así lo recoge la DIA- con el aporte de arena a cargo de la APSCTFE, supeditada a que se corroboren las predicciones durante la vigilancia ambiental.

El tema es tratado en profundidad en el apartado 6.4.5 de este informe.

5.4 Aguas residuales del puerto

Según el EIA, la puesta en marcha del puerto deberá sincronizarse con el funcionamiento de la estación depuradora de aguas residuales que se pretende instalar en la zona del polígono industrial, con el propósito de que todas las aguas residuales generadas en el puerto sean canalizadas hacia dicha estación, o lo que es lo mismo, que pasen a formar parte de la red de saneamiento.

Esta medida correctora podrá implantarse una vez exista dicha infraestructura.

6 SEGUIMIENTO AMBIENTAL

6.1 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.



6.1.1 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 m³ por lo que el OAG seguirá con las mismas verificaciones que durante la fase de obra.

Durante el año 2022 se han producido aportes externos de material provenientes de un único punto de préstamo, con un total de 33 378,00 m³. El punto de préstamo, sus características y aportes, son detallados en el anexo II.

6.1.2 Rellenos y vertidos accidentales

Está previsto que, para el relleno de la explanada del muelle de ribera, se cierre el recinto a rellenar 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 en 2022 por problemas con las autorizaciones necesarias para la realización de voladuras (Figura 11).

Año 2022

Semana	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Inadecuado																			
Mejorable																			
Adecuado																			

Semana	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Inadecuado																			
Mejorable																			
Adecuado																			

Semana	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52					
Inadecuado																			
Mejorable																			
Adecuado																			

Incidencias

Año 2022:

Enero-diciembre de 2022: no hay vertidos.

Figura 11 Extracto de lo informado en la web del OAG

6.1.3 Niveles sonoros y de polvo; medidas de mitigación

El PVA y de las tendencias de la biodiversidad local estipulaba la medición de los niveles sonoros un día de cada mes (durante tres minutos). A la vista de los resultados obtenidos, dicho esquema se cambió por una medición quincenal de un minuto en cada una de las tres estaciones definidas (se presentan en gráficas separadas), manteniéndose en la actualidad dicha frecuencia.

Los parámetros a medir y los valores de referencia recogidos en el informe de la fase previa del programa de vigilancia ambiental (2007 y 2008) se recogen en la Tabla 3.

Desde octubre de 2022 el OAG realiza las mediciones de ruido con un nuevo sonómetro de clase 1 según UNE-EN 61672-1, modelo CESVA SC250. El anterior era un modelo SC 160 de clase 2.

Tabla 3 Valores de referencia para el ruido

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 12 Estaciones de medición de partículas en suspensión (GrAT) y de ruido (Er)

Aunque está acabada parte de la obra, han continuado de forma discontinua lo grandes movimientos de áridos y maquinaria, por lo que se sigue manteniendo la periodicidad quincenal, siempre que sea posible. Las estaciones de muestreo se representan en la Figura 12.

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

- Será de 65 db en instalaciones industriales (línea roja horizontal en la Figura 13)
- 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 12,67 % de las veces el nivel basal de 73,51 db medido en 2022. Los niveles diarios superan los 80 db en el 17,65% (ER1), el 7,25% (ER2) y el 9% (ER4) de las veces este límite establecido por la ordenanza municipal para instalaciones industriales en el medio urbano (promedio de 12,65%) (Tabla 4).

Tabla 4 Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto/quincena) en 2019-2022

2019 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	54	36	66,67%	24	44,44%	21	38,89%
ER2 – Casetas	54	49	90,74%	48	88,89%	47	87,04%
ER4 - Polígono	54	52	96,30%	43	79,63%	21	38,89%
Promedio 1 min	54	46	84,57%	38,33	70,99%	29,66	54,94%
2020 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	72	70	97,22%	38	52,78%	24	33,33%
ER2 – Casetas	72	63	87,50%	50	69,44%	32	44,44%
ER4 - Polígono	72	64	88,89%	35	48,61%	19	26,39%
Promedio 1 min	72	65,67	91,20%	41,00	56,94%	25	34,72%
2021 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	69	62	89,96%	38	55,07%	22	31,88%
ER2 – Casetas	72	58	80,56%	37	51,39%	28	38,89%
ER4 - Polígono	72	61	84,72%	26	36,11%	18	25%
Promedio 1 min	72	60,33	85,04%	33,67	47,52%	22,66	31,92%
2022 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	68	26	38,23%	19	27,94%	12	17,65%
ER2 – Casetas	69	32	46,38%	10	14,49%	5	7,25%
ER4 - Polígono	69	21	30,43%	9	13,04%	9	13,04%
Promedio 1 min	69	26,33	38,35%	12,67	18,49%	8,66	12,65%

La disminución del ruido se debe a que existe menos maquinaria trabajando en la obra, al haber estado parados los movimientos de áridos para el relleno de explanadas (Figura 13).



Figura 13. Medición del ruido diario en 2022 (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.

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.

Con respecto a los niveles de polvo, éstos son altos de por sí en la costa de Granadilla, por los fuertes vientos predominantes, así como a irrupciones de polvo africano arrastrado por el viento

que en 2022 siguen siendo frecuentes. En condiciones normales, las obras del puerto son una fuente importante de generación de polvo dado el continuo trasiego, carga y vertido de materiales. Tal y como recoge el informe del año 2021, al cesar el vertido de áridos para los rellenos de explanadas, se detuvieron los muestreos de partículas, informando que se procedería a su reactivación tan pronto se reiniciarán. En 2022 no se han reactivado los vertidos, por lo que tampoco se llevaron a cabo los muestreos de partículas, puesto que carecen de sentido sin éstos. Se han reactivado en abril de 2023, una vez han comenzado de nuevo los rellenos de explanadas.

Para mitigar el nivel de polvo las pistas siguen siendo regadas, aunque con una menor frecuencia, ya que los únicos movimientos de áridos han sido llevados a cabo para el acopio de éstos (Figura 14). El OAG informa en su web www.oag-fundacion.org ([vigilancia de obras](#)) (Figura 15), tanto de la concentración de partículas como de las medidas de refuerzo.



Figura 14 Camión acopiando materiales (marzo de 2022)



Año 2022	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
Riego de pistas	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Refuerzo del riego	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ruido extra	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Notas:

Enero - diciembre de 2022: los vertidos siguen interrumpidos.

Figura 15 Extracto de lo informado en la web del OAG

6.1.4 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:

- Deben estar construidas de modo que toda la luz emitida se proyecte por debajo del plano horizontal tangente al punto más bajo de luminaria.
- Deben instalarse sin ninguna inclinación.
- En el alumbrado del viario las únicas lámparas permitidas serán las de vapor de sodio a baja presión.
- No deben utilizarse lámparas de vapor de mercurio, de vapor de color corregido ni de halogenuros metálicos.
- 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 16).

Año 2022																					
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

S

Semana	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52											
Verificación A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S											
Verificación B	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S											
Verificación C	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S											
Verificación D	S	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 16 Extracto de lo informado en la web del OAG

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. Así mismo, se ha solicitado a la policía portuaria la inspección de todo el puerto a primera hora de la mañana, ya que se han encontrado varios pollos de pardela que quizá podrían haber sido rescatados (Figura 17).



Figura 17 Pardelas encontradas en el contradique (12/01/2022)



6.2 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.

6.2.1 Adecuación cromática

En las fachadas de las naves y edificios se emplearán 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. La Figura 18 recoge el seguimiento que realiza el OAG en su web de forma periódica. Las oficinas móviles en la base de la obra de abrigo para las dependencias de la policía portuaria y Guardia Civil siguen dispuestas en su lugar provisionalmente.

Año 2022	
Trimestre	Observaciones
Enero-marzo	No hay edificios terminados
Abril-junio	No hay edificios terminados
Julio-septiembre	No hay edificios terminados
Octubre-diciembre	En noviembre de 2022 es entregado el edificio del Centro de Inspección Portuaria (CIP)



Figura 18 Seguimiento web de la adecuación cromática de edificios portuarios.

6.2.2 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 2022 aún no están ejecutados viarios ni jardines por lo que esta medida no puede valorarse durante este año, aunque el OAG realiza su seguimiento en la web (Figura 19).

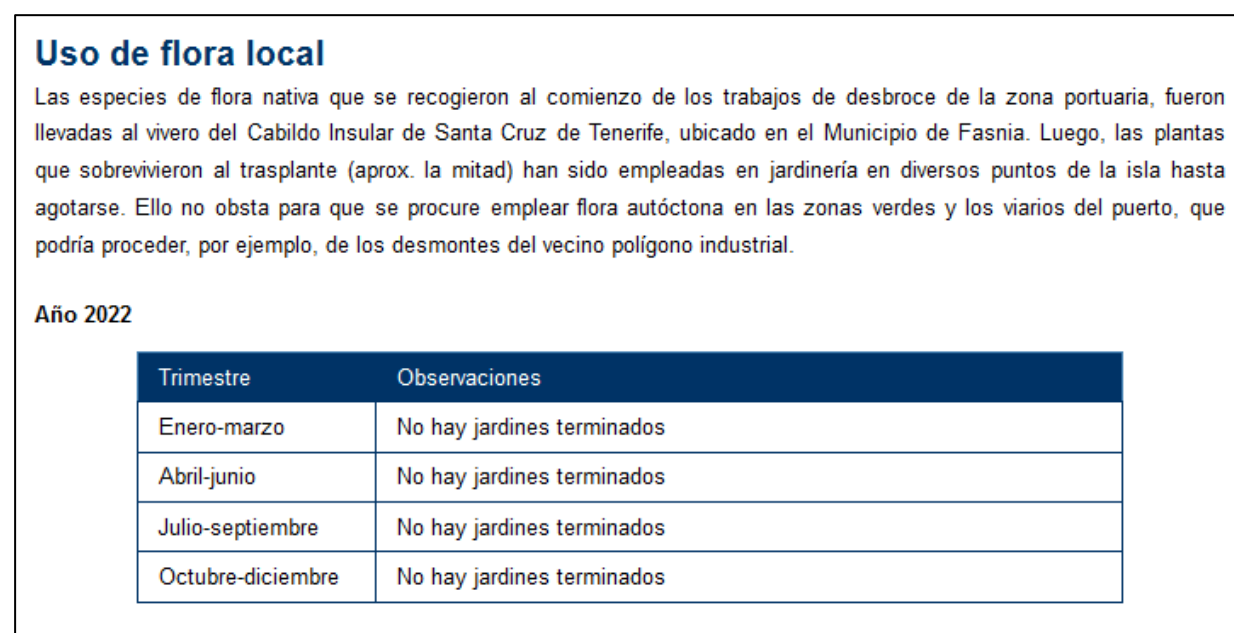


Figura 19 Seguimiento web del uso de flora local.

6.2.3 Uso de bolos y callaos

Los bolos y callaos acopiados se emplearán en labores de integración paisajística (Figura 20). 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.



Figura 20 Rotonda del polígono industrial con uso de los bolos según condicionante ambiental.

Se comprueba quincenalmente su ubicación y volumen, y se verificará finalmente su destino y uso (Figura 21).

Año 2022	
Trimestre	Observaciones
Enero-marzo	Los bolos se encuentran ubicados en su acopio.
Abril-junio	Los bolos se encuentran ubicados en su acopio.
Julio-septiembre	Los bolos se encuentran ubicados en su acopio.
Octubre-diciembre	Los bolos se encuentran ubicados en su acopio.

Notas:

Figura 21 Seguimiento web del uso y ubicación de los callaos

En el informe del año pasado se informó de la detección de pequeños acopios de residuos asfálticos en la misma parcela donde se acopian los callaos, que paulatinamente fueron creciendo en tamaño y cantidad (Figura 22).



Figura 22 Evolución de los acopios de residuos asfálticos en la parcela de los acopios de callaos, hasta su retirada final. Izquierda: 12/01/2022. Centro: inicio de la limpieza (1/12/2022). Derecha: parcela ya limpia (13/12/2022)

6.2.4 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. La Figura 23 muestra el seguimiento web del OAG.

Año 2022	
Trimestre	Observaciones
Enero-marzo	Sin observaciones.
Abril-junio	Sin observaciones.
Julio-septiembre	Sin observaciones.
Octubre-diciembre	Sin observaciones.

Figura 23 Seguimiento web de la restauración de la zona de obras

6.3 Operaciones portuarias

6.3.1 Dragados

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, el OAG verificará que existe la prescriptiva autorización del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Además, los dragados deben cumplir con la normativa y las recomendaciones vigentes. En 2022 no ha habido dragados en el puerto de Granadilla.



6.3.2 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 Plan Interior Marítimo ha sido aprobado definitivamente el 13 de marzo de 2023, mediante Resolución del director general de la marina mercante por la que se aprueba el Plan Interior Marítimo del puerto de Granadilla.

En 2022 se han llevado a cabo los siguientes controles y visitas:

- 1.- 03/03/2022: visita al puerto de Granadilla y comprobación in situ de los medios de lucha contra la contaminación marina de los que dispone el puerto. Exceptuando el container que contiene la barrera, en buen estado, la conservación de los materiales es pésima (Figura 24). No se hubiera podido desplegar la barrera si hubiera sido necesaria.
- 2.- 09/05/2022: visita al almacén de la APSCTFE con sede en Santa Cruz de Tenerife con objeto de la comprobación de los materiales de lucha contra la contaminación marina. Existe un desorden patente, no siendo capaces los operarios de identificar todos los medios necesarios.
- 3.- 11/05/2022: visita al puerto de Granadilla y comprobación in situ de los medios de lucha contra la contaminación marina de los que dispone el puerto. Se asiste al despliegue de la barrera anticontaminación. Una vez más, exceptuando los medios protegidos por el container de la barrera anticontaminación, los medios son inservibles. La barrera se despliega convenientemente, pero tiene una longitud muy inferior a la necesaria para cerrar la bocana, según el PIM del puerto. Dada la gravedad de este hecho, aunque actualmente no repostan buques en el puerto de Granadilla ni existen todavía intercambios de graneles líquidos combustibles, se elabora informe que se publica en la web y se envía a la APSCTFE para que solventen a la mayor brevedad posible estas deficiencias. El informe indica: [...] *Observación 6.1.3: aunque se comentará también en la tercera visita, es especialmente grave y destacable que el PIM del puerto de Granadilla contemple el cerramiento completo de la bocana mediante una barrera anticontaminación de 9 tramos de 50 metros cada uno con boyas para*

fondeo con cadena, y se haya colocado en el contradique un contenedor con 10 tramos de 25 m (250 metros). El OAG considera este hecho, tal y como se ha expuesto, especialmente grave y debe ser solucionado lo antes posible.

4.- 13/09/2022: visita al almacén de la APSCTFE con sede en Santa Cruz de Tenerife con objeto de la comprobación de los materiales de lucha contra la contaminación marina. Se han seguido las indicaciones del OAG: los materiales están ordenados e identificados, a la par que se ha limpiado la zona de acceso, permitiendo el acceso y la carga de los materiales de forma rápida y eficiente.

5.- 13/10/2022: visita al puerto de Granadilla y comprobación in situ de los medios de lucha contra la contaminación marina de los que dispone el puerto. Las deficiencias no han sido subsanadas.

6.- 01/12/2022: visita al puerto de Granadilla y comprobación in situ de los medios de lucha contra la contaminación marina de los que dispone el puerto. Las deficiencias no han sido subsanadas.



Figura 24 Izquierda: contenedor de la barrera anticontaminación. Derecha: medios de lucha contra la contaminación marina del puerto

6.3.3 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:

- a) Comprobará semanalmente y de modo no regular, la eventual presencia de residuos flotantes y las labores de inspección y limpieza (Figura 25).
- b) Verificará que los residuos son debidamente tratados por gestor autorizado.



Año 2022

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

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

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

Comentarios:

Semanas 42, 46 y 48: se observan residuos flotantes que no pueden ser retirados al no disponer la Autoridad Portuaria de la embarcación de limpieza de la dársena necesaria.

Figura 25 Extracto de lo informado en la web del OAG

En 2022 se sigue sin disponer de la embarcación de limpieza necesaria. De hecho, nunca se ha dispuesto de esta embarcación que debería inspeccionar la dársena diariamente. El OAG reitera la necesidad de ésta. Así mismo, la disposición de la embarcación facilitaría la recogida de pollos desorientados de pardela para su traslado a La Tahonilla, a la par que el puerto de Granadilla dispondría de una embarcación para el despliegue de la barrera si fuera necesario de forma urgente. Actualmente, en caso de vertido, se debe esperar a la llegada de la embarcación desde el puerto de Santa Cruz de Tenerife.

6.3.4 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 blanquiazal, 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 2022 no se observó ningún pescador deportivo dentro de las instalaciones (Figura 26).

2022

Semana	51	52	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Nº pescadores			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Semana	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Nº pescadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Semana	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	01	02	03	04	05	06
Nº pescadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							

Comentarios:

Figura 26 Extracto de lo informado en la web del OAG

6.3.5 Control de zonas verdes

Las zonas verdes deben mantenerse en perfecto estado de conservación. Se comprobará que se procede a su limpieza, tratamiento fitosanitario y control de especies invasoras. Si existieran ejemplares de rabo de gato (*Cenchrus setaceum*), se informará a la APSCTFE para su retirada según protocolo de seguridad. Se supervisará esta acción. El control de esta medida es permanente, con periodicidad semestral. Todavía no hay zonas verdes que controlar en el puerto de Granadilla.

6.3.6 Control zona de servicio del puerto

Los viarios, infraestructuras portuarias y mobiliarios urbanos deben estar en perfecto estado de mantenimiento y conservación. El OAG comprueba que se procede a la limpieza periódica de las dársenas portuarias. Se debe incrementar la limpieza y mantenimiento del contradique por parte de la empresa que ostenta la concesión administrativa.

6.3.7 Control de residuos

Los residuos peligrosos y no peligrosos generados por la actividad portuaria deben ser correctamente gestionados, cumpliendo con la normativa vigente. El OAG debe comprobar los registros de correcta gestión de residuos peligrosos y no peligrosos directos de la APSCTFE en el puerto de Granadilla. Así mismo, también debe comprobar la correcta gestión de los desechos de los buques y el cumplimiento estricto del convenio MARPOL. Se debe llevar un control documental de todos los residuos directos, ya sean de las obras, explotación, viarios, etc.; incluyendo este control comprobación de albaranes, contratos, puntos limpios, gestores autorizados, etc.



Exceptuando el control documental de la obra del edificio de servicios portuarios, el flujo de información entre las empresas adjudicatarias y la APSCTFE o la asistencia técnica de ésta es defectuoso; por lo que se insta a la APSCTFE a que tome medidas al respecto para que control de residuos pueda ser llevado a cabo de forma conveniente, más cuando se pretende mantener la norma de calidad ambiental con la que cuenta Puertos de Tenerife.

6.3.8 Control de ruidos y luces de las embarcaciones atracadas

Las embarcaciones atracadas deben cumplir con la normativa vigente para el puerto de Granadilla con respecto a la emisión de sonidos. Los controles de ruido se llevarán a cabo en estaciones móviles, dependiendo de los atraques de los buques, de las concesiones administrativas y de las instalaciones del puerto, de forma aleatoria y cuando sea necesario.

El estudio se actualizará cada vez que se detecte una actividad nueva. En la medida de lo posible, y cumpliendo con las medidas de seguridad, los buques deben apagar las luces innecesarias en las horas nocturnas, especialmente en los meses de septiembre a diciembre, para respetar los primeros vuelos de los pollos de pardela y evitar deslumbramientos.

Se continúa detectando un exceso de luces encendidas durante la noche (Figura 27), si bien es cierto que la situación parece haber mejorado con respecto a años anteriores. Sin embargo, imágenes como las de la Figura 17 impiden una actitud positiva al respecto.



Figura 27 Imagen del puerto durante la noche, con una única embarcación

6.4 Geodinámica litoral

El esquema general de la dinámica litoral y sedimentaria de la costa de Granadilla se conoce actualmente con mayor 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. 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.

6.4.1 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 2022 ha habido muy pocas precipitaciones. La tormenta tropical Hermine (24-26 de septiembre de 2022) produjo fuertes precipitaciones en la costa de Granadilla. Aunque en menor medida, el 7 de diciembre de 2022, una borrasca con abundante componente eléctrico, también provocó importantes lluvias en la zona.

6.4.2 Nivel medio del mar y oleaje

La información sobre oleaje y mareas en Granadilla la venían registrando Puertos del Estado y la APSCTFE, 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 APSCTFE tiene preparado el proyecto de instrumentación del nuevo puerto, en el que se contempla su reposición por otro igual, de presión. Hoy en día aún no ha sido instalado, y la información que Puertos del Estado suministra en su página web (www.puertos.es) como estación “mareógrafo de Granadilla” es en realidad la extrapolación de los datos del mareógrafo de Los Cristianos. Dicha información está disponible desde el año 2013 hasta la actualidad.

6.4.3 Flujo de la corriente

Si fueran necesarios estudios puntuales de la corriente se abordaría:

- a) Midiendo de forma continua la velocidad y dirección de la corriente en la columna de agua mediante perfilador de corrientes y durante el periodo que sea necesario hasta obtener resultados.
- b) El uso de boyas de deriva con geolocalizadores, que permiten luego reconstruir sus trayectorias y así determinar las corrientes superficiales existentes. Estas boyas son recuperables y sirven para analizar la dispersión y comportamiento de los flujos en varios ensayos y diferentes lugares.



Este control es permanente puntual, no habiendo sido necesario en 2022. Sí lo fue en 2021, para el control del nuevo punto de vertido de arenas.

6.4.4 Alteraciones batimétricas

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.

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. Antonio Cendrero, en el tema 11 de "Evaluación Preliminar de los impactos en España por el Cambio Climático (2005, MITECO²), indica que investigaciones en zonas de la costa española a partir de fotografías aéreas históricas y el control continuo de perfiles de playa en 34 estaciones³ 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, 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 costa aguas abajo de la intervención⁴. Las consecuencias podrían ser importantes teniendo en cuenta las interacciones a través de la interfase costera para las comunidades [...] 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 desmantelamiento de campos de dunas costeras que conforman un hábitat peculiar⁵. 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

² Uceda, Antonio Cendrero N.d. 11. IMPACTOS SOBRE LAS ZONAS COSTERAS: 56.

³ 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.

⁴ Granadilla_es.Pdf N.d.

https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/granadilla_es.pdf, accessed August 4, 2022.

⁵ 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.

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^{6 7 8}.

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 análisis 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 28. En ellas se explicita cómo el patrón de olas (en altura y en velocidad y dirección) se vería afectada por las defensas portuarias.

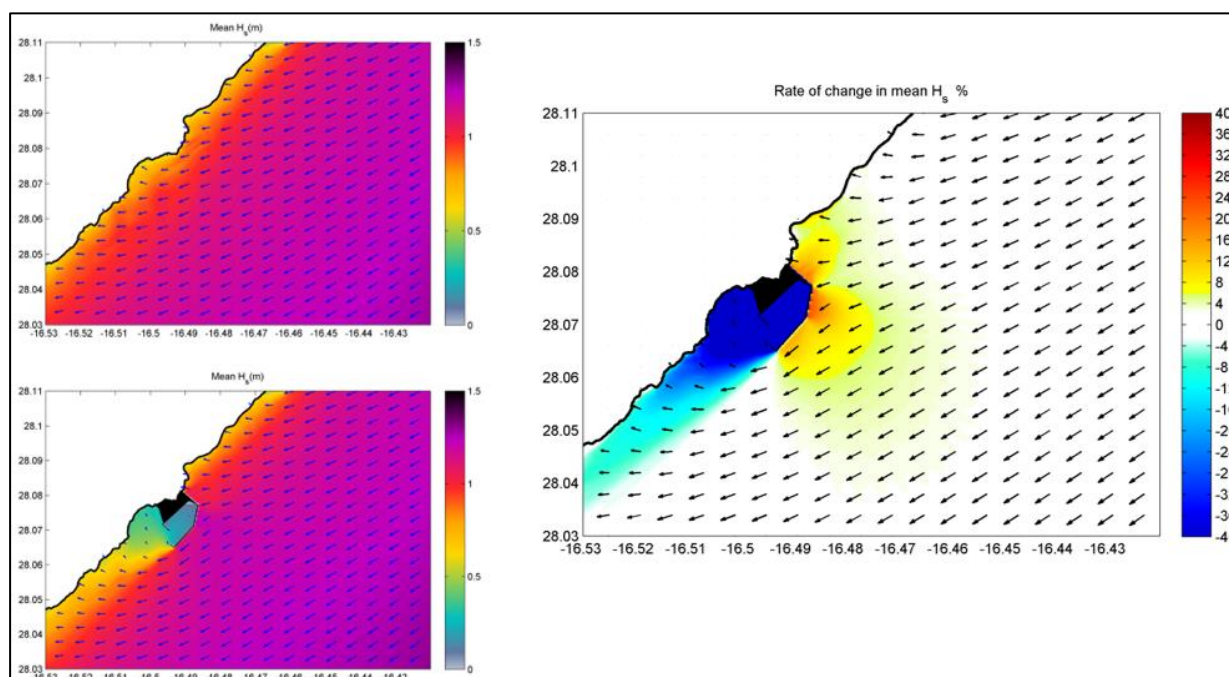


Figura 28 Cambios en el oleaje inducidos. A la izquierda: dirección, sentido (pequeños vectores) y altura significativa media (H_s) de las olas antes y después. A la derecha: variación de H_s tras la construcción del puerto. IHC, 2012

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, encomienda que dio como resultado un informe del que se extrae unos explícitos gráficos (Figura 29) que recogen la variación de las velocidades de la corriente a profundidades medias (en marea vaciante).

⁶ 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”](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.

⁷ J, Cortes, Alicia Villamizar, Gustavo Nagy, et al., 2020 Ecosistemas Marino-Costeros. In Pp. 132–160.

⁸ Claudet, Joachim, Laurent Bopp, William W. L. Cheung, et al. 2020 A 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.

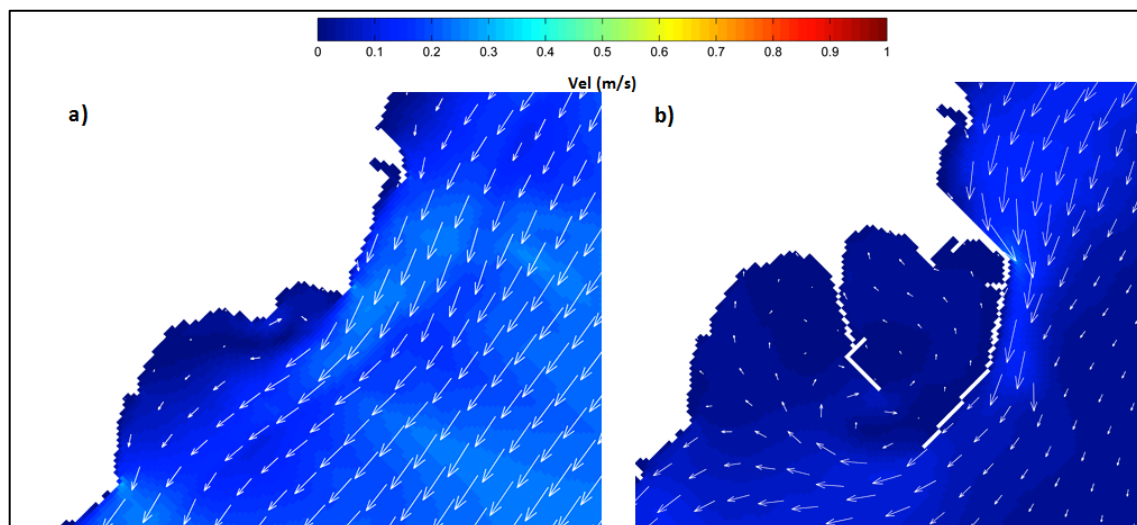


Figura 29 Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en las cercanías del Puerto de Granadilla, en un instante del periodo de simulación (marea vaciante): a) previo; b) posterior

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 en la Figura 30) y las mediciones de las playas.

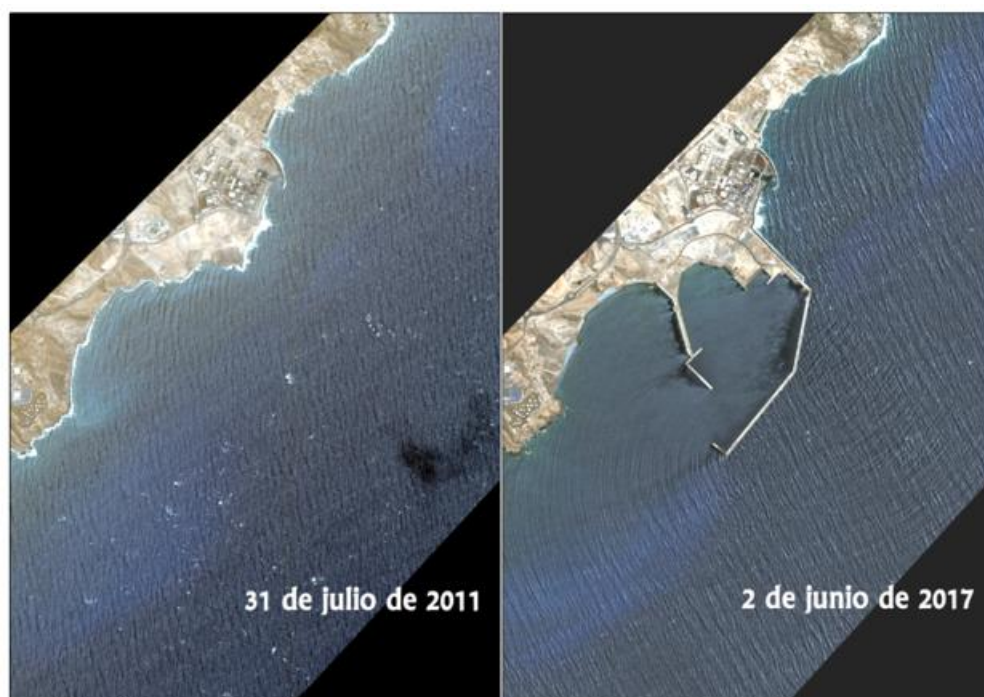


Figura 30 Efecto de las obras de abrigo en el régimen de olas y en su incidencia en la costa. Se aprecian cambios en la dirección y en la energía de las olas, visibles en escenas satelitales

Con un poco más de esfuerzo se descubren los cambios en las playas cercanas a sotavento de la construcción (La Caleta, El medio y Punta del Vidrio). En la Figura 31 se remarcan estas derivadas, así como la dirección del tren de olas en distintos puntos de la ensenada.

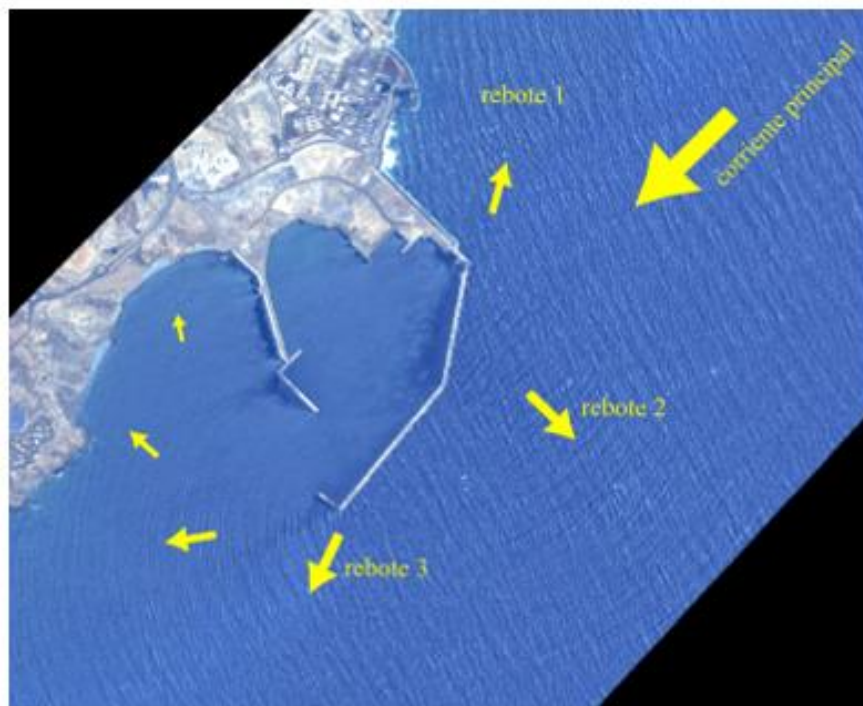


Figura 31 Rebotes de ola y derivaciones (02/06/2017)

Puede distinguirse también en la imagen la aparición de un oleaje de rebote hacia el norte desde la primera alineación de la obra de abrigo, y otra línea de rebote hacia afuera a lo largo de la segunda alineación, que restaría parte de la energía de la corriente cerca de la costa.

Para el seguimiento de las alteraciones batimétricas el OAG se apoya en imágenes satelitales WorldView (II y III, resoluciones de 40 y 30 cm) desde julio de 2011 (antes de las obras). El trabajo se lleva a cabo sobre una estación de trabajo DELL Precisión portátil con 32 GB de memoria y tarjeta de vídeo NVidia de 4 GB y soporte CUDA y aceleración de gráficos, así como en desarrollos de algoritmos específicos (con la inestimable intervención del grupo de investigación GPIT⁹), de los que se dará detalles posteriormente, que aplican los conocimientos más avanzados en materia de teledetección de batimetría, y 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.

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

⁹ departamento dentro del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG) adscrito a la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)



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), 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 32.

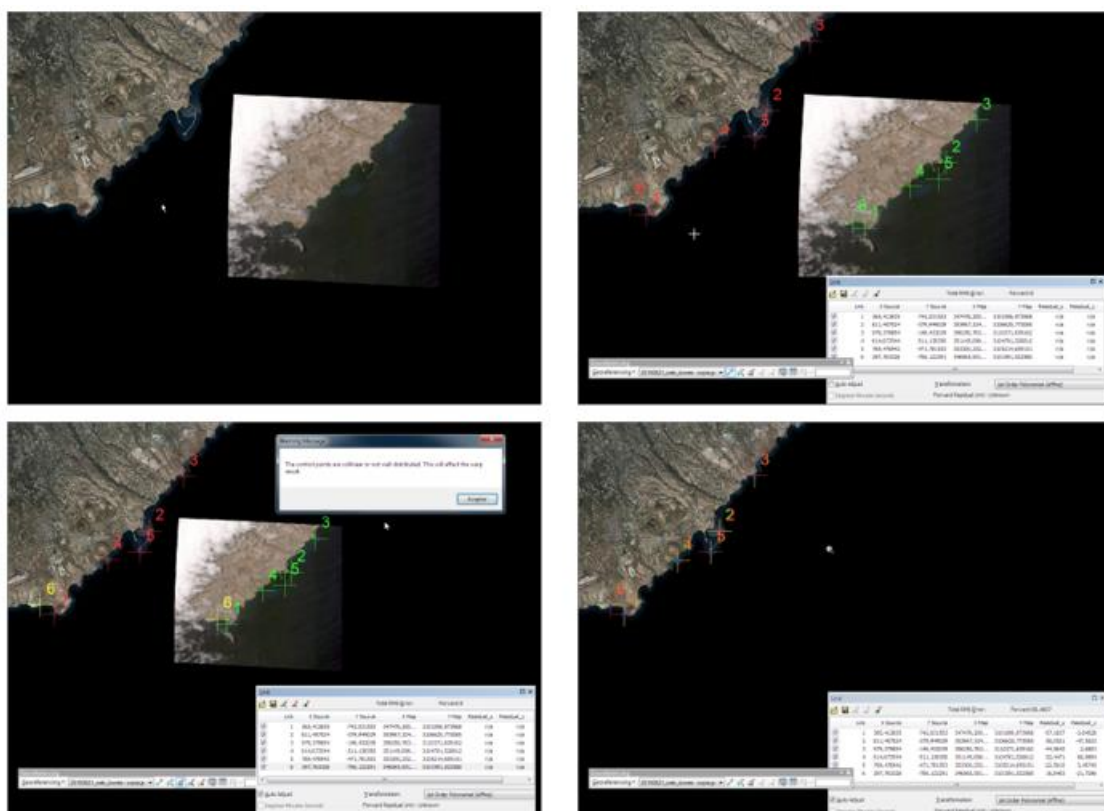


Figura 32 Ejemplo de georreferenciación. Puntos de control y resultado final de la técnica sobre el mapa de la IDE Canarias Ortoexpress del Gobierno de Canarias

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.

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, de la 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 distribuir óptimamente puntos de control para un buen ajuste, ni aun aumentando su número, ni lograr una mayor exactitud de referenciación.

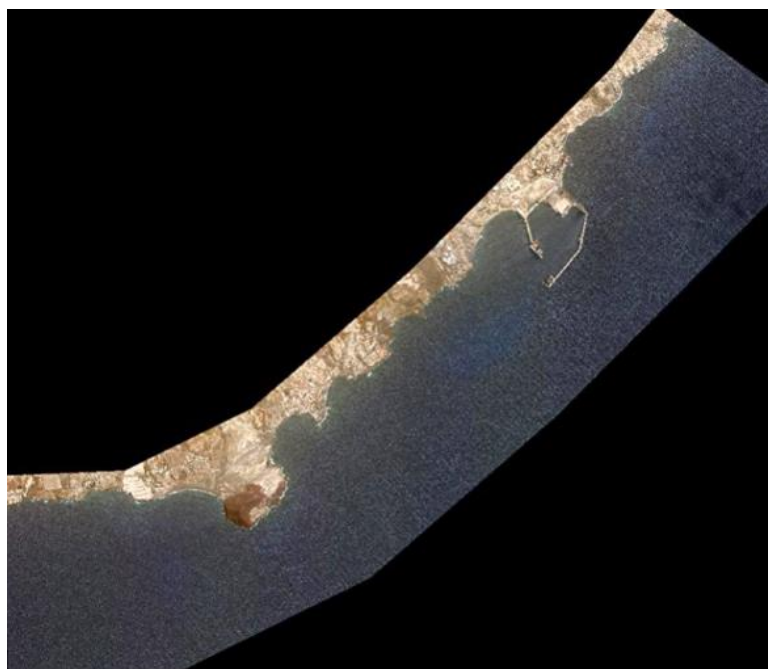


Figura 33 Toma satelital del 17 de julio de 2020

En la Figura 33 queda patente 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, puede desdeñarse.

Como novedad frente a años anteriores, como no podía ser de otra forma, la adquisición de imágenes de satélite se realiza por licitación pública, que impone en su clausulado la realización previa de este ajuste geográfico.

6.4.4.1 Algoritmos de teledetección

El GPIT, un departamento dentro del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG) adscrito a la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), preparó en 2013 un algoritmo específico para interpretar la batimetría a partir de imágenes del satélite WorldView2. La precisión que ofrece este método es elevada (aprox. >2 m) y abarca hasta los 20-25 m de profundidad. Su empleo requiere que las imágenes sean tomadas en condiciones óptimas, sin nubosidad ni demasiada reverberación. Aunque pueda parecer 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 y referidas al mismo instante.

Mediante el uso de esta primera herramienta algorítmica se realizaron levantamientos batimétricos que permitieron, hasta 2015, el análisis comparado de cada año con 2011. Al comparar entre los fondos de 2011 y 2015 (Figura 34) se revelaron pérdidas en el sector previo (N) al puerto, tal como predecían los modelos (mayor agitación del oleaje), pero no se aprecian acumulaciones importantes al sur, frente a montaña Pelada (el dique de abrigo estaba entonces a medio construir). Las otras pérdidas detectadas corresponden al talud, con dinámica más viva que en zonas aplaceradas.

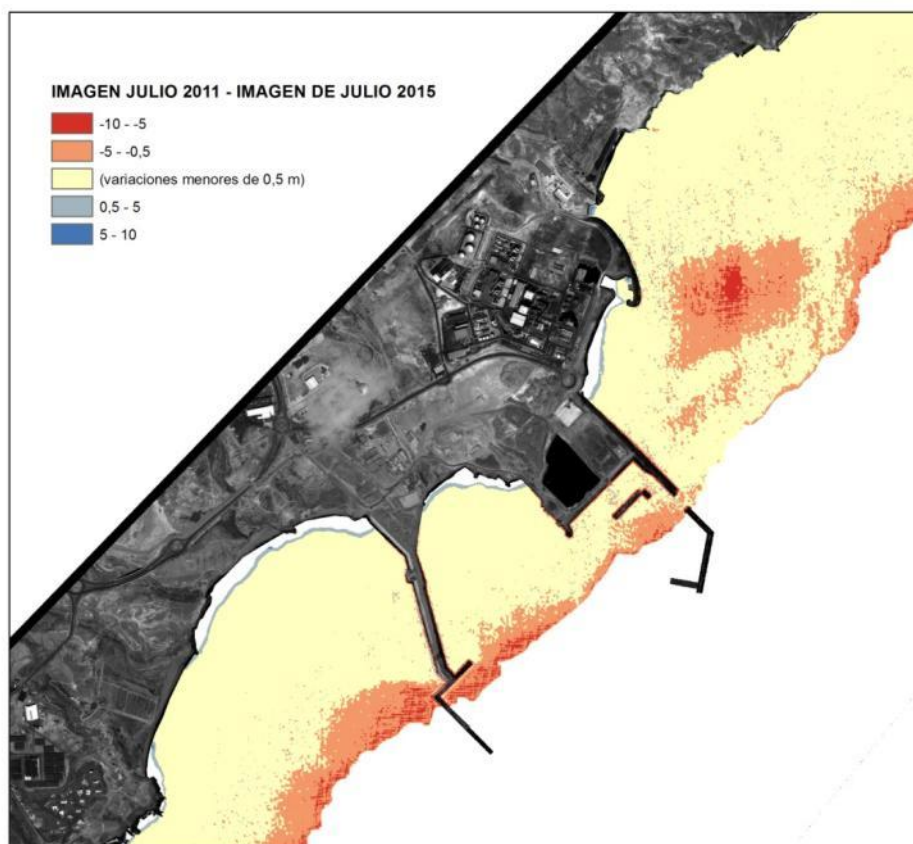


Figura 34 Diferencias batimétricas (> -2m) entre 2011 y 2015

Con la incorporación de la nueva plataforma WorldView 3 hubo que reformular el primer algoritmo de análisis de la imagen, desarrollado para WorlView2, que ya no trabajaba bien con las tomas de la nueva plataforma. El antiguo programa se basaba en unas correcciones radiométricas que parten de características intrínsecas de los sensores, y esas características son lo bastante diferentes en una y otra plataformas como para que no dé resultados fiables. De forma urgente el Patronato aprobó en su momento la aportación necesaria para el desarrollo de un nuevo algoritmo, proceso que culminó en octubre de 2021 con un producto que, aún así, necesitó de mejoras y refinamientos posteriores que no fue posible acometer en 2022. Los problemas descubiertos dificultaron la obtención de resultados. Para dar cuenta de ellos, en 2023 se llevó en a cabo la contratación de la asistencia del personal desarrollador, asistencia de la cual se deriva igualmente un apoyo formativo y de soporte.

La aplicación se ha creado por alumnos de doctorado de la ULPGC dentro del grupo GPIT, así como algunos miembros permanentes y el director de ese grupo, en estrecha colaboración con el personal del OAG y se centra en la calibración radiométrica y atmosférica de las imágenes y la corrección de algunos defectos que sistemáticamente presentan (bandedo, por ejemplo). Igualmente se incorporan herramientas para la extracción automática de la masa de agua que interesa estudiar, corrección del reflejo solar para atenuar el efecto radiativo del oleaje y filtros morfológicos para suavizar o corregir los valores de la escena antes y después de los

tratamientos más exigentes con los que extraer diversas mediciones (hasta profundidades de 25-30 m).

Estas correcciones se basan en diferentes técnicas y tratamientos escogidos de entre los más recientes desarrollados por la ciencia, que se mejoran en parte y se personalizan para las necesidades del OAG:

- Máscara de masa de agua: cálculo del índice normalizado diferencial de agua normalizado¹⁰ (NDWI), basado en operaciones en las bandas de infrarrojos.
- Corrección radiométrica y atmosférica: modelo 6S (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum*¹¹), que toma en cuenta diversos parámetros para producir una versión simulada de la toma sin la afección de la atmósfera. Se ha adaptado a las circunstancias atmosféricas del área portuaria.
- Corrección del brillo solar: método de Hedley, que hace uso de una o más regiones de la imagen con oleaje para obtener la escala lineal del brillo solar en la banda NIR (no penetra en la masa de agua) y ópticas de la imagen a corregir, comparando las regiones con oleaje con las que no lo tienen y mediante regresión lineal calcular su valor sin los reflejos¹².

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 mediante técnica de regresión. El primero es el más empleado en estudios de batimetría a partir de imágenes satelitales, pero se ajusta mal a las zonas profundas, así que el equipo de la ULPGC ha ideado un método de ajuste a una curva sigmoide, que tolera mejor esos valores. Los dos restantes se basan en redes neuronales y *machine learning*, siendo, además, los más exigentes en cuanto a capacidad de cómputo y tiempo de generación de resultados.

Debe indicarse que durante 2022 quedaban por pulir aspectos del programa, sobre todo en cuestiones de estabilidad y rendimiento en la fase de explotación, resolviendo situaciones de ejecuciones abortadas o *crashes*, pues a menudo la ejecución se detenía catastróficamente por razones que deben investigarse en cada momento. Esto retrasa la explotación fluida de la

¹⁰ Bo-cai Gao,

NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment*, Volume 58, Issue 3, 1996, Pages 257-266, ISSN 0034-4257, [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3).
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425796000673>)

¹¹ E. F. Vermote, D. Tanre, J. L. Deuze, M. Herman and J. -J. Morcette, "Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview," in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 35, no. 3, pp. 675-686, May 1997, doi: 10.1109/36.581987.

¹² J. D. Hedley Corresponding author , A. R. Harborne & P. J. Mumby (2005) Technical note: Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos, *International Journal of Remote Sensing*, 26:10, 2107-2112, DOI: 10.1080/01431160500034086



aplicación, pero no la inhabilita, puesto que el proceso de refinamiento se garantiza en los acuerdos de trabajo.

De la imagen de 2021 (17 de diciembre), se muestran algunos resultados:

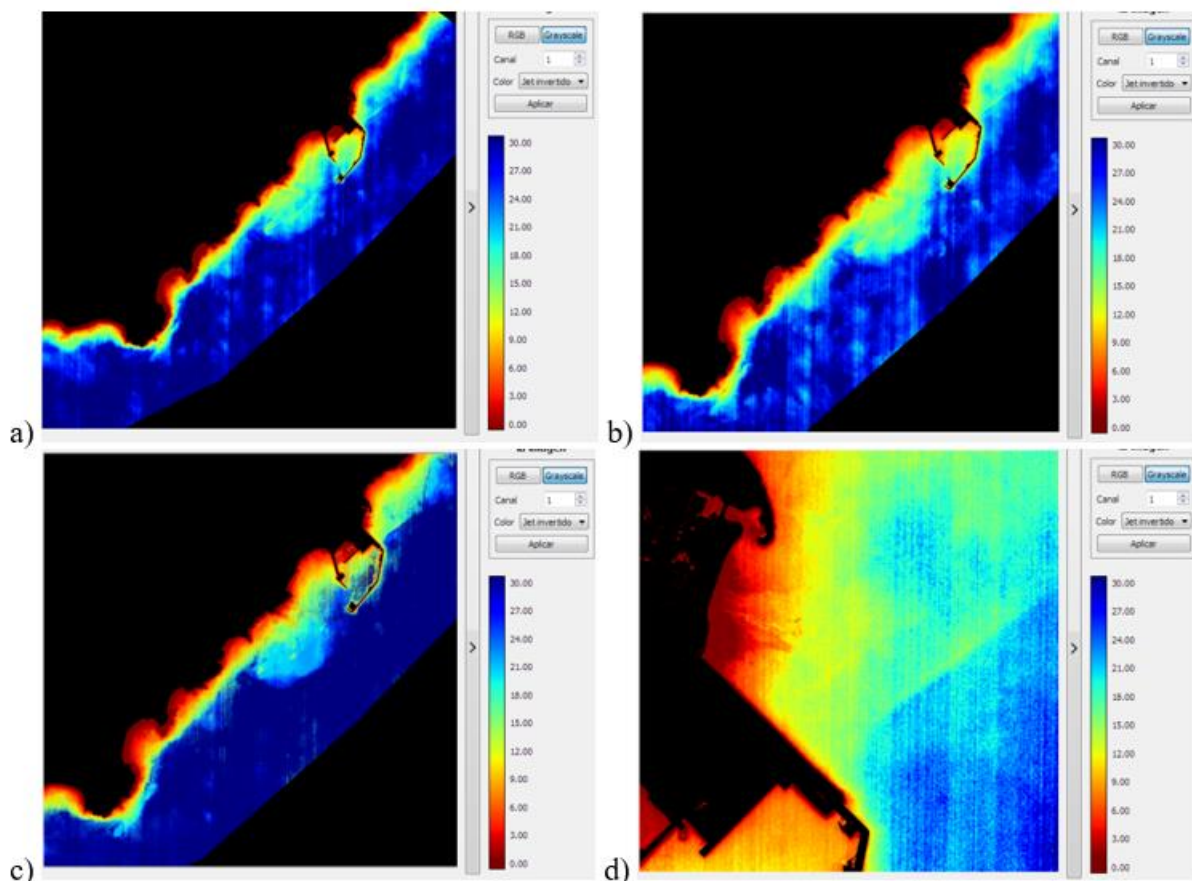


Figura 35 Resultados de batimetría con: a) *Stumpf*; b) *Sigmoide*; c) *KNN*; d) ruido

Como puede verse en las imágenes de la Figura 35, 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 a los que se enfrenta la interpretación para poder realizar comparaciones entre imágenes de diferentes años, pues la presencia de ruido y de artefactos es muy alta. En la Figura 36 tenemos un ejemplo del objetivo buscado.

El OAG está buscando un mejor flujo de trabajo para intentar obtener superficies más suaves eliminando ese ruido, para que al superponer batimetrías de distintos años tenga sentido calcular las diferencias; se incorporan filtrados morfológicos como la apertura o el cierre, comunes en el tratamiento digital de imágenes. Entre las opciones están el filtrado gaussiano, el

método MDenoise (Sun et al., 2007)¹³ y otras. Aún no se tienen resultados concluyentes para determinar el flujo ideal que permita comparar todas las series históricas satisfactoriamente.

Realizando el tratamiento de las imágenes de satélite de 31 de julio de 2011 (imagen de referencia del estado previo a las obras) y la última del 23 de octubre de 2022 se obtienen unas variaciones exageradas que demuestran que aún queda recorrido. El mapa debería arrojar unas variaciones menos extremas.

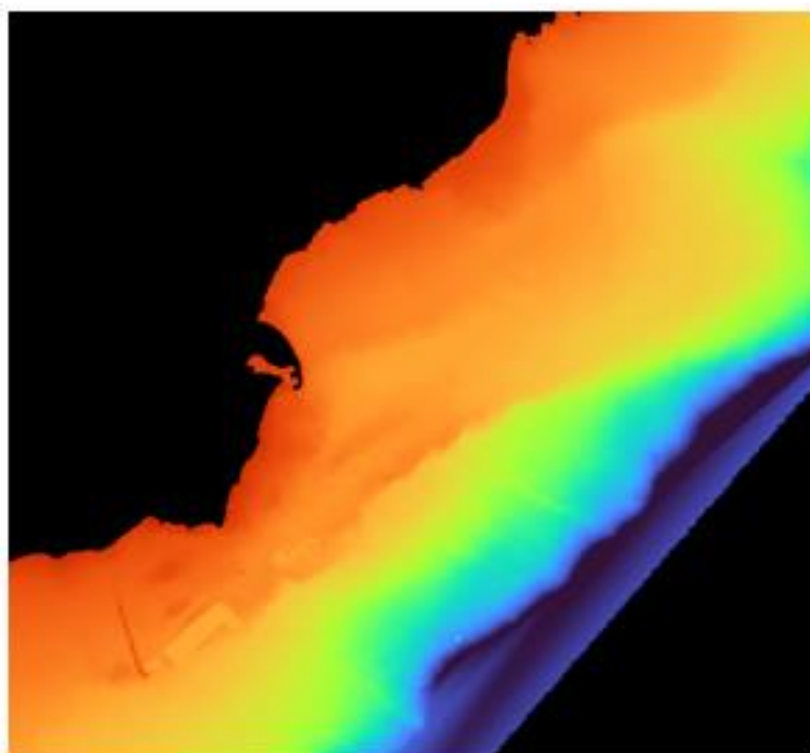


Figura 36 Ejemplo de batimetría sin ruido. Batimetría obtenida a partir de isóbatas del estudio de Aemon en 2008 para la APSCTFE

No obstante, el OAG entiende que la mejora continua y la revisión del protocolo de análisis no podrán sino producir resultados sólidos y útiles.

En la comparación realizada entre estos dos extremos temporales, recogida en la Figura 37, es posible determinar que se ha generado una elevación del fondo marino en el propio área de la infraestructura y otras cercanas, tanto al N como al S, pero a una escala menor y desde una perspectiva más global, podría decirse que las pérdidas se circunscriben a la región meridional y las ganancias se quedan hacia el norte.

¹³ X. Sun, P. L. Rosin, R. Martin and F. Langbein, "Fast and Effective Feature-Preserving Mesh Denoising," in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 5, pp. 925-938, Sept.-Oct. 2007, doi: 10.1109/TVCG.2007.1065.

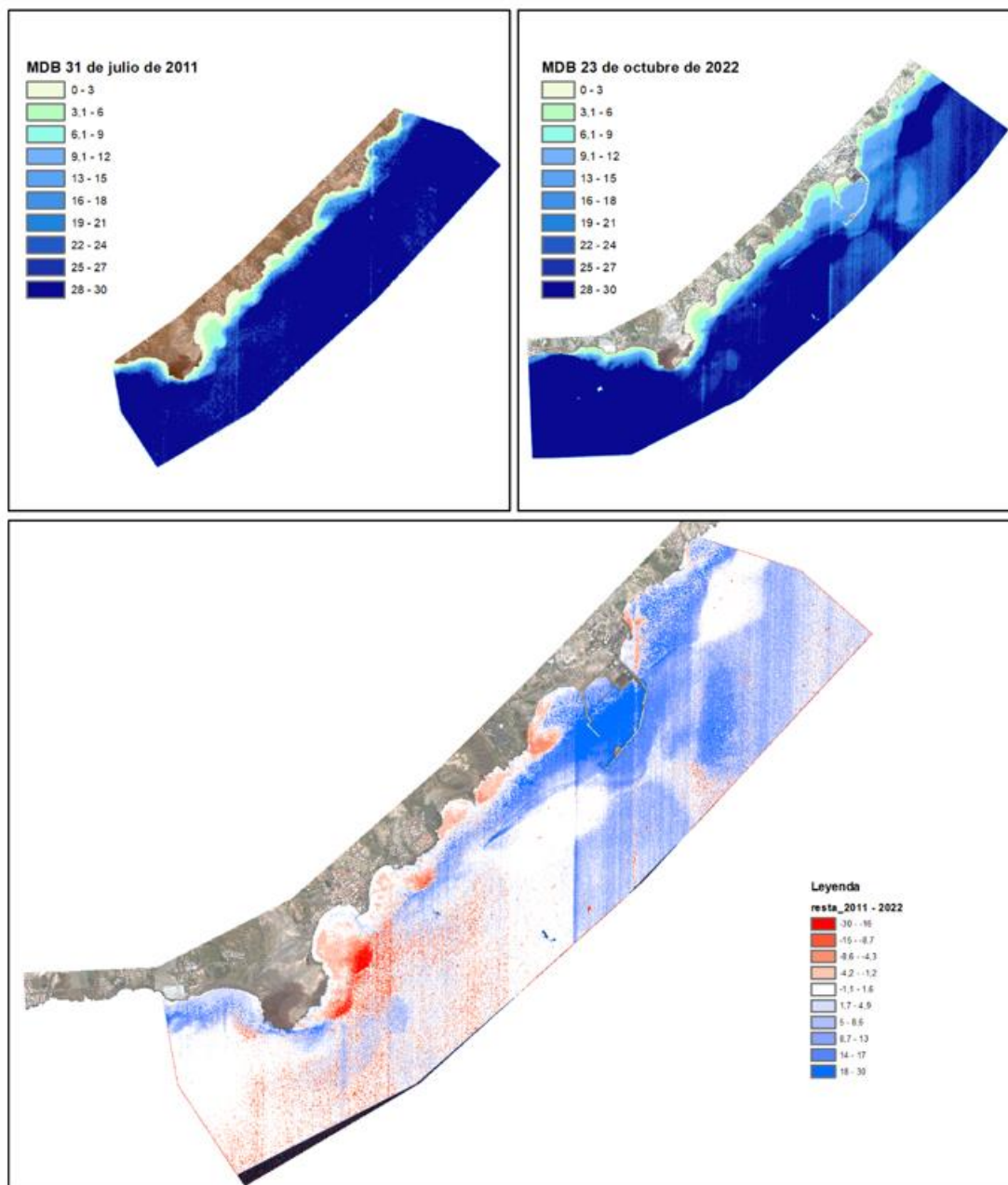
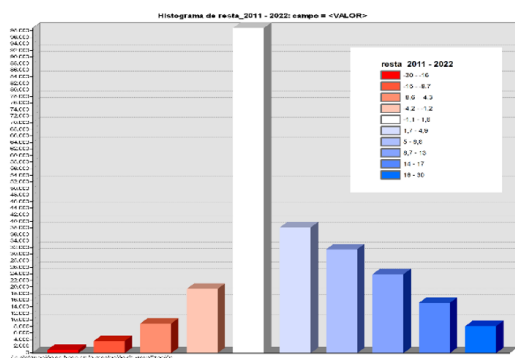


Figura 37 Diferencias (2011-2022) arrojadas por la aplicación IpriSat elaborada expresamente para la obtención de la batimetría a partir de imágenes de WorldView. En la parte superior, sendos modelos batimétricos de cada imagen

Atendiendo al histograma (Figura 38) cabría inferir que el rango preponderante es el de las ganancias, aunque la columna más alta corresponda a los valores entre -1 m y +1 m, es decir, apenas cambios. Si se suman todos los grupos de color azul, la banda de ganancias se obtiene que hay aproximadamente 120000 píxeles de la imagen en ese lado, frente a los 100 000 píxeles en el intervalo de color blanco o de cambio neutro, mientras que las pérdidas no van

más allá de los 34 000 píxeles. Esto supone pérdidas en un 13,7% de la imagen, ganancias en un 46,8% y apenas cambios en un 39,5%.

Si se atiende a la significación de estos extremos, se obtiene un rango que va de 1,7 m de pérdidas a 5 m de ganancia que supone el 90% de los cambios, siendo la media de +3,28 m.





Una vez adquiridas esas habilidades, se elaborará un informe más exhaustivo y monográfico sobre los cambios batimétricos y su relación con la construcción del puerto.

6.4.5 Alteraciones en playas

Con las mismas fotografías de satélite que se adquieren, y dentro de la ejecución del PVA, se desarrolla 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.

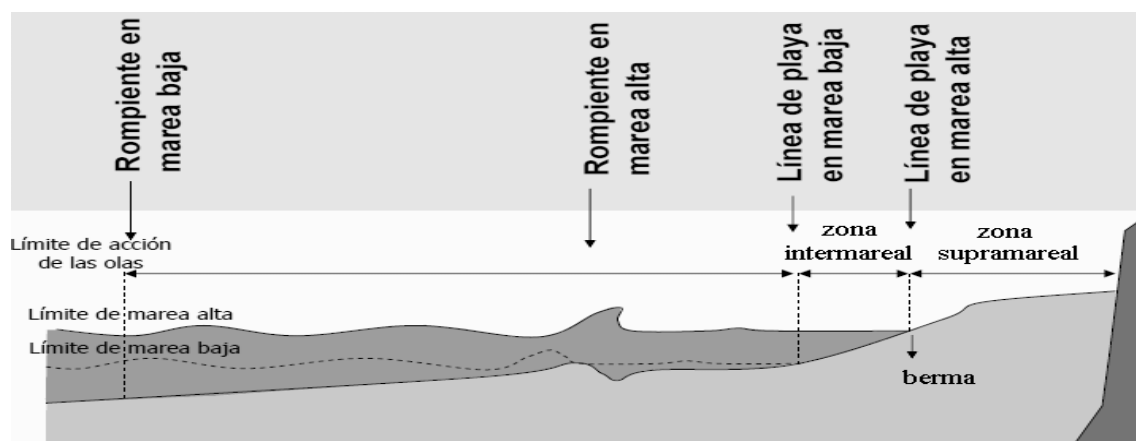


Figura 39 Esquema del oleaje de una playa, tomado de Ortiz, Idalí and Mónica Galicia Jiménez, 2012

Tomando por un lado las características geográficas (posición) y geométricas (forma) de esa línea (Figura 39), en el OAG se han concebido dos modelos para el análisis del basculamiento, que se exponen a continuación.

6.4.5.1 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. En aras de 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 V 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 40 y Figura 41).



Figura 40 Playa de Tarajales en marea baja

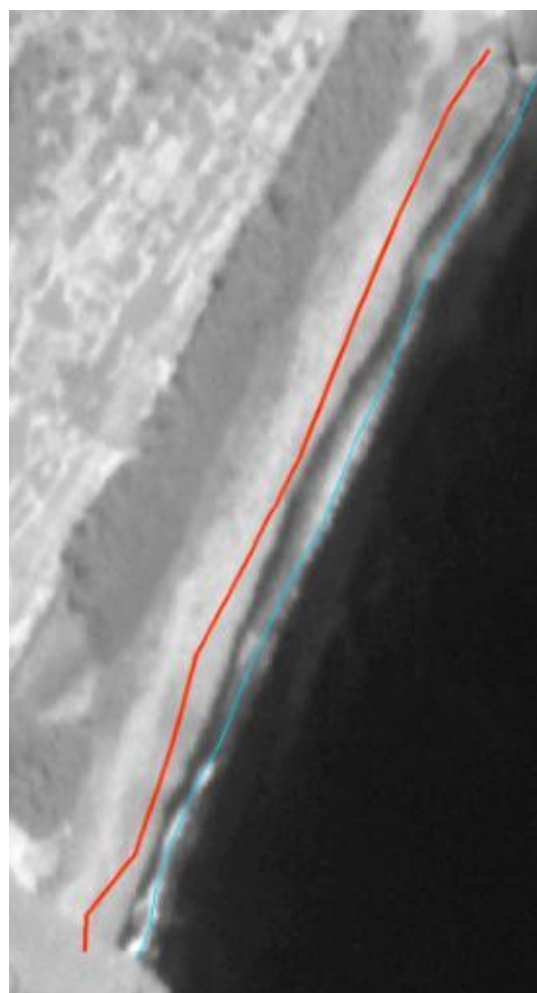


Figura 41 Playa de Tarajales en marea alta

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 23 de octubre de 2022, con una marea de +2,18 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 5 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 de 2013 y el 23 de octubre de 2022 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	
		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 (* = marea lm)	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	1,96	7,76	2,24	-13,03	11,46	-8,42	27,03	-9,99	27,49	2,94	4,43	15,88	14,30	6,43	6,05	11,28	9,50
2014	2,15	4,68	3,10	-16,00	17,65	-16,31	44,63	-41,59	43,79	-7,15	-9,33	19,31	16,06	2,66	11,91	14,64	5,77
2015	1,96	6,56	-2,95	-11,82	14,46	-18,51	50,69	-48,46	60,42	0,32	-1,76	16,12	22,69	2,66	21,58	32,35	8,07
2016	2,25	4,65	4,02	-18,55	17,18	-13,60	49,53	-63,42	53,52	-14,92	-6,69	±	±	±	±	±	±
2017*	1,00	7,89	7,30	-19,67	23,09	-9,60	62,25	-69,11	58,57	22,64	30,17	±	±	±	±	±	±
2018*	0,77	14,54	14,22	-3,48	26,60	-6,96	67,70	-66,60	66,65	32,68	38,84	±	±	±	±	±	±
2019	1,33	9,55	6,71	-9,13	36,88	-9,80	68,30	-74,83	57,87	25,02	26,29	±	±	±	±	±	±
2020	1,5	4,59	1,33	-8,80	23,86	-16,60	60,46	-82,47	53,83	-7,50	-5,87	±	±	±	±	±	±
2021	1,95*	9,56	4,23	-1,77	31,70	-2,33	69,76	-80,30	61,58	3,34	8,92	±	±	±	±	±	±
2022	2,18	6,21	-1,94	-2,96	28,42	-17,56	62,97	-87,72	50,53	2,47	-1,92	±	±	±	±	±	±

*Se corrige el nivel publicado en el informe de 2021 (1,64 m).

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. La Tabla 5 exhibe los resultados obtenidos de las mediciones sistemáticas en las fotografías de satélite.

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. El seguimiento realizado por el OAG no apoya la idea de que las variaciones en estas playas puedan explicarse por la presencia de la nueva infraestructura.

En las Figura 42 y Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46 y Figura 47, Figura 48 y Figura 49 puede verse las mediciones realizadas a partir de la imagen del 23 de octubre de 2022, la mejor de las que pudieron obtenerse en el año con garantías y aprovechamiento.

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 23 de octubre de 2022.

Como se ha comentado, los resultados del seguimiento sugieren que los cambios en la dinámica marina en esta parte del litoral inducidos por las obras del puerto no están afectando a las tres playas más al sur. Solo tres playas han basculado con intensidad por la construcción de los diques y se encuentran al suroeste y a continuación de las obras de abrigo; han resultado ser

las que estaba previsto en los últimos estudios de hidrodinámica antes de la construcción: La Caleta (Figura 43), El Medio (Figura 44) y Punta del Vidrio (Figura 45).



Figura 42 Playa de Los Tarajales (23/10/2022)



Figura 43 Playa de La Caleta (23/10/2022)

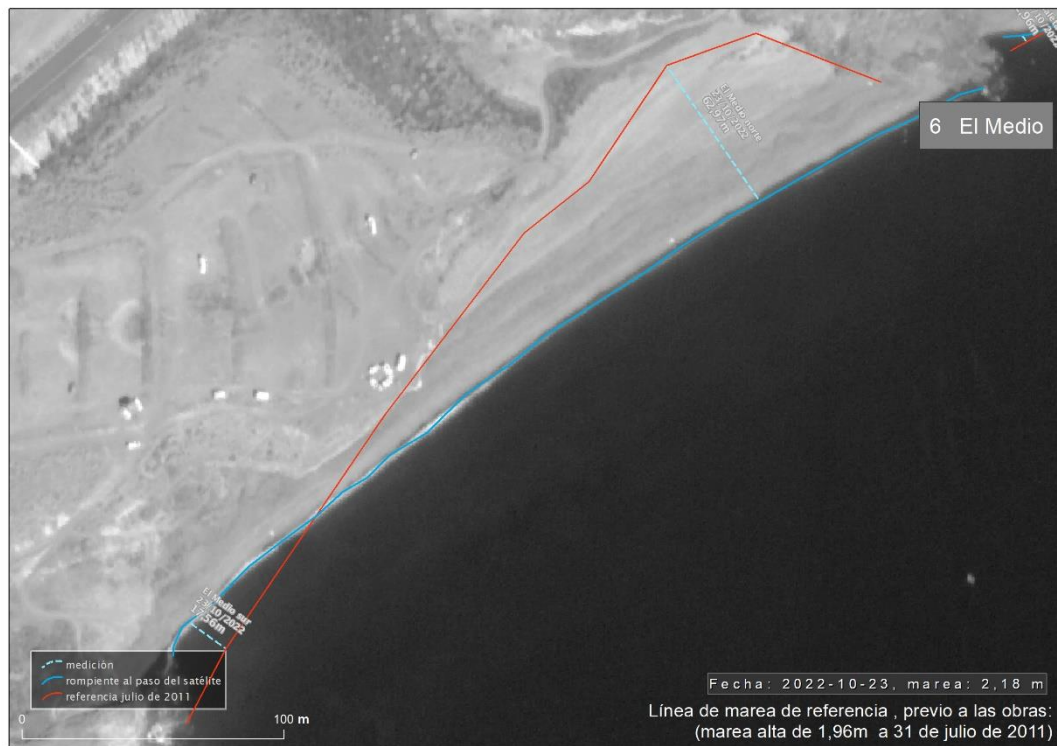


Figura 44 Playa de El Medio (23/10/2022)



Figura 45 Playa Punta del Vidrio (23/10/22)



Figura 46 Playa de Pelada (23/10/2022)



Figura 47 Playa de La Jaquita (23/10/2022)



Figura 48 Playa de El Médano (23/10/2023)

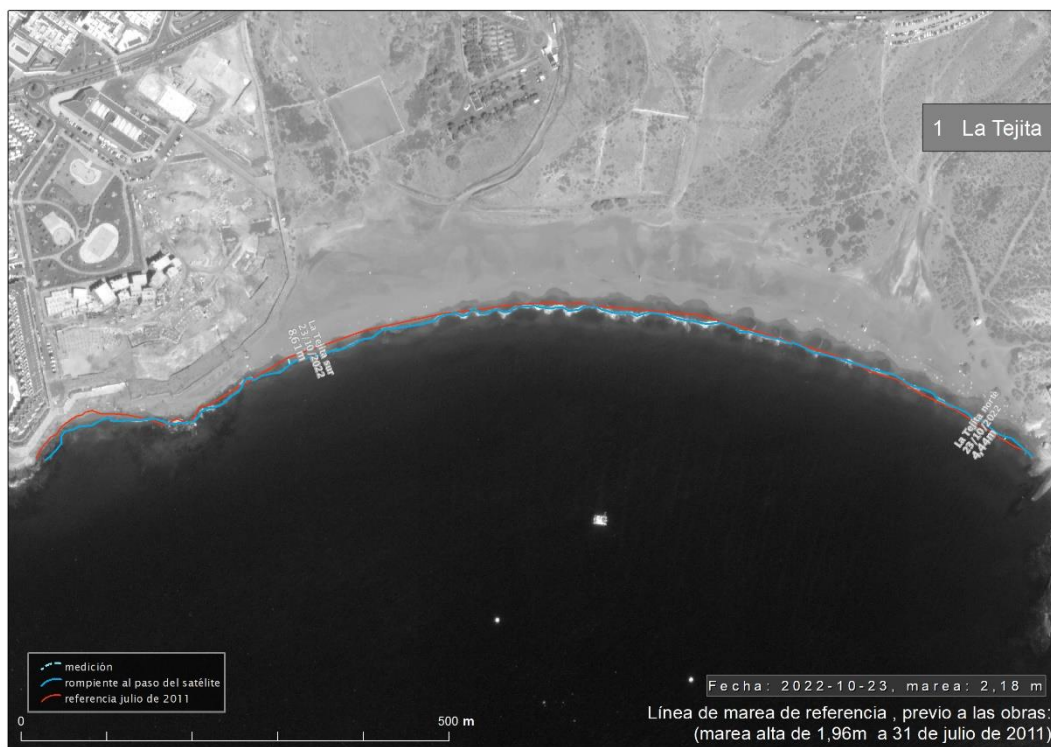


Figura 49 Playa de La Tejita (23/10/2023)

Playa de La Caleta

El patrón que ha seguido el fenómeno en La Caleta, igual que en Punta del Vidrio y que en El Medio, consiste en una erosión en el extremo Sur, que no llega a los 5 m netos. Comparados con el extremo norte, donde se acumula un avance de una treintena de metros, parecen poca cosa. El punto donde podría situarse el eje de basculamiento se localiza en la porción distal hacia el sur, de forma que en el 85% de la longitud del frente la playa crece.

Se produjo una creación de nueva playa en el arranque del contradique que en el futuro podría suponer una prolongación de la propia playa de La Caleta si llegan a unirse.

En 2022 la marea alta provoca valores de mayor retraimiento que son engañosos, pues respecto a 2021 ha habido una pérdida aparente de poco más de 1 m en el sur y menos de 3,5 m al Norte. El nivel del mar, como ya se dijo, es de 22 cm, que equivale al transcurso de 2 horas de marea.

Playa de El Medio

En la playa de El Medio el comportamiento es similar, sólo que mucho más acusado. Se han acumulado 25 m de pérdida neta en el extremo sur y se ha generado un fondo de playa de casi 70 m en la porción norte. El punto donde podría situarse el eje de basculamiento está escorado hacia el Sur, de forma que en el 75% de la longitud del frente se deposita el material.

Playa de Punta del vidrio

Acerca de Punta del Vidrio se podría decir lo mismo en términos generales. A pesar de la potencia de la marea (lo que provoca que la medición sea menor que la de 2021), sí cabe destacar que en el extremo Sur no ha disminuido el proceso, puesto que parece haberse desnudado el escollo lávico donde se erigen los aerogeneradores con respecto a imágenes anteriores. La línea de playa en esta imagen aparece recortada y está por ver si solo se debe a la marea o es una erosión renovada que ya parecía haberse atenuado. De hecho, como puede verse en la imagen, la medición se topa con el mencionado roquedo que ya no puede retroceder más, y ya no puede medirse sobre un frente de playa propiamente dicho, lo que obligaría a hacer las subsiguientes mediciones en otro lugar. En esa situación se emitiría una nueva serie de datos respecto de la porción sur de esta playa que cubriese todo el período. La respuesta la darán las imágenes de 2023.

Playa de Pelada

La pendiente de esta playa produce resultados llamativos ya que, en función del nivel de marea y de la intensidad del oleaje, pueden darse avances o retrocesos notables que hacen difícil descubrir patrones claros de basculamiento o de erosión/crecimiento. En esta ocasión, con una marea ciertamente superior a la de referencia, se observa un frente de playa prácticamente igual al de julio de 2011 y las mediciones arrojan valores bastante bajos. Al paso del satélite en la imagen de 2022, el estado de la mar era mucho más calmado y el recorrido de las olas una vez



rotas mucho más limitado. Viendo el historial de mediciones, no parece haber cambios morfológicos.

Playas de La Jaquita, El Médano, La Tejita

Respecto a estas tres playas hay poco que añadir con relación a informes de años anteriores, salvo que se mantienen aparentemente ajenas a las nuevas dinámicas generadas por el puerto industrial.

6.4.5.2 Modelo de orientación del frente de playa

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 (comentados con anterioridad). Por esa razón se ha buscado otro tipo de representación del perfil de la playa que pueda evitar estos sesgos, y que el OAG ha concluido con la modelización de medición del ángulo del frente de playa en dos alineaciones:

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

Puede verse el esquema en la Figura 50 y, en la Figura 51, un ejemplo de lo mencionado.



Figura 50 Nuevo modelo de playa con articulación para medir basculamiento. Playa de El Medio: 2011 (rojo) y 2019 (norte amarillo y sur púrpura). El ángulo a medir en rojo

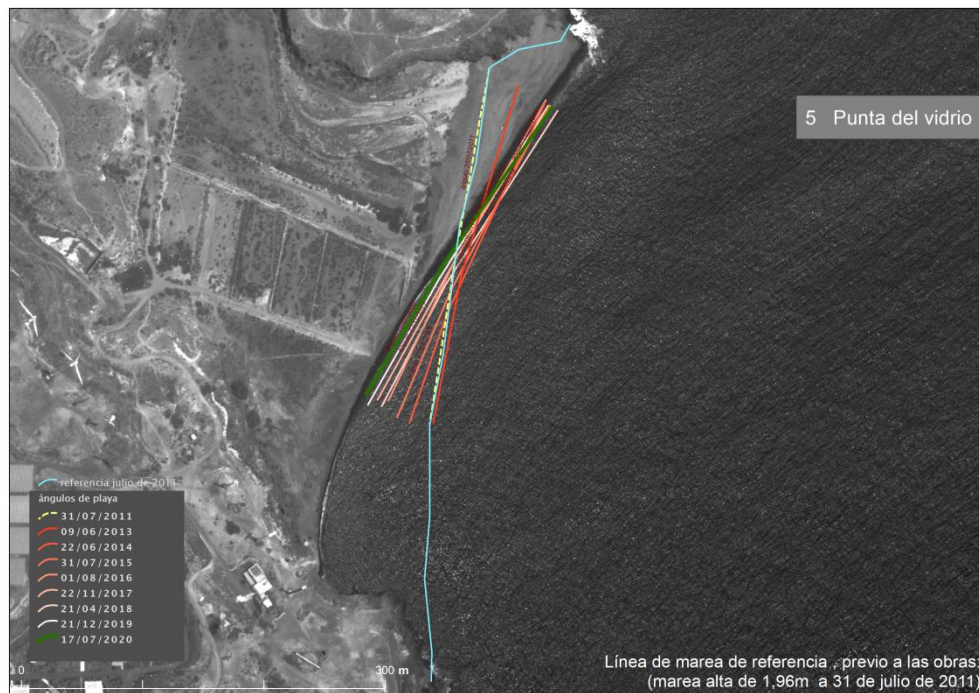


Figura 51 Playa Punta del Vidrio: 2011 (amarillo discontinuo). La rompiente de 2011 en azul claro. Sucesivas mediciones en tonos de malva a rojo según antigüedad. 2022 en verde.

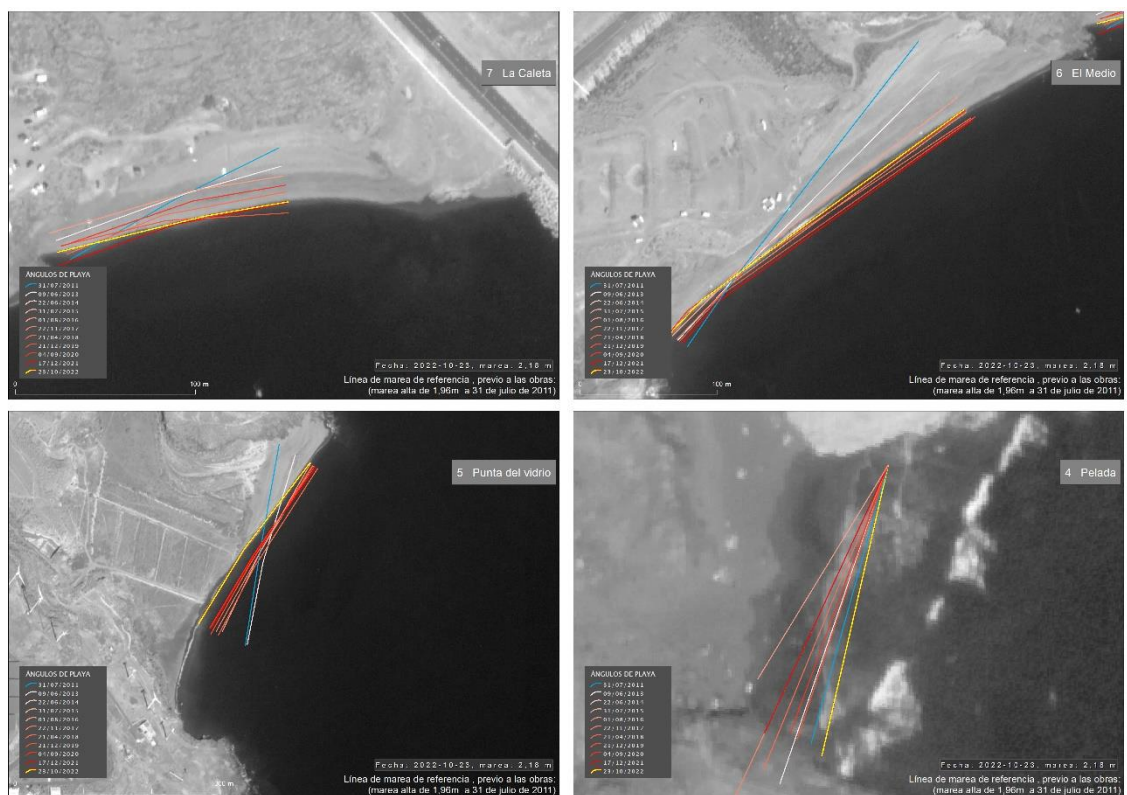


Figura 52 Cambios en la orientación en el eje de las playas en 2022



El resultado de esta forma de medir el basculamiento se recoge en la Figura 52 y en la Tabla 6.

Tabla 6 Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas del reloj. En la playa de La Pelada se considera solo una alineación (ángulo 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
23/10/2022	16,67	16,06	16,23	9,27	27,07	22,73	-2,68

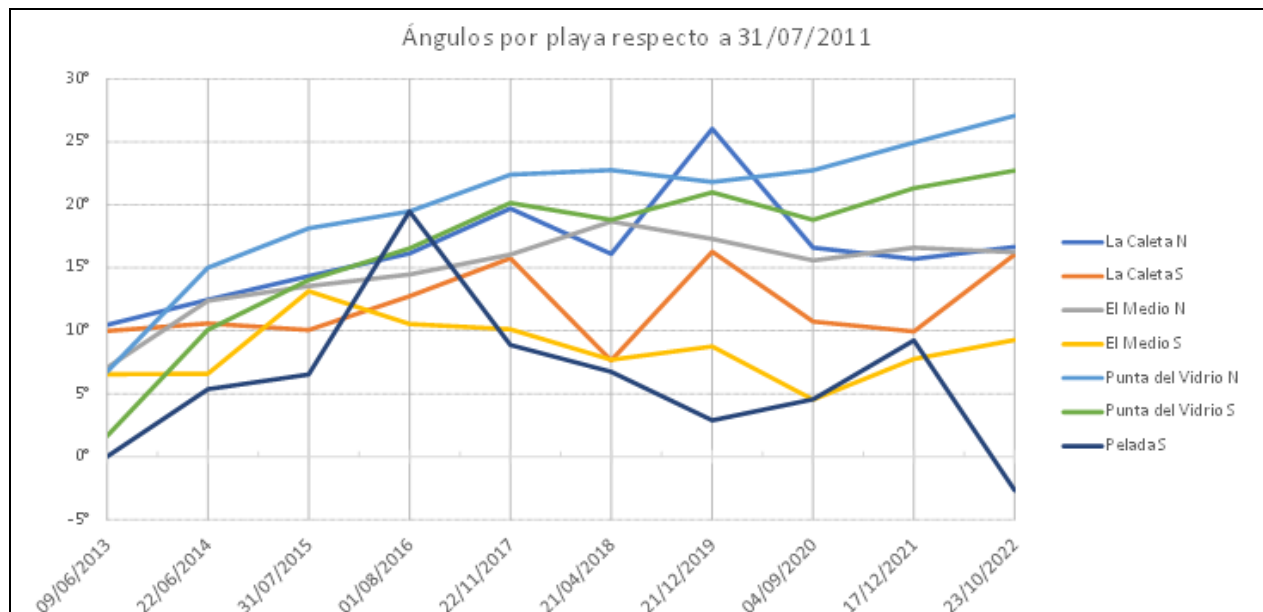


Figura 53 Evolución de los ángulos de basculamiento

La representación de los basculamientos en este método es más elocuente, observándose, en las tres playas de la ensenada, 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 se define un patrón claro de escoramiento en la última medición, como sí ocurrió en los primeros años. En general se

aprecia una estabilización. No obstante, el basculamiento en la playa de Punta del Vidrio se ralentiza, pero mantiene una rotación que indica que todavía no han acabado los cambios. Esto mismo corrobora la conclusión del método anterior.

La playa de La Pelada parece mostrar una regresión en ese basculamiento, pero esta tendencia ha de tomarse con cautela dada la baja pendiente de esta playa y lo sensible que es el método al esquema de oleaje (intensidad, orientación, altura de la ola y alcance del segmento de la rotura de ola). Se irá prestando atención a la evolución en próximas capturas desde el satélite.

6.4.6 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 y ambiental (La Tejita, El Médano, La Jaquita y La Pelada; Figura 54), licitación que finalmente ganó la empresa PROMAR2007 INVESTIGACIONES MARINAS S.L. Se llevó a cabo en el trienio 2017-2019. Dada su importancia, este estudio se retomará con frecuencia quinquenal, como se reflejará en los sucesivos informes anuales.



Figura 54 Playas objeto del levantamiento batimétrico



En este informe de 2022 se hace una revisión de los análisis llevados a cabo en los tres años y su comparación. En los pasados informes se daba cuenta de la imposibilidad de 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. Sin embargo, después de la contratación de la empresa GEODATAAIR para resolver las dificultades técnicas y para generar copias corregidas de los levantamientos batimétricos anteriores (2004 y 2007), se está en condiciones de hacer un análisis de los cambios con fiabilidad.

Primero se resumirá el contenido del anterior informe en el que se comparaban las campañas más recientes hechas por la empresa PROMAR (2017 a 2019) y con posterioridad se expondrá el estudio de los datos de AEMON 2004 a 2007 en relación con los de PROMAR 2017.

En lo que concierne a los perfiles de playa, de forma similar, se incluye el estudio llevado a cabo con las nubes de puntos proporcionadas por PROMAR en los levantamientos que les fueron licitados y que ya se presentaron en el informe de 2021 y, además, aprovechando las adaptaciones y correcciones llevadas a cabo por GEODATAAIR para compatibilizar entre sí todas las campañas de perfiles de la zona emergida de las playas, las comparaciones entre los modelos de elevaciones emanados de ese trabajo.

6.4.6.1 Batimetría: PROMAR 2017 a 2019

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

Las referencias para el posicionamiento consistieron en una red de estaciones operadas por la empresa pública GRAFCAN accesibles mediante una conexión a un servicio proporcionado por la misma empresa, y que permite técnicas de GPS diferencial para aumentar la precisión de las mediciones. La técnica compara los datos de posición de la estación de referencia, siempre fija en tierra, y los de una estación móvil (*rover*), que porta el equipo de trabajo de campo. Las variaciones de posición de la estación de referencia¹⁵ se aplican a las mediciones obtenidas por el rover, corrigiéndolas (Figura 55 y Figura 56). 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.

¹⁵ 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 55 Buque oceanográfico Calima e instalación de equipos de navegación

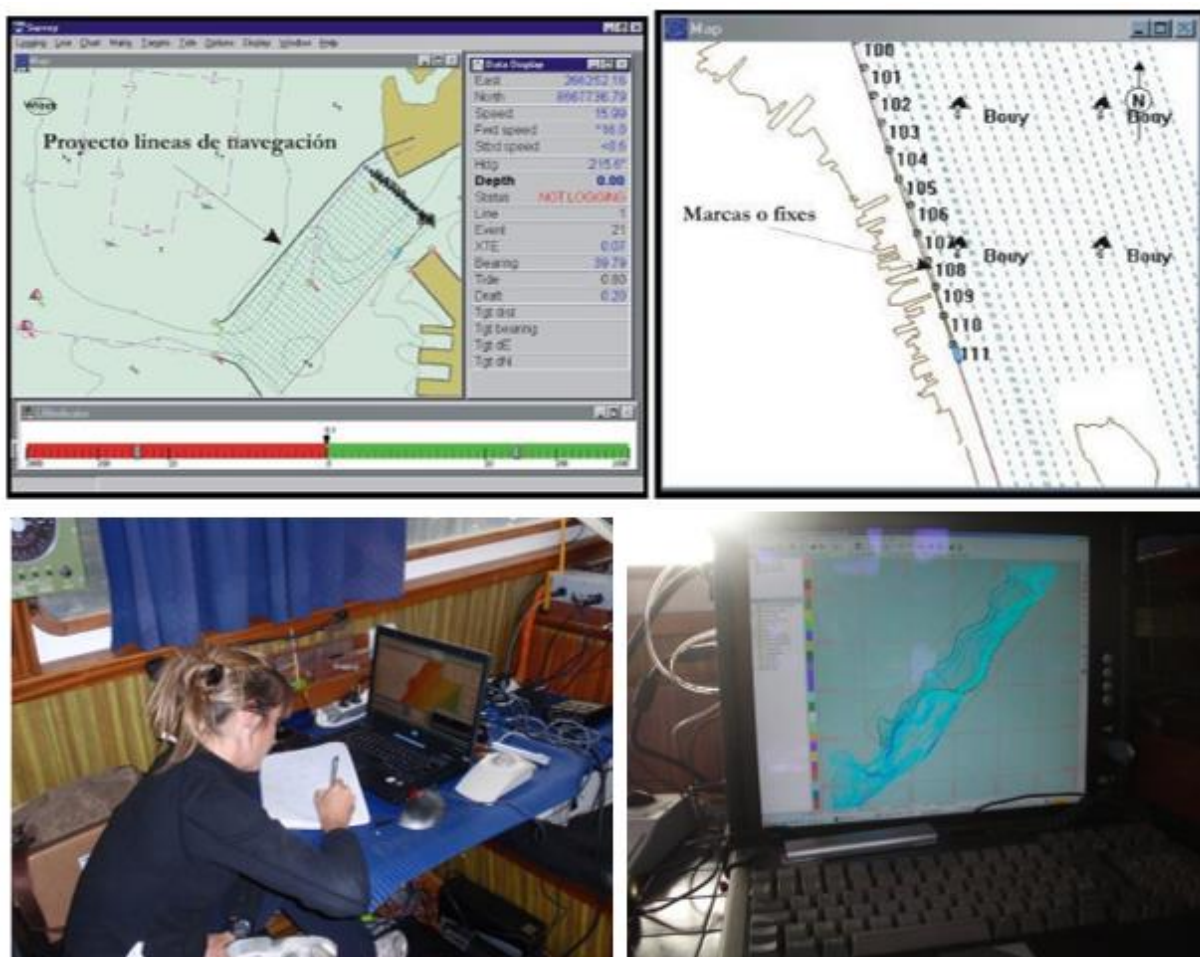


Figura 56 Ejemplo de la pantalla del sistema de navegación Hypack Max, en los que se puede observar tanto el proyecto de líneas como las marcas o fixes que genera



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 9 000 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.

Planes de campaña

Las campañas de 2017 se llevaron a cabo en marzo y noviembre; en 2018 en abril y septiembre; y en 2019 en abril y noviembre. La primera de 2019 se llevó a cabo en los días 4, 5, 6, 7 y 8 de abril, y la segunda los días 19, 20, 21 y 22 de noviembre. Como en informes anteriores ya se han explicado la metodología y las campañas, se resumen los resultados, para pasar a abordar las comparativas con las campañas de AEMON.

Los resultados de la comparativa entre las campañas 2017-2019 no reflejaban cambios significativos, ni en su dimensión ni en su extensión, entre cada dos fechas para ninguna de las playas, tal como se apreciaba en las figuras 75 y 76 del informe de 2021. 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. La Tabla 7 y las figuras Figura 57, Figura 58 y Figura 59 resumen lo expuesto en el anterior informe anual.

Tabla 7 Distribución de ganancias y pérdidas por encima de 0,5 m

playa	campaña	pérdida $\geq 0'5$	diferencias $< 0'5m$	ganancia $\geq 0,5m$
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%

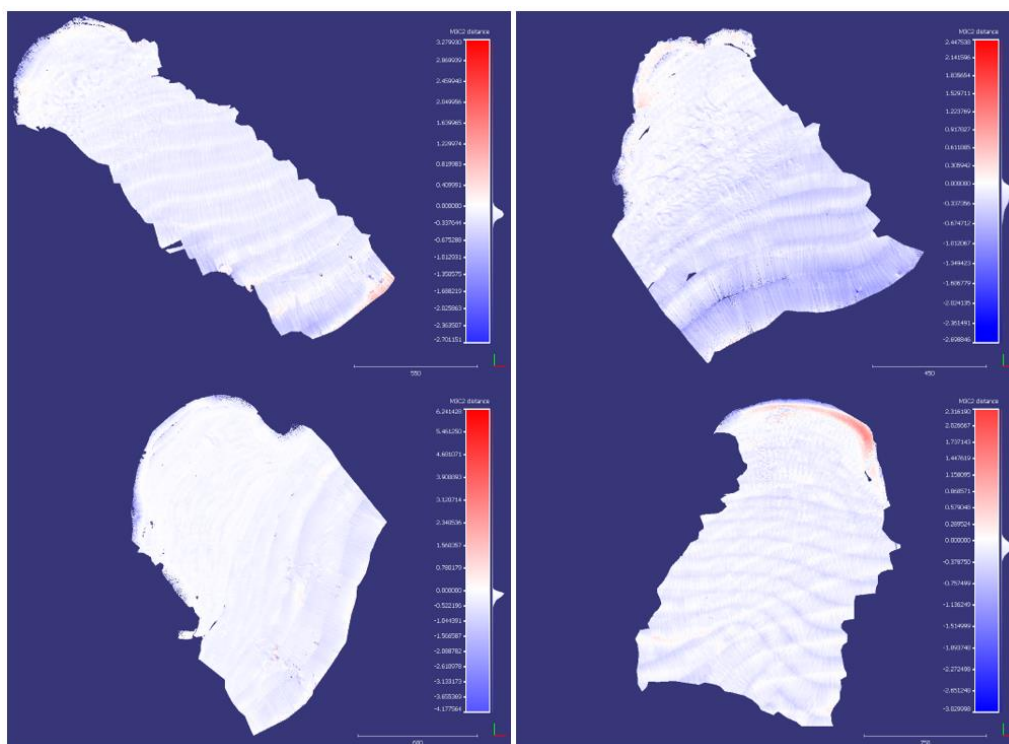


Figura 57 Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2018. Arriba izquierda: Pelada; arriba derecha: La Jaquita; abajo izquierda: El Médano y abajo derecha: La Tejita

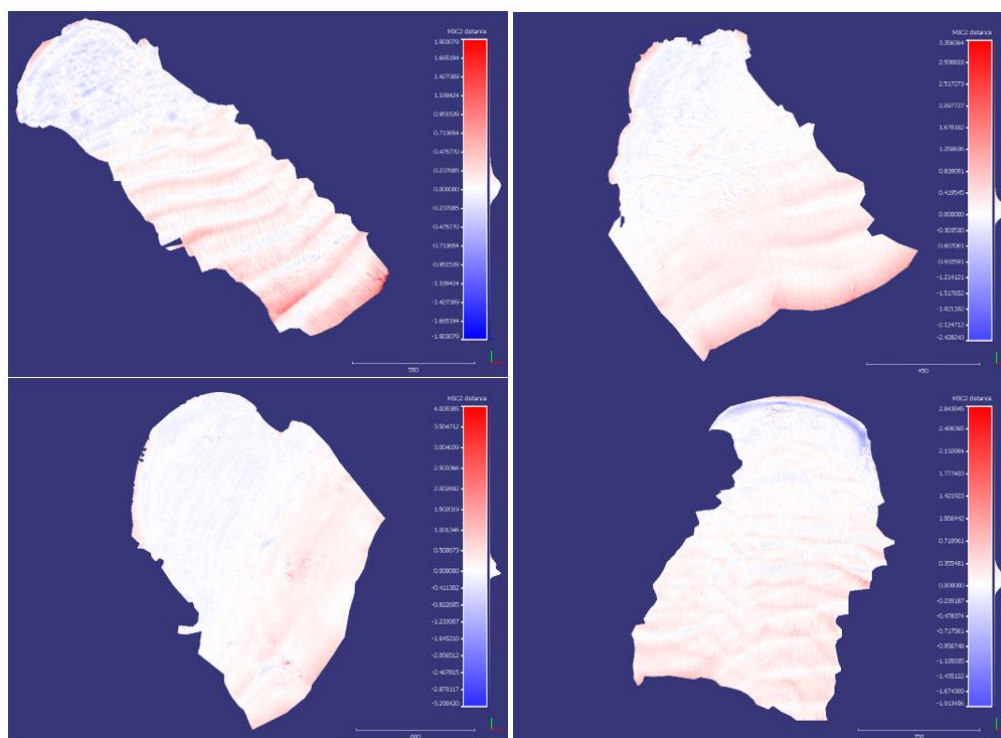


Figura 58 Planos de las diferencias entre los barridos de 2018 y 2019. Arriba izquierda: Pelada; arriba derecha: La Jaquita; abajo izquierda: El Médano y abajo derecha: La Tejita

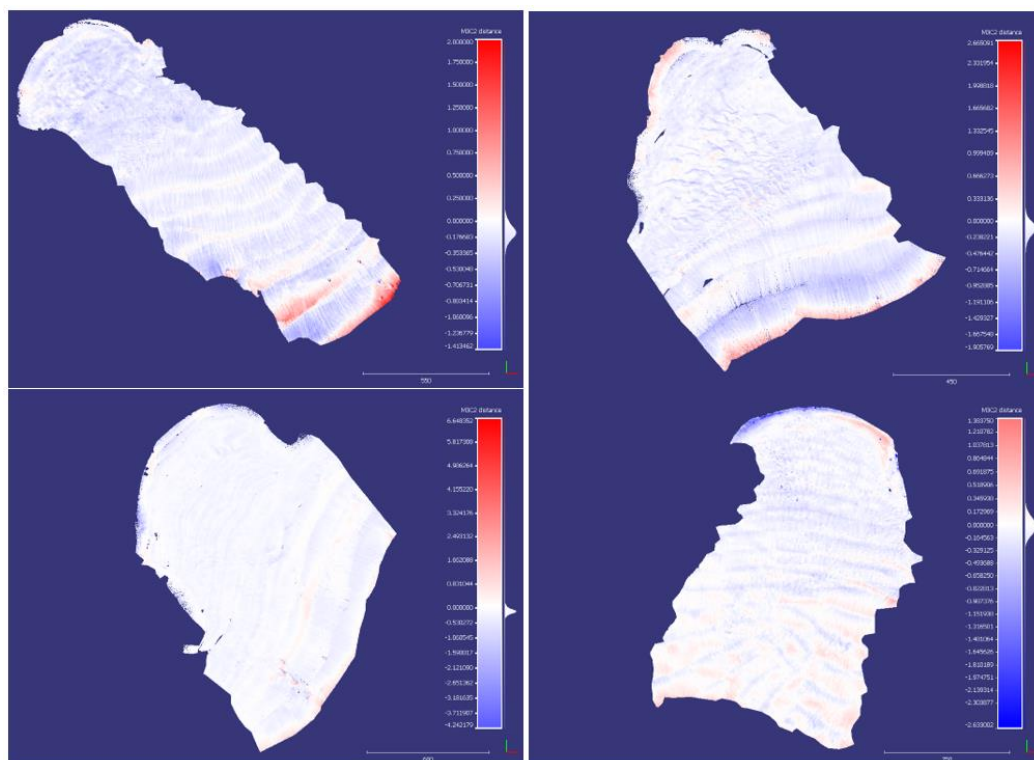


Figura 59 Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2019. Arriba izquierda: Pelada; arriba derecha: La Jaquita; abajo izquierda: El Médano y abajo derecha La Tejita

6.4.6.2 AEMON 2004 y 2007 frente a PROMAR 2017

Una vez se cuenta con la opinión favorable del experto topógrafo cuyos servicios se requirieron, el OAG llevó a cabo una evaluación de los cambios en las batimetrías de estas playas tanto en el intervalo de 2004 a 2007, con los levantamientos hechos por la empresa AEMON, como en el lapso de tiempo desde la última de estas campañas hasta la primera que el OAG encomendó a la empresa PROMAR.

De todas las campañas realizadas por los equipos técnicos de AEMON el OAG tiene datos de 2004, que abarcan las playas de La Tejita, El Médano, La Jaquita y Pelada, y de 2007, año para el que no hay datos de La Tejita, seguramente porque ya se conocía la independencia de sus dinámicas marinas respecto a las obras del nuevo puerto. Con estos mimbres se ha procedido emparejando los conjuntos de datos que se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8 Resumen de la comparativa llevada a cabo

Playa	Emparejamientos		
Pelada	2007 - 2004	2017 - 2007	2017 - 2004
La Jaquita	2007 - 2004	2017 - 2007	2017 - 2004
El Médano	2007 - 2004	2017 - 2007	2017 - 2004
La Tejita	---	---	2017 - 2004

Se ha considerado innecesario analizar para este informe todos y cada uno de los emparejamientos posibles entre todas las campañas, toda vez que este trabajo ya se había hecho (véase informe anual de 2021) para los productos suministrados por PROMAR entre 2017 y 2019. Estos últimos son posteriores a la finalización de las obras de abrigo y donde faltaba información era en lo ocurrido desde antes del inicio de la construcción y entre esa época y la del fin de trabajos portuarios.

La labor consistió en la confección, para cada playa y época, de superficies analíticas (modelos digitales de batimetrías o MDB) a partir de las curvas isóbatas que aparecen en los informes previos a la construcción del puerto. Los datos están originalmente en ficheros de dibujo CAD y han de extraerse y convertirse a otros formatos para poderlos tratar con los programas de los que el OAG dispone, que son ficheros SHP o ShapeFile, marcas registradas por una empresa privada pero que se han convertido en estándar de facto en el dominio de los datos espaciales.

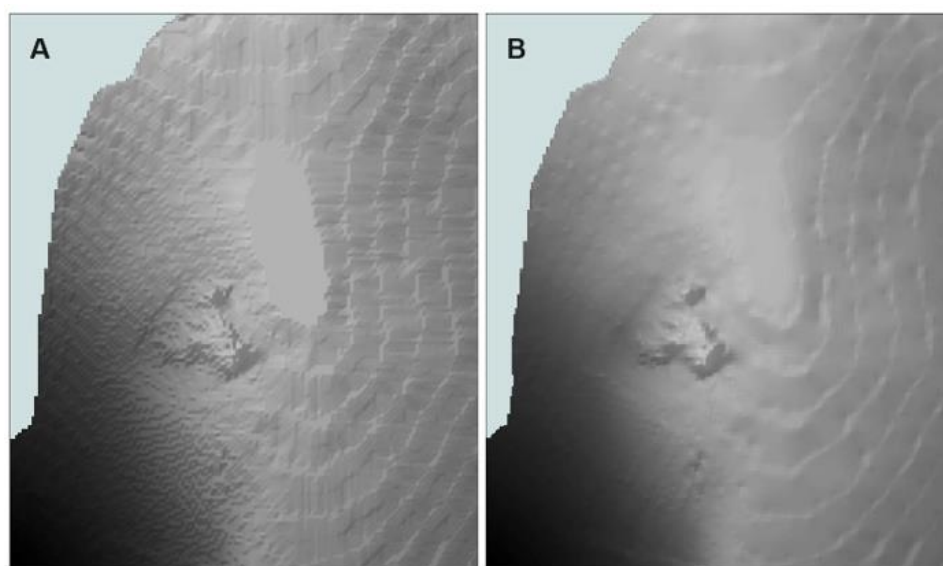


Figura 60 Modelo digital con "abancalamiento" (izquierda) y sin él (derecha)

Una vez convertida esa información se puede acometer la generación de los modelos digitales. En el caso de los modelos realizados a partir de isolíneas (lo mismo ocurre en otros ámbitos de construcción de superficies 3D) existe un escollo a salvar, sobre todo en lugares de escasa pendiente, como es el caso de las playas que nos ocupan. Se trata del “abancalamiento”, un defecto en la generación de estos modelos que se deben a la sobre representación de la cota a lo largo de las curvas de nivel y la escasa información que se tiene entre curva y curva. En estos modelos esas áreas intermedias tienden a convertirse en llanuras casi planas (Figura 60).

Existen numerosos procedimientos para tratar de eliminar ese efecto, algunos de los cuales se basan en el suavizado del modelo, otros en la simplificación (reducción del detalle) de las curvas y otros en métodos estadísticos que requieren un estudio profundo de las relaciones espaciales entre los puntos muestreados (vértices de las isóbatas) y sus valores y de las tendencias de la variable “cota” a lo largo y ancho del territorio concernido. Creemos que estas últimas quedan fuera del objeto del informe, aunque sin duda aportarían más exactitud y finura



al trabajo. Las técnicas del primer grupo producen resultados a costa de una pérdida de exactitud y de información, pues se alejan de los valores medidos o eliminan detalles interesantes que describen el relieve submarino.

En este trabajo, tras evaluar diferentes métodos y partiendo de los datos con los que se cuenta (en 2017 y posteriores están disponibles nubes de puntos de gran utilidad y con una distribución espacial idónea, pero en los de AEMON se carece de ese nivel de información), se ha optado finalmente por simplificar las líneas de nivel para reducir el sobremuestreo que éstas suponen. Específicamente se ha considerado que cualquier punto a lo largo de la curva es útil para representar la cota, así que se pueden desestimar los vértices que las definen y escoger puntos uniformemente espaciados dentro de su desarrollo. El espaciamiento elegido es de 10 m. Esto produce una nueva distribución de los puntos con la seguridad de que esos puntos caen sobre una isóbata de su mismo valor. Se pierde un poco de detalle, pero se suaviza mucho el efecto del abanalamiento.

Los modelos se almacenan en forma de mapas de *bits* o *raster*, según la terminología informática del ámbito del análisis de imágenes. Estos mapas de bit consisten en una cuadrícula dividida en celdillas cuadradas de tamaño uniforme que cubre el territorio de interés. Cada celdilla representa una porción de ese territorio y a cada una se le asigna el valor que tenga el fenómeno estudiado en la porción que le corresponde de la superficie. Suele denominárseles también píxeles (Figura 61).

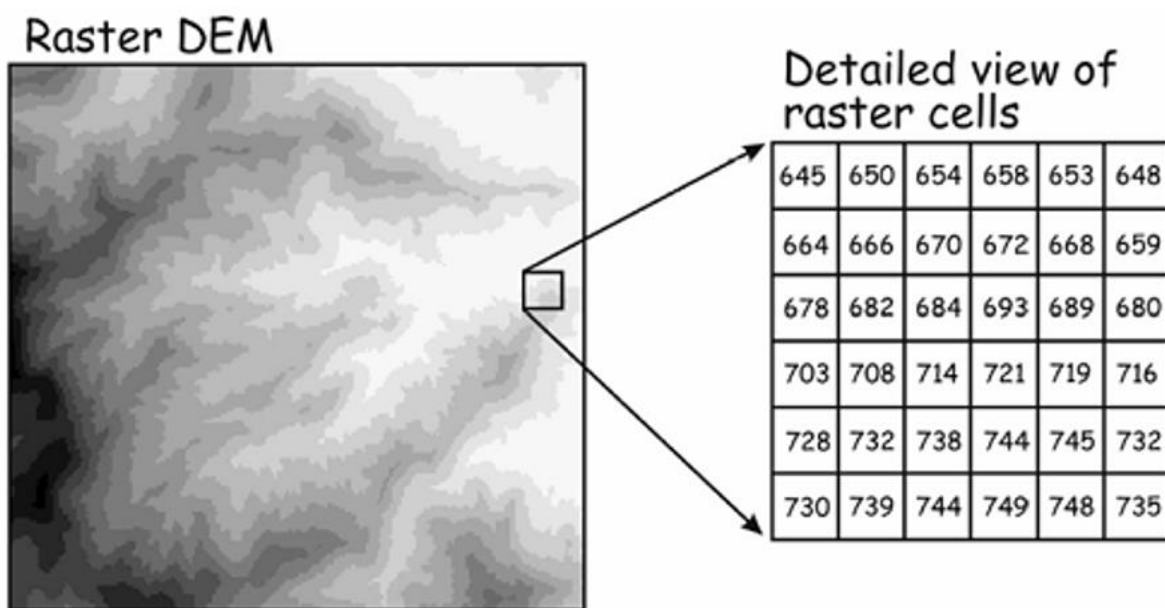


Figura 61 Modelización de elevaciones en forma de ráster. Tomado de Humboldt State University, OR

El OAG persevera en la confección de modelos más fiables para sacar conclusiones más certeras, así que el estudio que se presenta en este informe anual está sujeto a revisión continua.

Se recogen más abajo todos los MDB generados y luego empleados en las operaciones de cálculo de diferencias.

Playa de Pelada

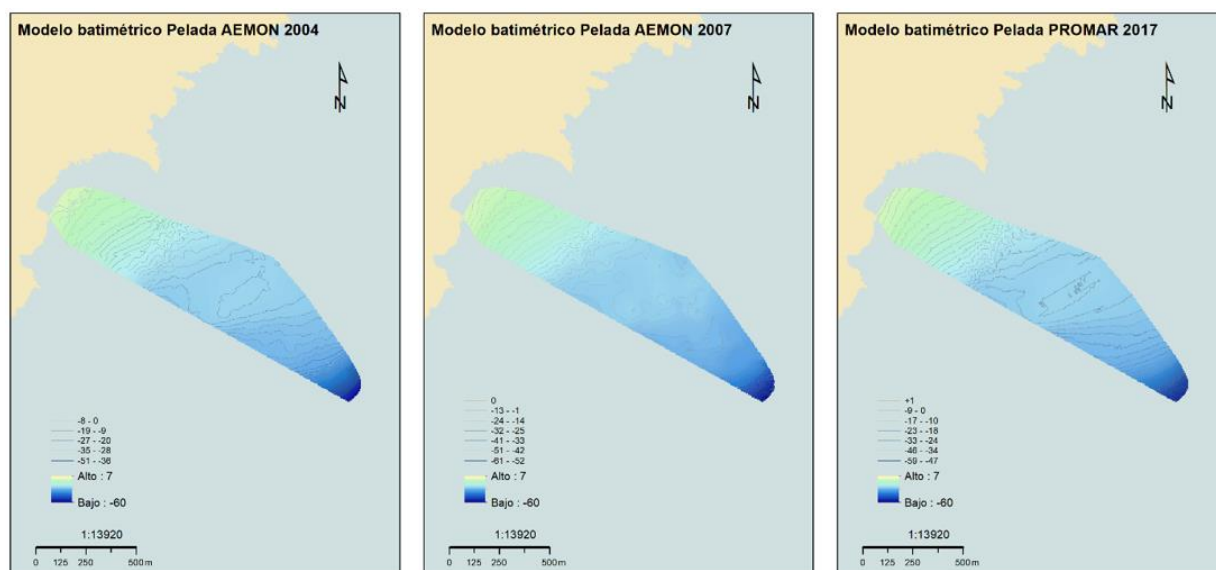


Figura 62 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de Pelada

Playa de La Jaquita

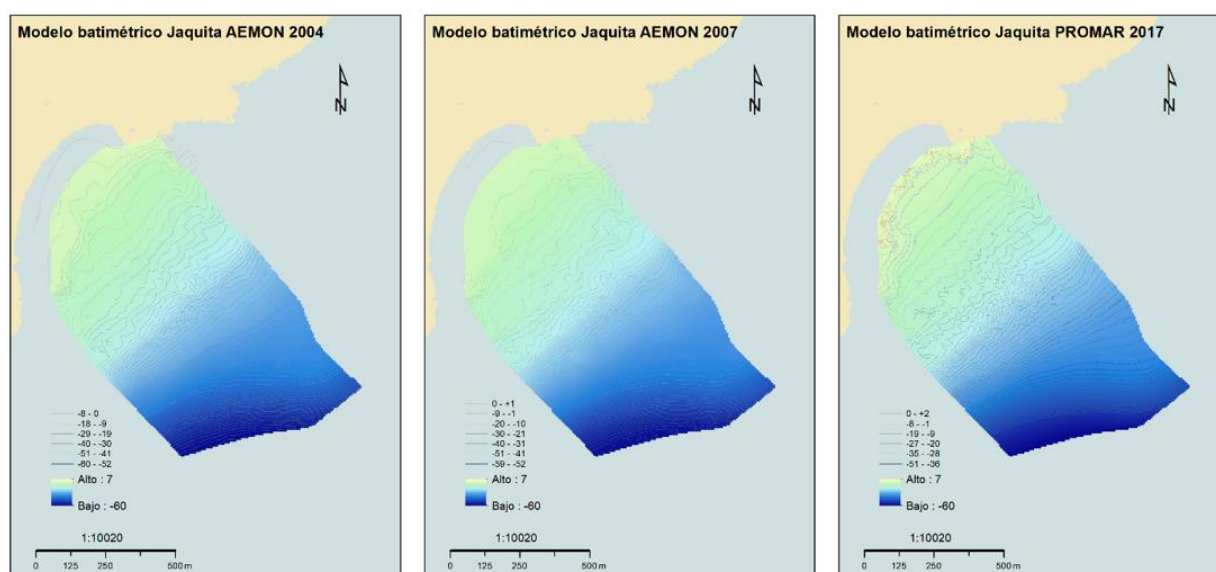


Figura 63 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de La Jaquita

Playa de El Médano

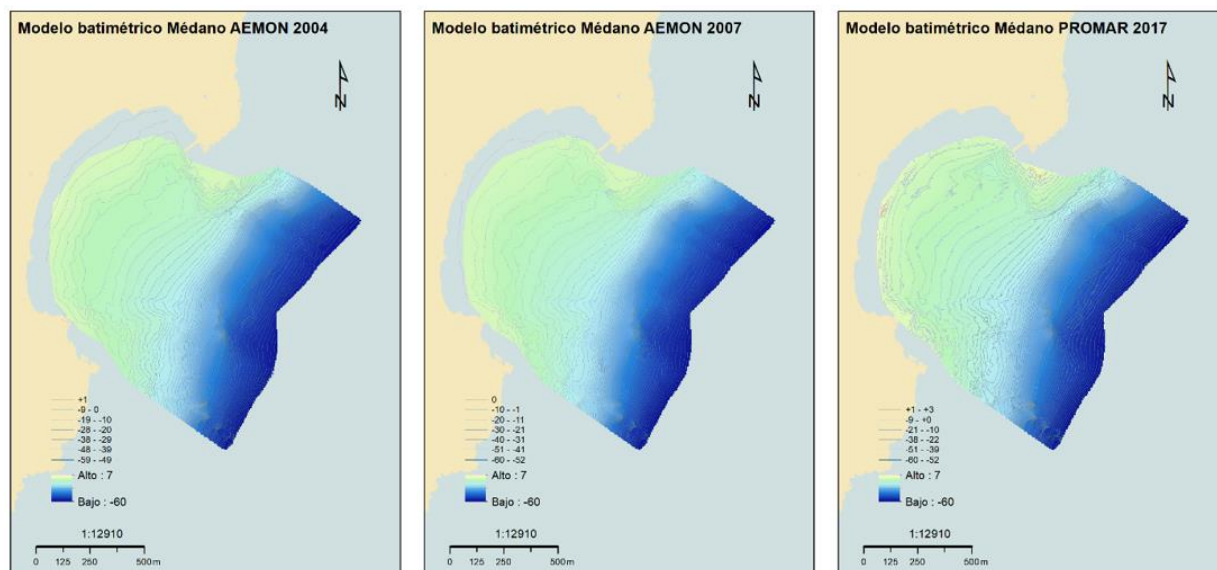


Figura 64 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de El Médano

Playa de La Tejita

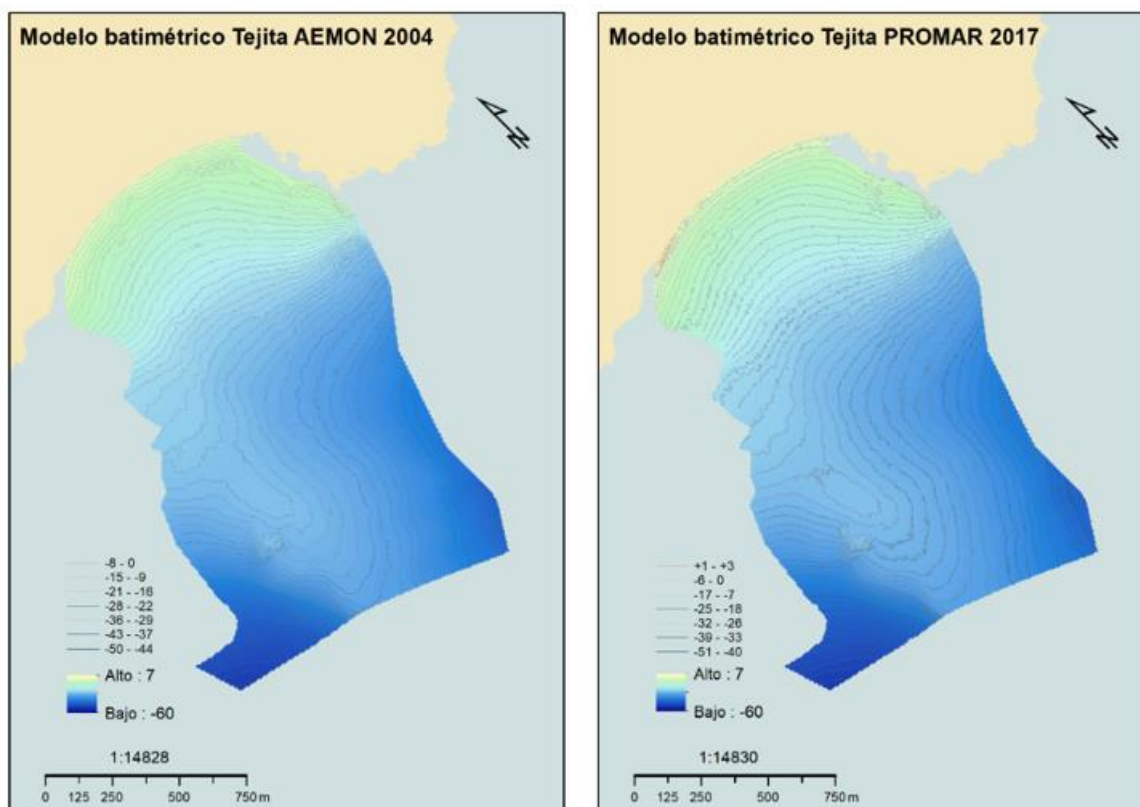


Figura 65 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de La Tejita

Cuando se quieren comparar distintos ráster entre sí, es más conveniente que las celdas de cada uno coincidan espacialmente con la de los demás (como se ha hecho en este caso). Las operaciones que se realizan entre los ráster implicados ocurren celda a celda “verticalmente”, es decir: una celda ubicada en una determinada posición de una de las mallas (malla A), (fila x, columna y) se opera con la celda situada en las mismas coordenadas (x, y) de la otra malla (B).

Dado que los bordes de las distintas capas ráster que se van a superponer pueden no coincidir, es preceptivo hacer los recortes necesarios para quedarse solo con las áreas en las que todos los conjuntos tengan datos. A esta operación se llama intersección. Como las superficies ráster se generan a partir de los puntos que componen los perfiles de las campañas, también habrá que tener en cuenta el dominio geográfico que los contiene, para no incorporar territorio externo. Este dominio se obtiene mediante la operación *Concave* o *Convex hull*, o polígono mínimo de cubrimiento. La intersección anterior debe cruzarse también con este recinto.

En este estudio, en el ámbito de cada playa se analizó qué pérdidas o ganancias en la altura del modelo se producían de un año a otro y de una campaña a otra. Gracias al modelo ráster, podemos restar ambos conjuntos de datos, siendo ‘A’ uno de los ráster y ‘B’ el otro, lo que significa que cada celda de ‘B’ se resta de la celda de ‘A’ que coincide geográficamente con ella.

Esta operación produce otra malla ráster de idéntico tamaño (tamaño y número de celdillas y coordenadas). Cada píxel de esta nueva malla contiene el valor de la resta. Los valores positivos, cuando restamos B de A ($A - B$) se dan cuando la celda de A es mayor que la de B.

Dado que nuestro criterio ha sido que la capa más antigua se le resta a la más reciente, estos valores positivos indican un aumento de la cota y, por tanto, una acumulación o ganancia en altura. Análogamente, los valores negativos representan pérdida de materiales.

Respecto a los resultados se puede avanzar en el presente nivel de precisión que los cambios no han sido relevantes.

En las figuras que siguen se representa no sólo los gradientes de los cambios por cada playa; también se ha incluido en cada comparación el histograma con la distribución de los valores (que muestran qué peso tiene cada intervalo de cambio en el fenómeno representado), donde se ha señalado con una línea verde y otra naranja los límites del intervalo en el que se encuentra el 90% de los cambios registrados (Figura 66). En el eje inferior de cada histograma están los valores de cambio (en metros), que se han producido en intervalos de 10 cm (establecido entre 5 de pérdida y 5 de ganancia). La importancia de cada pequeño intervalo la da la altura de la columna azul, que representa el número de píxeles o celdas cuyo valor cabe en ese intervalo y que puede conocerse por las marcas del eje vertical.

Para conocer dónde se sitúa la mayoría de los cambios, basta con sumar los intervalos en un orden de mayor importancia a menor importancia, hasta que el recuento suponga el 90% del total de píxeles. Las líneas coloreadas se sitúan en el mayor y el menor de los valores encontrados al llegar a ese 90% de celdas. Resulta sencillo descubrir que no existen en ninguna de las playas cambios masivos de importancia.

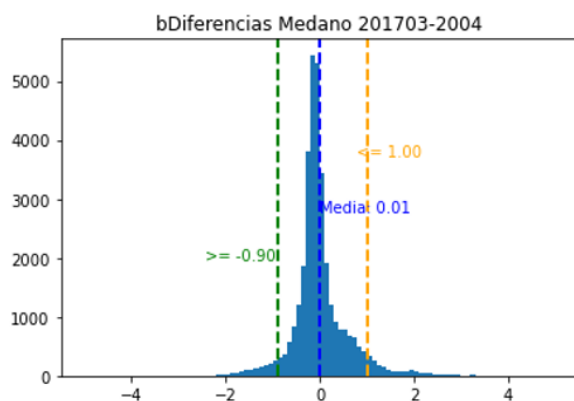


Figura 66 Ejemplo de histograma de diferencias

Asistidos con el histograma, se puede interpretar mejor los mapas con la distribución espacial del proceso.

Playa de La Pelada

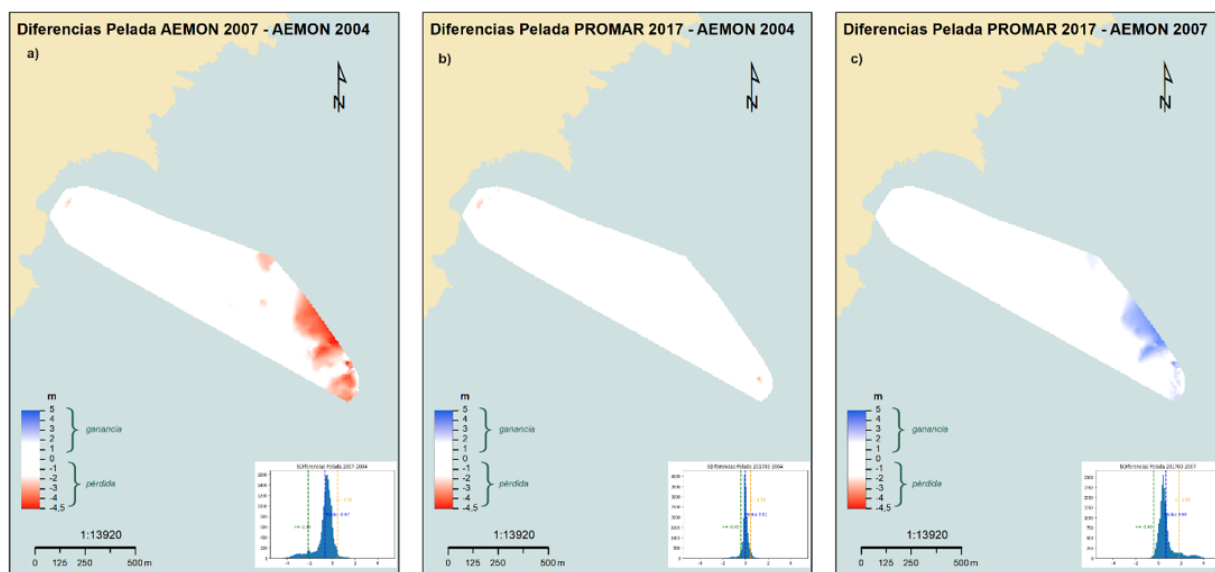


Figura 67 Distribuciones espaciales y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en la playa de La Pelada

Los mapas revelan un extraño comportamiento de los sucesos de cambio que, en todo caso, no parecen tener que ver con la construcción del puerto. Aparentemente, entre 2004 y 2007 (imagen a) de la Figura 67) se produjo una gran pérdida de material en las profundidades de la zona explorada, al O. La imagen c) revela, justo en el mismo área, un episodio completamente simétrico de ganancias, en el siguiente período (2007 a 2017). La imagen central b) muestra que no ha habido casi cambios. Para este caso se sospecha que la sistemática de la toma y confección de datos digitales en 2007 o del análisis en el mapa hecho en el OAG tiene que ser revisada. La causa más probable de este problema detectado esté en alguna circunstancia de la

toma de muestras o del tratamiento de gabinete posterior en su momento, ajeno al OAG y difícilmente corregible a estas alturas.

Playa de La Jaquita

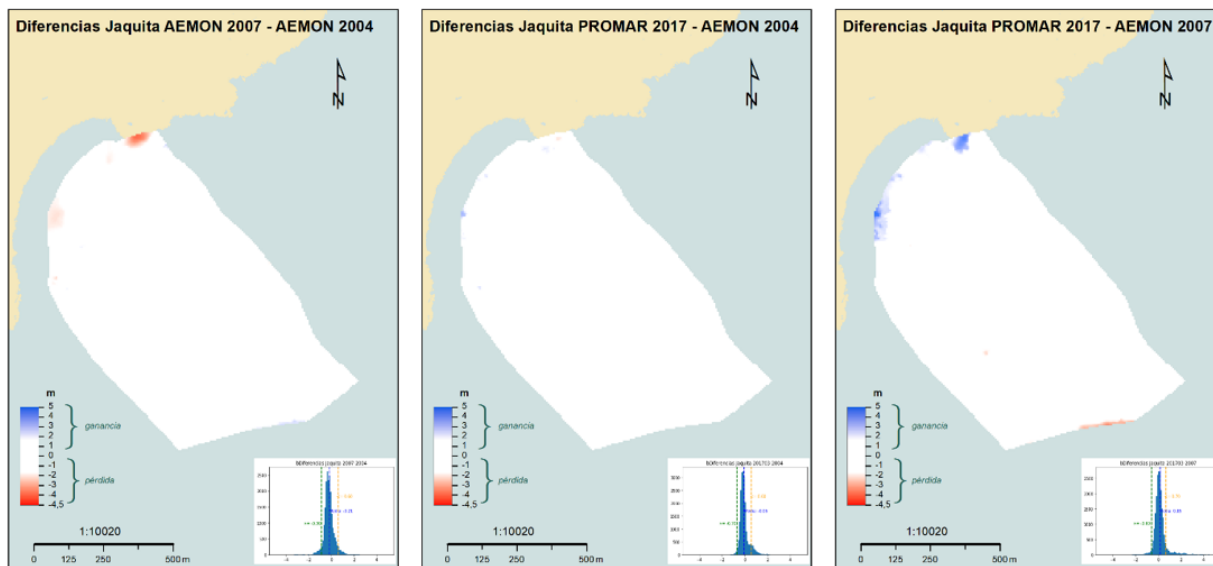


Figura 68 Distribuciones espacial y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en La Jaquita

La Figura 68 muestra la aparente ausencia de cambios significativos que evidencia también el histograma, muy estrecho y con valores en su 90% dentro del intervalo -0,7 y 0,6. Y no es descartable a pesar de que los mapas a) y c) puedan invitar a suponer tasas mayores. Al darse aquí un comportamiento similar a Pelada, la existencia de errores en la generación de los datos de 2007 no es descartable. No obstante, en las aguas someras de la zona central de la cuerda de playa el cambio parece consistente en todo el período, lo que admite la posibilidad de cambios reales. Sin embargo, la ubicación tan próxima a la cota 0 y tan concentrada espacialmente también puede estar motivada por un error de referenciación o de asignación de cota en un tratamiento de los datos en la etapa de gabinete (2007). A los efectos del impacto de la obra, la conclusión es que no es detectable por esta metodología.

Playa de El Médano

La Figura 69 muestra la también aparente ausencia de cambios significativos que, una vez más, es reforzada por el histograma anexo, muy estrecho y con valores en su 90% dentro del intervalo -0,9 y 0,5. Vuelve a ponerse de manifiesto un comportamiento similar a playas anteriores, por lo que la existencia de errores en la generación de los datos de 2007 no es descartable. A los efectos del impacto de la obra, no existen cambios significativos.

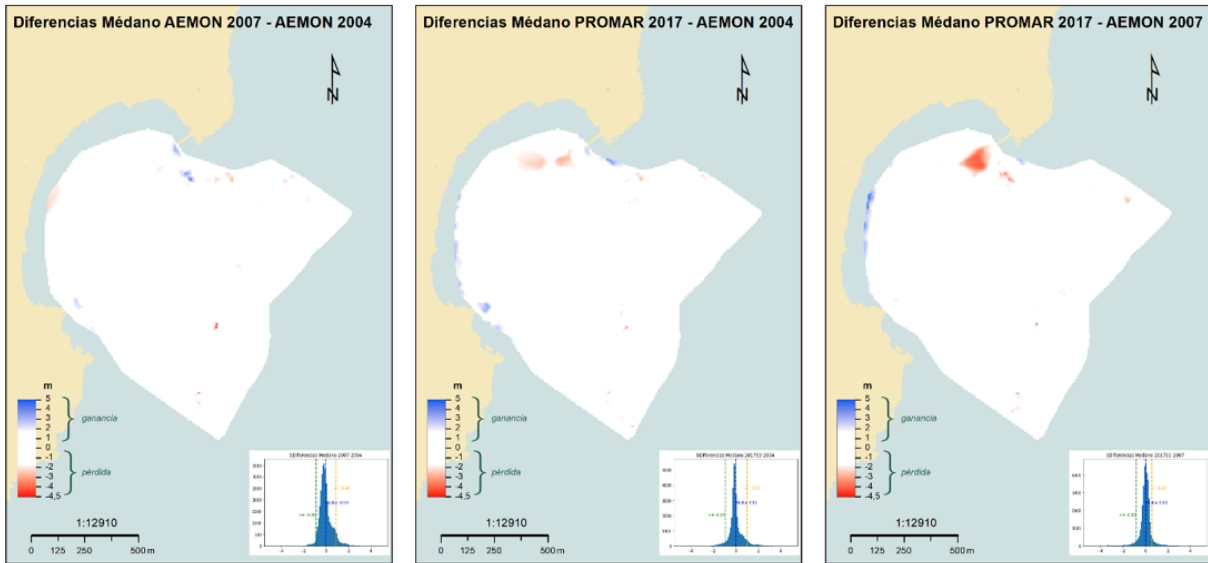


Figura 69 Distribuciones espacial y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en la playa de El Médano

Playa de La Tejita

La playa de la Tejita parece haber permanecido sin cambios sustanciales en el rango de las profundidades contempladas y entre las fechas de los muestreos.

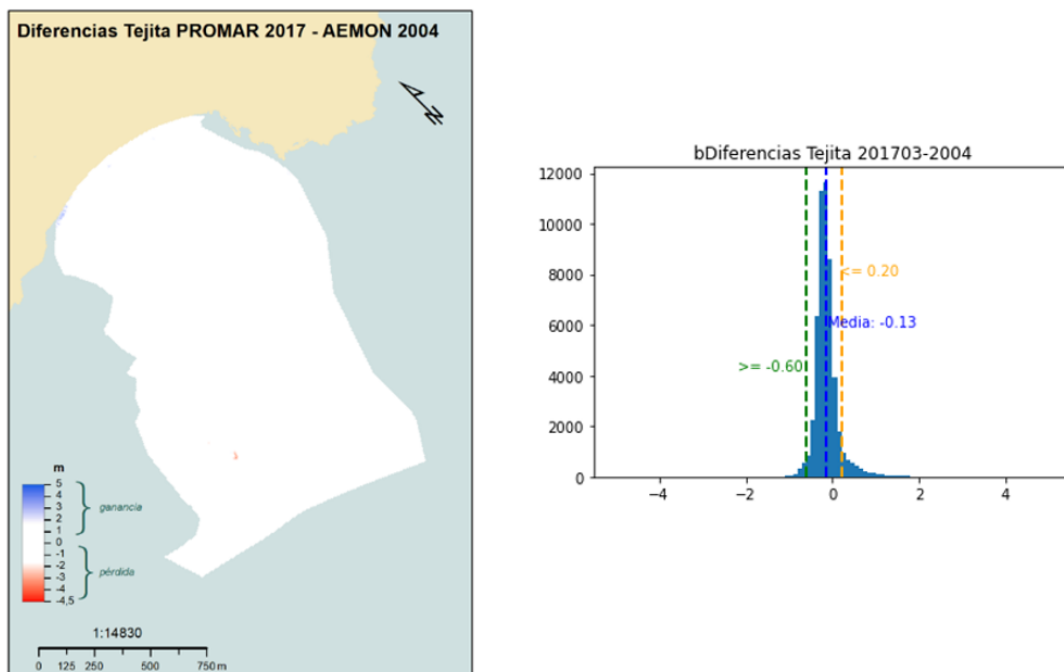


Figura 70 Distribuciones espacial y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en La Tejita

En conclusión, hasta la fecha, la afección de la construcción del nuevo puerto hacia la morfología batial de las cuatro playas que inicialmente preocupaban parece ser escasa. Los cambios en esta morfología pueden producirse muy lentamente, no siendo patentes hasta el paso de varias décadas. Con la intención de proporcionar una panorámica de estos cambios, con los márgenes mencionados de los intervalos del 90%, se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9 Rangos de cambio que incluyen el 90% de los datos

Período	Pelada		La Jaquita		El Médano		La Tejita	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2004 a 2007	-2,1	0,5	-0,9	0,6	-0,9	0,9		
2007 a 2017	-0,4	1,8	-0,6	0,7	-0,8	0,6		
2004 a 2017	-0,4	0,5	-0,7	0,6	-0,9	1,0	-0,6	0,2

6.4.6.3 Perfiles de playa (PROMAR)

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 conjunto de perfiles se conoce en el argot de la topografía como “guitarra”.

En 2017 el OAG contrató la generación de perfiles de playa a una empresa (PROMAR2007) por tres años consecutivos. La recolección de datos 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, en las cotas de referencia, diferencias significativas 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. Este apartado fue comentado en el informe anual de 2021, por lo que no se repite en éste de 2022, centrándose el OAG, igual que en apartados anteriores, en las comparativas que siguen a continuación.

6.4.6.4 Perfiles de playa: Comparativa PROMAR (2017 a 2019) con AEMON (2004 a 2007)

Ya se estableció con anterioridad que se encargó a la empresa GEODATAAIR una revisión técnica de los datos de campañas antiguas junto con los datos de las campañas más recientes en el problema de los cambios en la zona aérea de las playas de Pelada, La Jaquita, El Médano y la Tejita. Fruto de ese encargo el OAG cuenta con una nueva batería de datos en formato de modelo digital de elevaciones que pueden compararse entre sí sin más tratamiento por parte del OAG, lo que supone un pequeño cambio respecto a lo realizado con las campañas de



PROMAR. Para asegurar una coherencia mínima no se mezclan los modelos provenientes de las nubes de puntos y los datos suministrados por GEODATAAIR.

METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

Para cada playa y campaña se confeccionaron sendos modelos digitales del terreno a partir de los perfiles de cada campaña, una vez corregidas las incoherencias entre las antiguas (AEMON) y las más recientes (PROMAR). Estos modelos se almacenan en forma de mapas de bits o ráster, según la terminología informática del ámbito del análisis de imágenes y según se ha explicado con anterioridad.

En el estudio llevado a cabo, en el ámbito de cada playa se analizó qué pérdidas o ganancias en la altura del modelo se producían de un año a otro y de una campaña a otra. Gracias al modelo ráster, se puede restar ambos conjuntos de datos, siendo 'A' uno de los ráster y 'B' el otro, lo que significa que cada celda de 'B' se resta de la celda de 'A' que coincide geográficamente con ella.

Esta operación produce otra malla ráster de idéntico tamaño (tamaño y número de celdillas y coordenadas). Cada píxel de esta nueva malla contiene el valor de la resta. Los valores positivos, cuando restamos B de A ($A - B$) se dan cuando la celda de A es mayor que la de B.

Dado que el criterio usado ha sido que la capa más antigua se le resta a la más reciente, estos valores positivos indican un aumento de la cota y, por tanto, una acumulación o ganancia en altura. Análogamente, los valores negativos representan pérdida de materiales. En la Figura 71 se visualiza esta explicación.

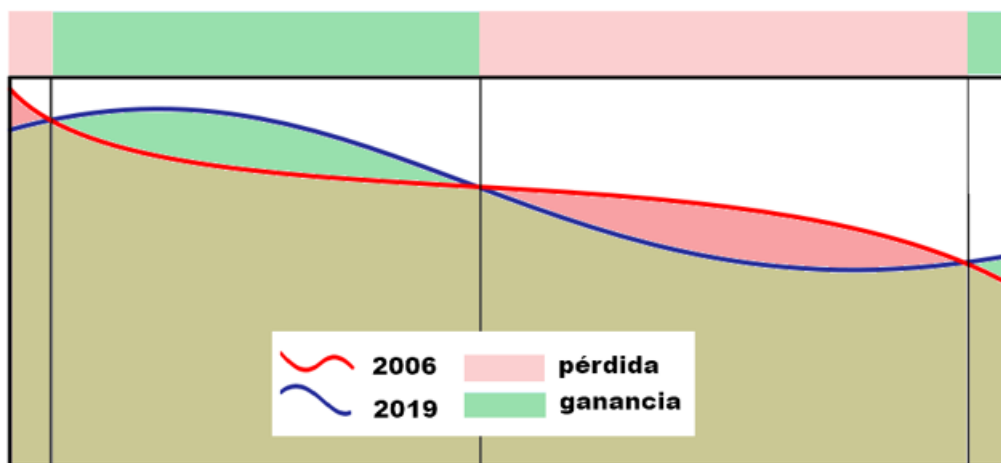


Figura 71 Esquema de pérdida - ganancia por superposición de un perfil más reciente (azul) a otro más antiguo (rojo)

Estudiando los histogramas de la distribución de valores de ganancia-pérdida, se obtuvo una estimación de la magnitud de esos cambios. En la mayoría de los casos es constatable la escasa modificación que han soportado esos lugares en estos años. Para tener una idea práctica de los resultados del análisis, el recorrido de los valores se divide en intervalos y se cuenta cuántas

celdillas entran en cada intervalo, que se representa con una barra de longitud proporcional a ese valor. Se obtiene así un histograma o gráfico de distribución de frecuencias.

Para simplificar la comprensión de lo obtenido, se ha calculado qué rango de cambios era mayoritario en cada playa. Se escogió arbitrariamente el 90% de los píxeles para cada caso. Seleccionando los histogramas a partir del que más píxeles o celdas representa (valor moda) tanto hacia valores mayores como menores de la tasa de cambio, se van sumando los píxeles hasta llegar al 90% de éstos. Así se obtiene una porción del histograma que representa ese 90%, algo así como un intervalo “grueso”. El límite inferior de ese intervalo es la mayor pérdida que puede encontrarse tomando el 90% de los cambios. El límite superior supone la mayor ganancia. La mayoría de las playas, en el 90% de las pérdidas no llegan a 80 cm, y las ganancias no superan los 60 cm.

La Figura 72 agrupa esos límites inferiores y superiores en intervalos para mostrar cómo se distribuyen numéricamente. La contiene los límites de todos esos intervalos que agrupan el 90% de los cambios, por cada playa.

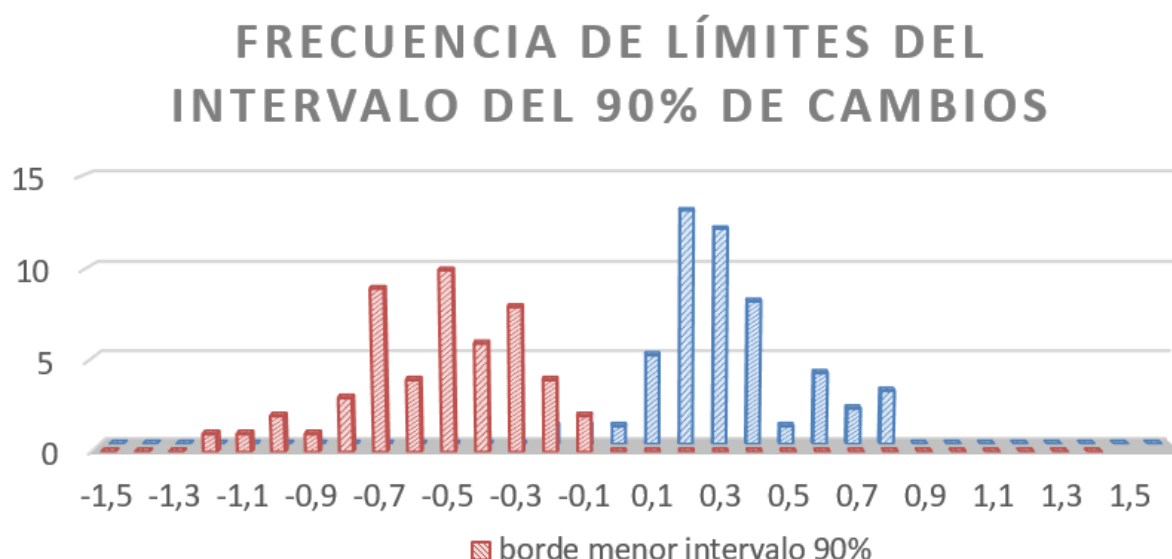


Figura 72 Agrupamiento de los valores mínimos y máximos de los respectivos intervalos que recogen el 90% de las celdas del ráster de variaciones en cada comparación

Los resultados que arroja el análisis para cada playa al comparar su estado entre el último levantamiento realizado por AEMON y cada uno de los que PROMAR llevó a cabo, indican que las pérdidas o ganancias, pese a existir, por el momento pueden considerarse poco significativa dada su escaso alcance y su alta dispersión o dada su marginalidad en casos más acusados. Como ya se mencionó, la pérdida de arena en la costa de Granadilla puede no denotarse hasta pasadas varias décadas.

Resulta útil inspeccionar estos histogramas junto con la representación geográfica del ráster, lo que informa sobre la intensidad del fenómeno y sobre la distribución espacial de los cambios. Más adelante se ofrecen estos mapas con sus histogramas respectivos.



Tabla 10 Límites inferior y superior de los intervalos (para cada comparación) que reúne el 90% de las celdas del raster obtenido tras la operación de resta

Playa	Comparativa	Pérdida (m)	Ganancia (m)
Pelada	PROMAR 2019-PROMAR 2018	-0.50	0.00
	PROMAR 2019-PROMAR 2017	-0.10	0.20
	PROMAR 2019 - AEMON 2006-02	-0.60	-0.10
	PROMAR 2019 - AEMON 2004-08	-1.10	0.30
	PROMAR 2018-PROMAR 2017	-0.10	0.60
	PROMAR 2018 - AEMON 2006-02	-0.50	0.20
	PROMAR 2018 - AEMON 2004-08	-1.00	0.60
	PROMAR 2017 - AEMON 2006-02	-0.60	-0.20
	PROMAR 2017 - AEMON 2004-08	-1.20	0.10
	AEMON 2006-02 - AEMON 2005-10	-0.30	0.30
	AEMON 2006-02 - AEMON 2005-01	-0.40	0.20
	AEMON 2006-02 - AEMON 2004-08	-0.70	0.50
	AEMON 2005-10 - AEMON 2005-01	-0.70	0.30
	AEMON 2005-10 - AEMON 2004-08	-0.20	0.40
	AEMON 2005-01 - AEMON 2004-08	-0.50	0.80
La Tejita	PROMAR 2019-PROMAR 2018	-0.30	0.80
	PROMAR 2019-PROMAR 2017	-0.30	0.30
	PROMAR 2019 - AEMON 2004-08	-0.50	0.70
	PROMAR 2018-PROMAR 2017	-1.00	0.40
	PROMAR 2018 - AEMON 2004-08	-0.50	0.30
	PROMAR 2017 - AEMON 2004-08	-0.70	0.70
La Jaquita	PROMAR 2019-PROMAR 2018	-0.70	0.20
	PROMAR 2019-PROMAR 2017	-0.50	0.30
	PROMAR 2019 - AEMON 2006-02	-0.80	0.20
	PROMAR 2019 - AEMON 2004-08	-0.70	0.40
	PROMAR 2018-PROMAR 2017	-0.20	0.30
	PROMAR 2018 - AEMON 2006-02	-0.40	0.20
	PROMAR 2018 - AEMON 2004-08	-0.40	0.40
	PROMAR 2017 - AEMON 2006-02	-0.50	0.10
	PROMAR 2017 - AEMON 2004-08	-0.50	0.20
	AEMON 2006-02 - AEMON 2005-10	-0.40	0.20
	AEMON 2006-02 - AEMON 2005-01	-0.20	0.30
	AEMON 2006-02 - AEMON 2004-08	-0.20	0.30
	AEMON 2005-10 - AEMON 2005-01	-0.30	0.40
	AEMON 2005-10 - AEMON 2004-08	-0.30	0.40
	AEMON 2005-01 - AEMON 2004-08	-0.30	0.20
El Médano	PROMAR 2019-PROMAR 2018	-0.40	0.10
	PROMAR 2019-PROMAR 2017	-0.40	0.10
	PROMAR 2019 - AEMON 2006-02	-0.60	0.10
	PROMAR 2019 - AEMON 2004-08	-0.80	0.30
	PROMAR 2018-PROMAR 2017	-0.30	0.20
	PROMAR 2018 - AEMON 2006-02	-0.70	0.20
	PROMAR 2018 - AEMON 2004-08	-0.70	0.30
	PROMAR 2017 - AEMON 2006-02	-0.70	0.20
	PROMAR 2017 - AEMON 2004-08	-0.80	0.30
	AEMON 2006-02 - AEMON 2005-10	-0.30	0.20
	AEMON 2006-02 - AEMON 2005-01	-0.50	0.40
	AEMON 2006-02 - AEMON 2004-08	-0.70	0.60
	AEMON 2005-10 - AEMON 2005-01	-0.50	0.40
	AEMON 2005-10 - AEMON 2004-08	-0.60	0.60
	AEMON 2005-01 - AEMON 2004-08	-0.90	0.80

VOLÚMENES

Por necesidades de diseño de estrategias de respuesta ante los impactos, junto a la medición de las tasas de cambio, se hace una cuantificación de los volúmenes de pérdida/ganancia con los mismos emparejamientos que se muestran en la tabla anterior (Tabla 10). Este análisis se realiza con la herramienta *Cut/Fill* (Cortar/rellenar) del paquete de análisis espacial ráster Spatial Analyst del programa ArcGIS, en su versión 10.8.

Con la intención de favorecer la interpretación de lo obtenido, se detallan ciertos elementos del funcionamiento de esa herramienta software, tomados de la propia documentación que el fabricante del programa (ESRI) proporciona¹⁶, puesto que el orden de procesamiento es inverso al elegido para hacer las restas.

Utilizando la morfología de un río como ejemplo para rastrear la cantidad y la ubicación de los fenómenos de erosión y sedimentación, se debe tomar una serie de secciones transversales a lo largo del valle para realizar un relevamiento topográfico con regularidad a fin de identificar las regiones de erosión y sedimentación.

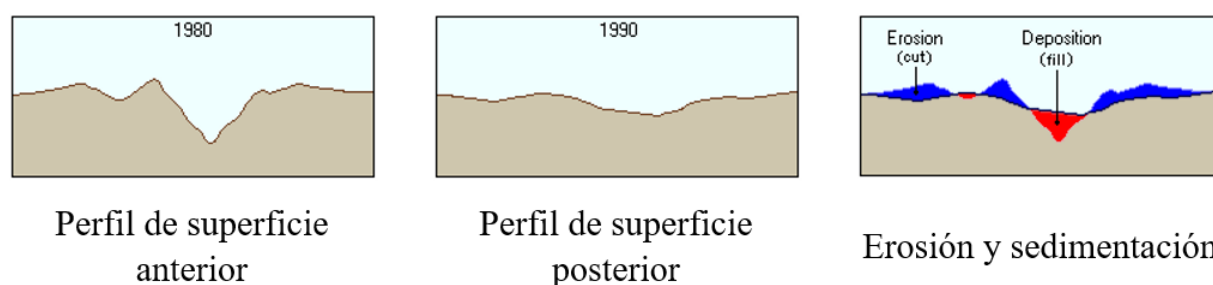


Figura 73 Sentido de los valores *Cut/fill* (corte/relleno) del método en ArcGIS

La Figura 73 describe este proceso mostrando una de las secciones transversales de una superficie que sufrió cambios y en la que algunas áreas perdieron material y se otras ganaron.

En el primer gráfico se muestra la superficie en su estado original. En el segundo se observa la superficie después de un período de tiempo en el que actuaron las fuerzas de la erosión y la sedimentación.

El último gráfico muestra cómo la herramienta Cortar/Rellenar identifica las áreas donde el material se ha eliminado (cortado) y donde se ha incrementado (rellenado).

La herramienta Cortar/Rellenar permite crear un mapa basado en dos superficies de entrada (antes y después), visualizando las áreas y los volúmenes de los materiales de superficie que se modificaron al quitar o agregar material de superficie. El ráster de salida retiene varias propiedades del cambio en su tabla de atributos, entre ellas el volumen. Éste se calcula a partir de la representación del ráster como una colección de barras o columnas de base cuadrada que ocupan todo el ráster, siendo la altura de cada barra igual al valor del píxel. El volumen de cada barra es el área de cada píxel (lado x lado) por su altura. Al final se agrupan todas las barras

¹⁶ <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/how-cut-fill-works.htm>



contiguas con el mismo signo y se suman sus volúmenes, y así quedan dos tipos de conjuntos, según representen pérdidas o acumulaciones.

Tabla 11 Volúmenes totales de todos los emparejamientos batimétricos posibles

Playa	Comparación	Ganancias	Pérdidas
El Médano	AEMON2004 - AEMON200501	-12.364,28 m ³	16.718,34 m ³
	AEMON2004 - AEMON200510	-8.695,80 m ³	11.743,21 m ³
	AEMON2004 - AEMON2006	-8.551,31 m ³	13.368,37 m ³
	AEMON2004 - PROMAR17	-2.849,88 m ³	19.783,10 m ³
	AEMON2004 - PROMAR18	-4.284,39 m ³	18.280,79 m ³
	AEMON2004 - PROMAR19	-2.577,55 m ³	24.374,06 m ³
	AEMON200501 - AEMON200510	-7.902,07 m ³	6.675,96 m ³
	AEMON200501 - AEMON2006	-6.044,70 m ³	7.890,66 m ³
	AEMON200510 - AEMON2006	-2.499,09 m ³	4.531,22 m ³
	AEMON2006 - PROMAR17	-3.386,96 m ³	15.173,09 m ³
	AEMON2006 - PROMAR18	-3.333,96 m ³	12.497,33 m ³
	AEMON2006 - PROMAR19	-863,56 m ³	17.879,20 m ³
	PROMAR17 - PROMAR18	-5.552,95 m ³	2.774,77 m ³
	PROMAR17 - PROMAR19	-1.713,88 m ³	8.078,73 m ³
	PROMAR18 - PROMAR19	-1.076,87 m ³	8.923,63 m ³
La Jaquita	AEMON2004 - AEMON200501	-1.666,66 m ³	2.385,38 m ³
	AEMON2004 - AEMON200510	-3.840,89 m ³	1.363,03 m ³
	AEMON2004 - AEMON2006	-3.237,82 m ³	1.041,04 m ³
	AEMON2004 - PROMAR17	-1.273,15 m ³	4.580,42 m ³
	AEMON2004 - PROMAR18	-2.620,33 m ³	3.011,94 m ³
	AEMON2004 - PROMAR19	-1.486,55 m ³	7.836,63 m ³
	AEMON200501 - AEMON200510	-4.594,00 m ³	1.367,55 m ³
	AEMON200501 - AEMON2006	-3.759,19 m ³	815,66 m ³
	AEMON200510 - AEMON2006	-2.002,12 m ³	2.316,98 m ³
	AEMON2006 - PROMAR17	-950,48 m ³	5.177,32 m ³
	AEMON2006 - PROMAR18	-1.211,48 m ³	3.724,91 m ³
	AEMON2006 - PROMAR19	-486,12 m ³	9.216,61 m ³
	PROMAR17 - PROMAR18	-3.654,91 m ³	720,22 m ³
	PROMAR17 - PROMAR19	-1.615,41 m ³	4.932,05 m ³
	PROMAR18 - PROMAR19	-461,97 m ³	6.769,32 m ³
La Tejita	AEMON2004 - PROMAR17	-12.092,43 m ³	16.555,48 m ³
	AEMON2004 - PROMAR18	-4.722,58 m ³	15.317,76 m ³
	AEMON2004 - PROMAR19	-11.059,56 m ³	13.002,93 m ³
	PROMAR17 - PROMAR18	-8.185,40 m ³	14.242,25 m ³
	PROMAR17 - PROMAR19	-6.742,89 m ³	4.217,32 m ³
Pelada	AEMON2004 - AEMON200501	-1.479,27 m ³	1.110,55 m ³
	AEMON2004 - AEMON200510	-743,14 m ³	556,90 m ³
	AEMON2004 - AEMON2006	-988,84 m ³	1.177,46 m ³
	AEMON2004 - PROMAR17	-5,24 m ³	2.015,50 m ³
	AEMON2004 - PROMAR18	-904,51 m ³	1.454,29 m ³
	AEMON2004 - PROMAR19	-136,60 m ³	1.742,06 m ³
	AEMON200501 - AEMON200510	-606,93 m ³	772,04 m ³
	AEMON200501 - AEMON2006	-228,34 m ³	521,02 m ³
	AEMON200510 - AEMON2006	-425,81 m ³	547,12 m ³
	AEMON2006 - PROMAR17	-76,58 m ³	1.887,08 m ³
	AEMON2006 - PROMAR18	-324,92 m ³	688,30 m ³
	AEMON2006 - PROMAR19	-71,96 m ³	1.544,08 m ³
	PROMAR17 - PROMAR18	-1.513,71 m ³	59,36 m ³
	PROMAR17 - PROMAR19	-443,72 m ³	45,49 m ³
	PROMAR18 - PROMAR19	-58,82 m ³	1.118,13 m ³

Según la representación del programa ArcGIS, las pérdidas se colorean de azul y las ganancias de rojo. De cada agrupamiento se obtiene el volumen en m³.

Por ejemplo, una celda en particular tiene un valor z inicial de 235 y un tamaño de celda de 10 metros. Si se excava 3 metros en la ubicación, el volumen será:

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= (10\text{m} \times 10\text{m}) \times (235\text{m} - 232\text{m}) = \\ &= 100\text{m}^2 \times 3\text{m} = 300\text{m}^3\end{aligned}$$

Además, se tiene también el área que ocupa cada uno de los grupos. En este informe se da un paso más al totalizar las ganancias por un lado y las pérdidas por otro, de modo resumido. No obstante, los ficheros con los resultados pormenorizados pasan a formar parte de la base de datos en el OAG. Estos totales se recogen en la Tabla 11.

Se muestran seguidamente, los mapas y gráficos con los resultados de los tres estudios de modificación de las playas mediante el análisis de los perfiles de playa.

Playa de La Tejita

No se tienen datos de campañas realizadas por AEMON previas a la construcción del puerto distintas de la de agosto de 2004. El OAG ha tratado de conseguir trabajos y datos de los otros años en que sí se hicieron mediciones para las demás playas, sin éxito.

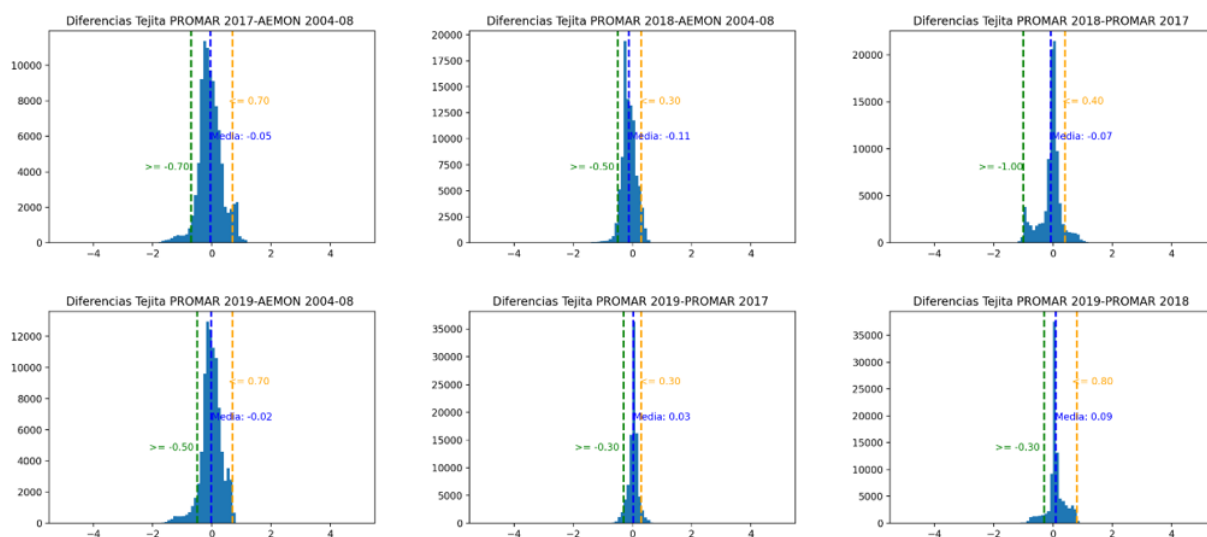


Figura 74 Distribución de frecuencias de los cambios en La Tejita

Se muestra la distribución de esas frecuencias en las comparaciones de las campañas de PROMAR entre sí y con la de 2004 de AEMON.

Los histogramas de esta playa muestran que para 2019 y 2017 se obtienen resultados similares respecto a 2004 y a 2018, mientras que entre sí el cambio es mínimo, como se destaca en el gráfico (Figura 75).

A la vista de la distribución geográfica de esas diferencias vistas en la Figura 76, se percibe que en 2018 la zona E de la playa recibe un depósito que rellena pérdidas habidas entre 2004 y 2017. Curiosamente, al año siguiente, 2019, vuelven a perderse materiales en la misma ubicación.

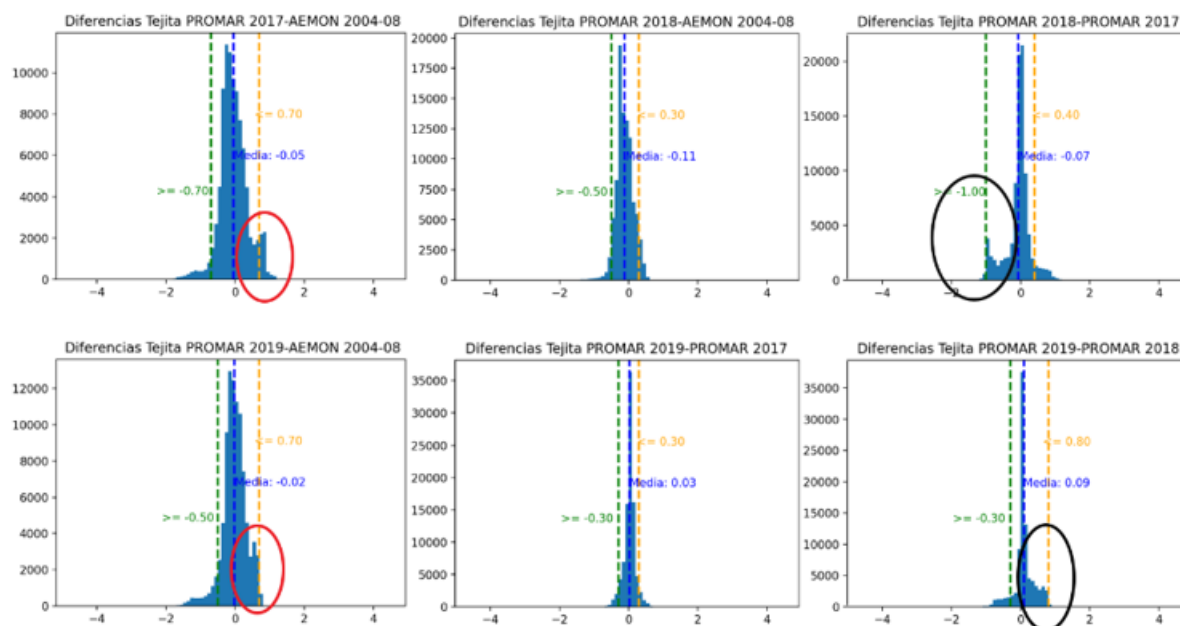


Figura 75 Máximos locales llamativos en La Tejita

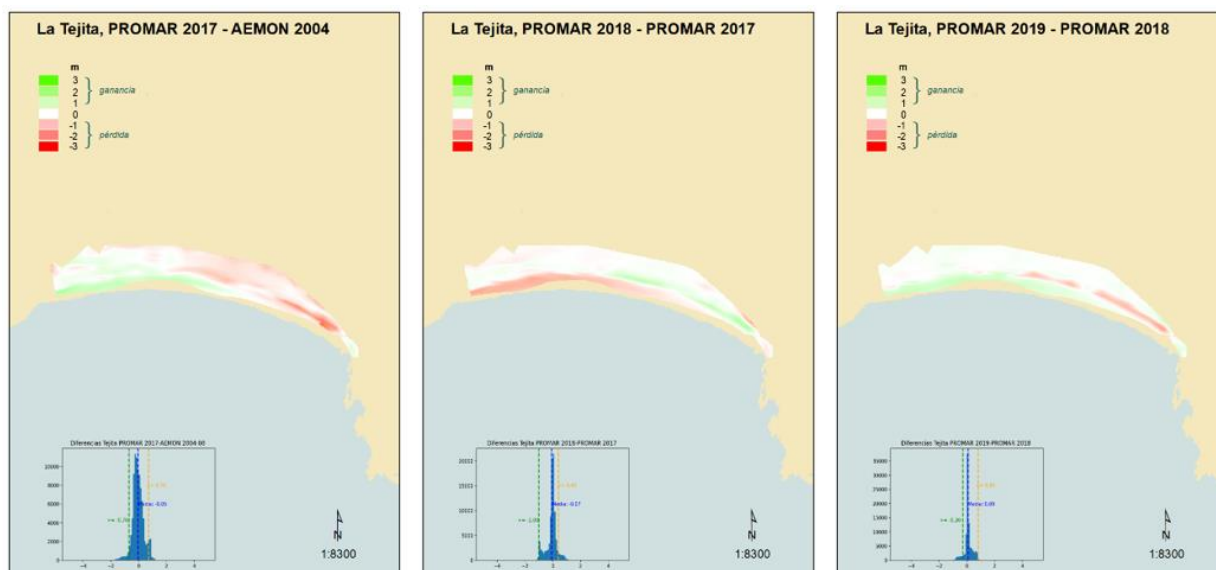


Figura 76 Diferencias en la playa de La Tejita

Este comportamiento apoya la consideración de esta playa dispone de un patrón de fenómenos hidrológicos y de dinámica marina y costera característico.

VOLÚMENES DE LA TEJITA

La Figura 77 muestra los mapas de volumen de pérdidas y ganancias de la secuencia histórica de levantamientos. A modo de resumen se incluye una tabla con la medición de pérdida o ganancia en unidades de volumen por unidad de superficie (Tabla 12).

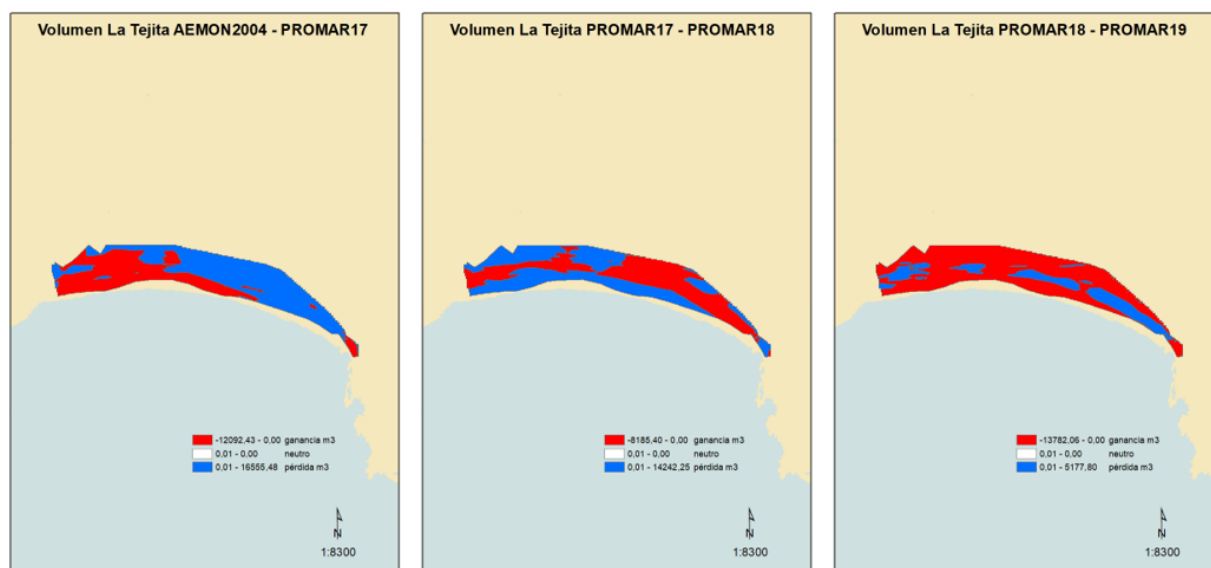


Figura 77 Volúmenes de la playa de La Tejita

La tasa se calcula dividiendo el volumen total de pérdida o ganancia por la superficie del área comparable entre los conjuntos de datos.

Tabla 12 cantidades y tasas de volúmenes en la playa de La Tejita

	COMPARACIÓN	GANANCIAS	PÉRDIDAS	TASA	TASA -
LA TEJITA (92158,27 M²)	AEMON2004 - PROMAR17	-12.092,43 m³	16.555,48 m³	-0,13 m³/m²	0,18 m³/m²
	PROMAR17 - PROMAR18	-8.185,40 m³	14.242,25 m³	-0,09 m³/m²	0,15 m³/m²
	PROMAR18 - PROMAR19	-13.782,06 m³	5.177,80 m³	-0,15 m³/m²	0,06 m³/m²

Playa de La Pelada

Comparativa AEMON 2004-08 y AEMON 2005-01

En esta playa se aprecian variaciones erosivas en la cabecera del transecto central (la playa tiene 3 transectos), que se apoya en un sustrato firme y poco propenso a erosiones tan rápidas como en zonas arenosas, pero de gran desnivel y morfología escarpada y desigual. Es fácil achacar estas variaciones tan notables a la dificultad para la colocación de los instrumentos de medida en el mismo lugar exacto campaña tras campaña. Debido al reducido tamaño de la playa (es más bien una cala), el efecto global de este artefacto es más notable. Sin embargo, a la vista del histograma se puede interpretar que más que pérdidas, en este periodo en general ha habido un cierto crecimiento en la altura de la playa, sobre todo en la zona límite de la marea alta. No obstante, aunque el 90% de las variaciones están en el intervalo [-0,5;0,8] m, la media es de 0,7 m y la desviación típica (0,8 m), un crecimiento leve pero generalizado.

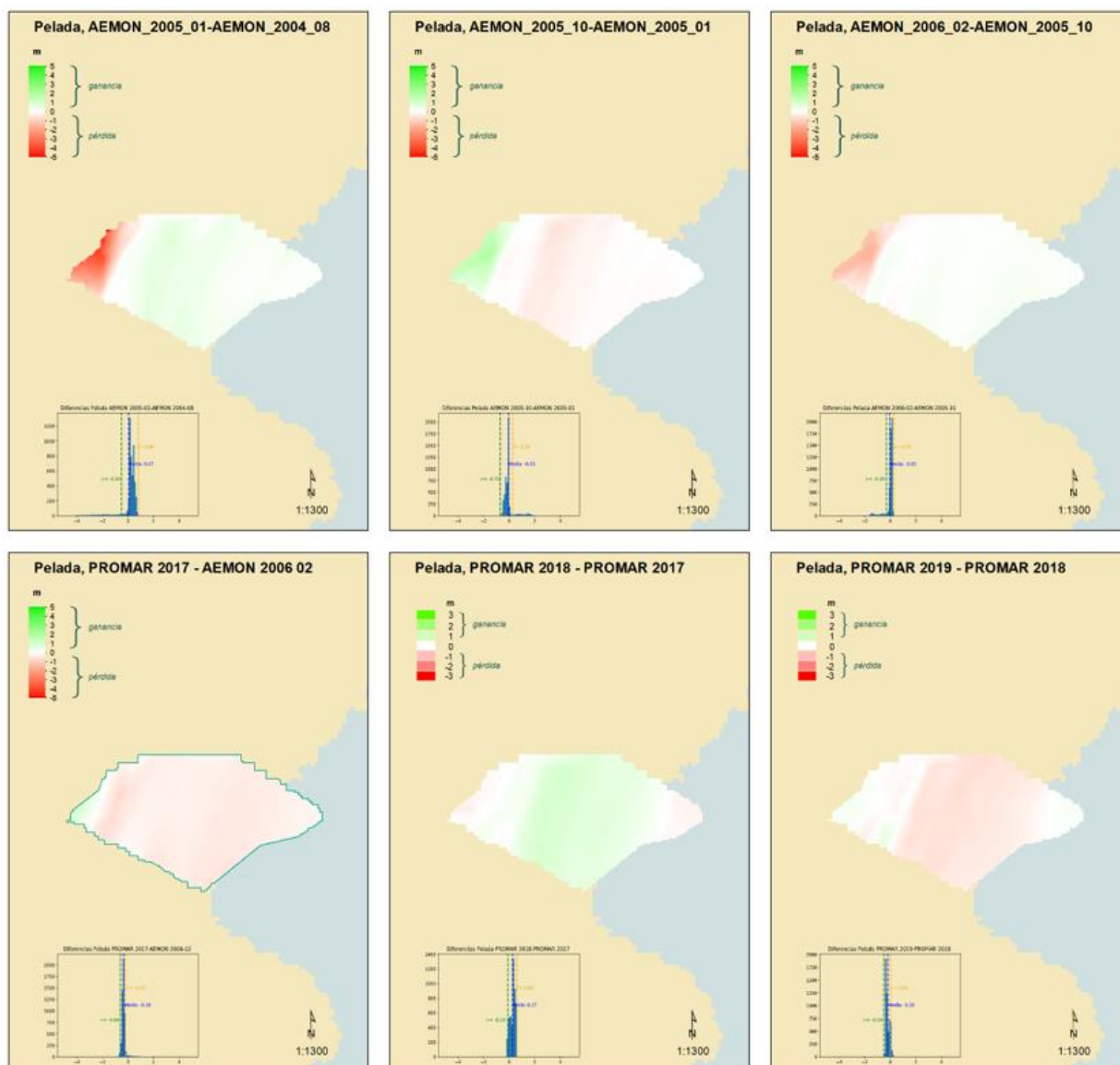


Figura 78 Diferencias en la playa de La Pelada

Comparativa AEMON 2005-01 y AEMON 2005-10

Al igual que en otras playas, los análisis muestran una inversión de la dinámica de cambios prácticamente total, aunque sigue recorriendo tasas muy pequeñas. Donde en el primer periodo hubo ganancias, ahora se tienen pérdidas y viceversa, como si existiera una corrección. En todo caso, los cambios se mueven en su 90% entre -0,70 y 0,30 m, siendo la media de -3 cm y la desviación típica del 0'42, dispersión más moderada que la comparación previa.

Comparativa AEMON 2005-10 y AEMON 2006-12

Vuelven a darse la vuelta los cambios respecto al tramo anterior y demostrándose los mismos artefactos que en el OAG se entienden como fruto de las dificultades de la colocación del instrumental de medida, aunque no tan acusados. De cualquier forma, no se alejan los datos del entorno de valores pequeños (-30 cm a 30 cm) que contrarrestan los de la comparación anterior,

con una media de 0,02 cm de pérdida y una desviación típica de 0'3 m. Si se prescinde del “problema” de la cabecera central, puede decirse que la zona húmeda de la paya presenta una sutil acumulación, junto con una estrecha franja al pie de esa cabecera problemática.

Comparativa AEMON 2006-08 y PROMAR 2017

La tasa neta detectada en este tramo es de una pérdida temporal de media 0,34 m, quedando el 90% de las variaciones comprendidas en los límites -60 y -20 cm, así que es un período erosivo. La magnitud es escasa, sin embargo, la desviación típica se sitúa en 0,18 m, lo que arroja valores menores de los 50 cm mayormente. Por otro lado, las zonas de ganancia son muy pocas y se ubican en la zona de cabecera problemática.

Comparativa PROMAR 2017 y PROMAR 2018

Podría defenderse la existencia de dos grupos principales de cambios que alejan la distribución de una normalidad tan clara como en otros casos. Un primer intervalo entorno al valor nulo, de los -10 a los 15 cm, que engloba al 45% de la muestra y otro, donde se encuentra la media, equivalente también a ese 45% centrado entre los 27 cm de ganancia (equivale a la media) y los 60 cm también de ganancia. En este caso la zona problemática ha exhibido una variación casi inexistente hacia el lado rojo del gráfico. Por tanto, en general puede concluirse que se registra una exigua recuperación de materiales en la playa. La desviación típica es de 0,2 m.

Comparativa PROMAR 2018 y PROMAR 2019

Se constata una vez más la alternancia de ganancia-pérdida en las mismas áreas de la playa, que tiñe de un suave color rosado el gráfico. La pérdida media es de 0,2 m aunque el 90% de los grupos de datos van de los -0,5 m a los 0 m de cambio. Se denota una ausencia de una tendencia mantenida de ganancia o pérdida significativas en la masa y morfología de esta playa en el periodo estudiado.

Volúmenes de la playa de Pelada

La Figura 78 muestra los mapas de volumen de pérdidas y ganancias de la secuencia histórica de levantamientos. A modo de resumen la expone la medición de pérdida o ganancia en unidades de volumen por unidad de superficie.

Tabla 13 Cantidades y tasas de volúmenes en la playa de Pelada

	COMPARACIÓN	GANANCIAS	PÉRDIDAS	TASA +	TASA -
PELADA (5306,16 M ²)	AEMON2004 - AEMON200501	-1.479,27 m ³	1.110,55 m ³	-0,28 m ³ /m ²	0,21 m ³ /m ²
	AEMON200501 - AEMON200510	-606,93 m ³	772,04 m ³	-0,11 m ³ /m ²	0,15 m ³ /m ²
	AEMON200510 - AEMON2006	-425,81 m ³	547,12 m ³	-0,08 m ³ /m ²	0,10 m ³ /m ²
	AEMON2006 - PROMAR17	-76,58 m ³	1887,08 m ³	-0,01 m ³ /m ²	0,36 m ³ /m ²
	PROMAR17 - PROMAR18	-1513,71 m ³	59,36 m ³	-0,29 m ³ /m ²	0,01 m ³ /m ²
	PROMAR18 - PROMAR19	-58,82 m ³	1118,13 m ³	-0,01 m ³ /m ²	0,21 m ³ /m ²

Se calcula la tasa dividiendo el volumen total de pérdida o ganancia por la superficie del área comparable entre los conjuntos de datos.

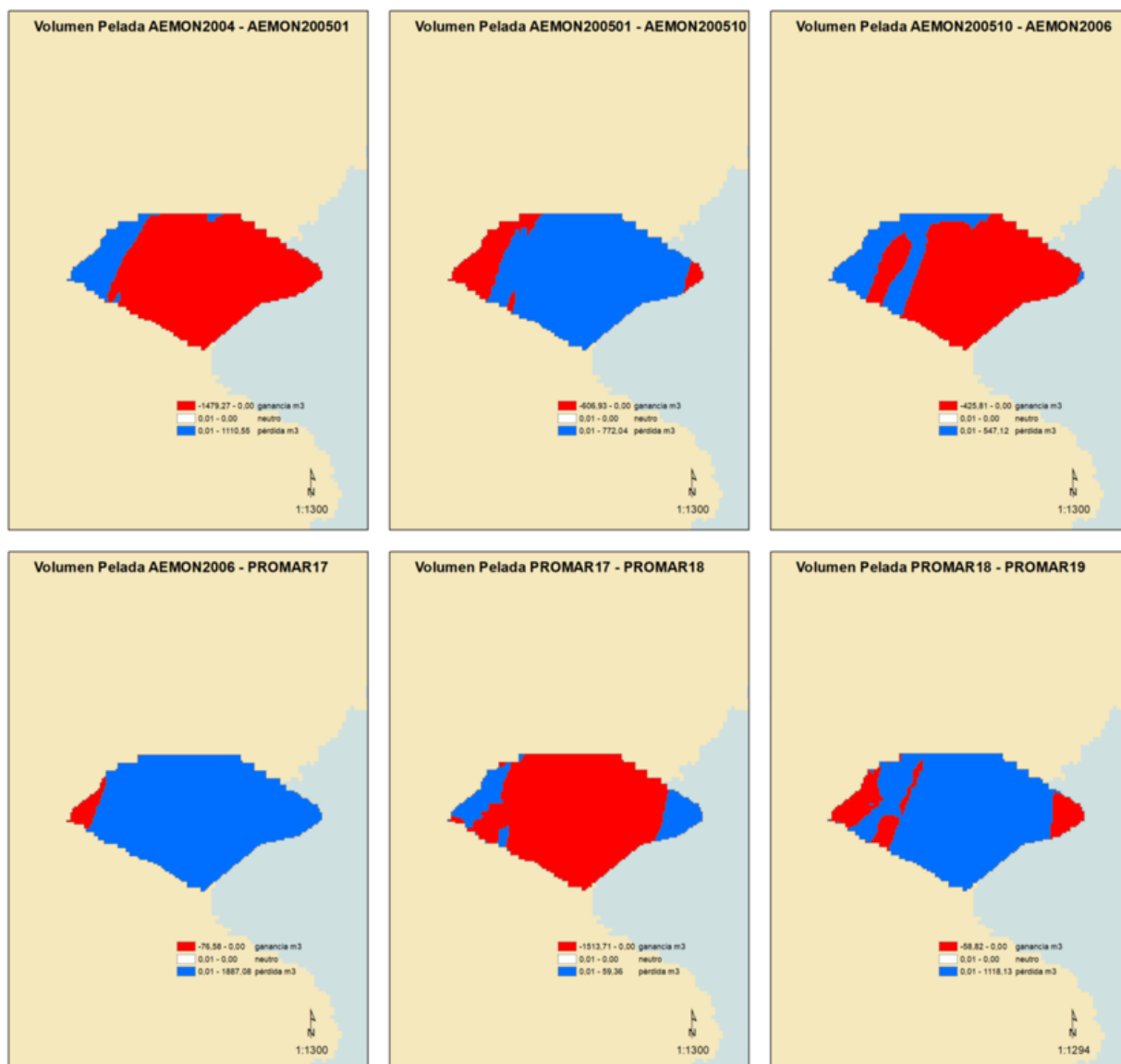


Figura 79 Volúmenes en la playa de Pelada

Playa de La Jaquita

Comparativa AEMON 2004-08 y AEMON 2005-01

Las pérdidas, pese a tener una predominancia, son de escasa entidad, estando los cambios, en su 90%, comprendidos en un intervalo entre los -30 y los 20 cm. La pérdida media es de -2 cm, mientras que la dispersión indicada por la desviación típica es de 0,16 m. Las ganancias más notables se concentran en la zona norte en la franja más cercana a la orilla en el área estudiada, y también cerca del promontorio que delimita la subplaya septentrional separándola del resto, donde los valores son máximos. Sin embargo, con alta probabilidad, este grupo de valores destacados se justifican en una mala colocación instrumental más que en cambios reales, dada la naturaleza rocosa del punto y que se corresponde con la cabecera de perfiles.

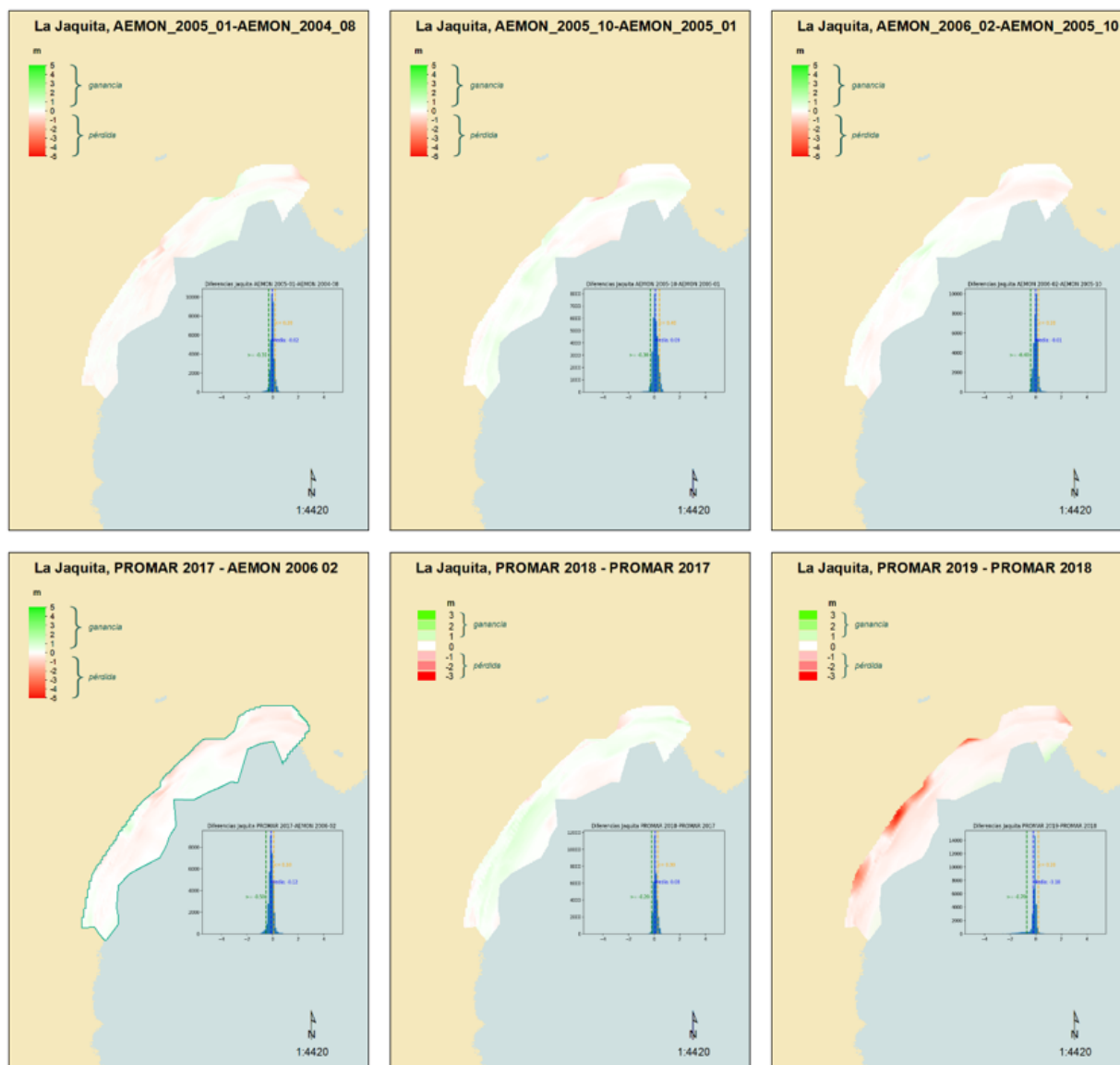


Figura 80 Diferencias en la playa de La Jaquita

Comparativa AEMON 2005-01 y AEMON 2005-10

Una vez más ocurre la alternancia en pérdidas y ganancias que se han presentado en otras playas, correspondiendo con bastante fidelidad las antiguas acumulaciones con desgaste en esta ocasión. Si la conjetura de los defectos en la colocación de los instrumentos fuera cierta, cabría pensar que, en esta ocasión (campaña 3) se hubiera conseguido acertar mejor en ello. Hay que hacer constar, no obstante, que se trata de variaciones desdeñables, toda vez que el 90% de ellas está entre -30 y +40 cm, con una media de 9 centímetros de aumento y una desviación típica de 0,2 m. Las exiguas ganancias son la tónica general, aunque en el área más profunda se detecta cierta pérdida.



Comparativa AEMON 2005-10 y AEMON 2006-12

Con un valor medio de 0,09 m y una desviación típica de 0,16 m la ausencia de cambios es total, aunque hay una débil acreción en la zona alta, lejos del agua, a mitad de la playa. Esta variación destaca, a pesar de su pequeña cuantía, porque el resto de los valores apenas se alejan del 0. Si se quisiera insistir en describir los movimientos, podría resumirse en un ligero desgaste en los extremos de la playa y acumulación en la trasplaya a la altura de la zona media.

Comparativa AEMON 2006-12 y PROMAR 2005-01

La tónica general de las otras comparaciones se repite en esta ocasión. La ganancia ocurrida en el periodo anterior inmediatamente se compensa con pérdidas de relativa entidad. De todos modos, se trata de una dimensión ínfima y rangos muy bajos (media = - 0,12 m y desviación típica de 0,19 m). En general se trata de pérdida generalizada salvo en la zona media donde llegan las olas. Allí se atisba una pigmentación verde que denota la ganancia en altura.

Comparativa PROMAR 2017 y PROMAR 2018

No se aparta esta comparación de la tónica general según la que, tras un periodo de pérdidas, sobreviene otro de ganancias generalmente en el mismo lugar. Los casi inapreciables valores podrían asimilarse a la inexistencia de cambios, pero en aras de consistencia de este documento, debe señalarse que en la playa predominan, en casi toda su extensión, las ganancias. El verde que se ha empleado en la simbología del mapa casi no se aparta del blanco que indica neutralidad, si bien es el tono mayoritario con diferencia. Paralelamente, si antes la zona media cerca de la rompiente de las olas tomaba tonos verde pálidos, en esta etapa se torna del dominio del rojo en su intensidad más tenue. La media de valores es de 0,08 m y la desviación estándar es de 0,14 m. El 90% presenta valores de entre -20 cm y 30 cm. No hay pérdidas mayores de 50 cm ni recrecimientos que superen los 74 cm.

Volúmenes de La Jaquita

En la Figura 81 se muestran los mapas de volumen de pérdidas y ganancias de la secuencia histórica de levantamientos. La Tabla 14 resume las ganancias y pérdidas en unidades de volumen por unidad de superficie.

Tabla 14 Volúmenes de la playa de La Jaquita

	COMPARACIÓN	GANANCIAS	PÉRDIDAS	TASA	TASA -
LA JAQUITA (34644,63 M ²)	AEMON2004 - AEMON200501	-1.666,66 m ³	2.385,38 m ³	-0,05 m ³ /m ²	0,07 m ³ /m ²
	AEMON200501 - AEMON200510	-4.594,00 m ³	1.367,55 m ³	-0,13 m ³ /m ²	0,04 m ³ /m ²
	AEMON200510 - AEMON2006	-2.002,12 m ³	2.316,98 m ³	-0,06 m ³ /m ²	0,07 m ³ /m ²
	AEMON2006 - PROMAR17	-950,48 m ³	5.177,32 m ³	-0,03 m ³ /m ²	0,15 m ³ /m ²
	PROMAR17 - PROMAR18	-3.654,91 m ³	720,22 m ³	-0,11 m ³ /m ²	0,02 m ³ /m ²
	PROMAR18 - PROMAR19	-461,97 m ³	6.769,32 m ³	-0,01 m ³ /m ²	0,20 m ³ /m ²

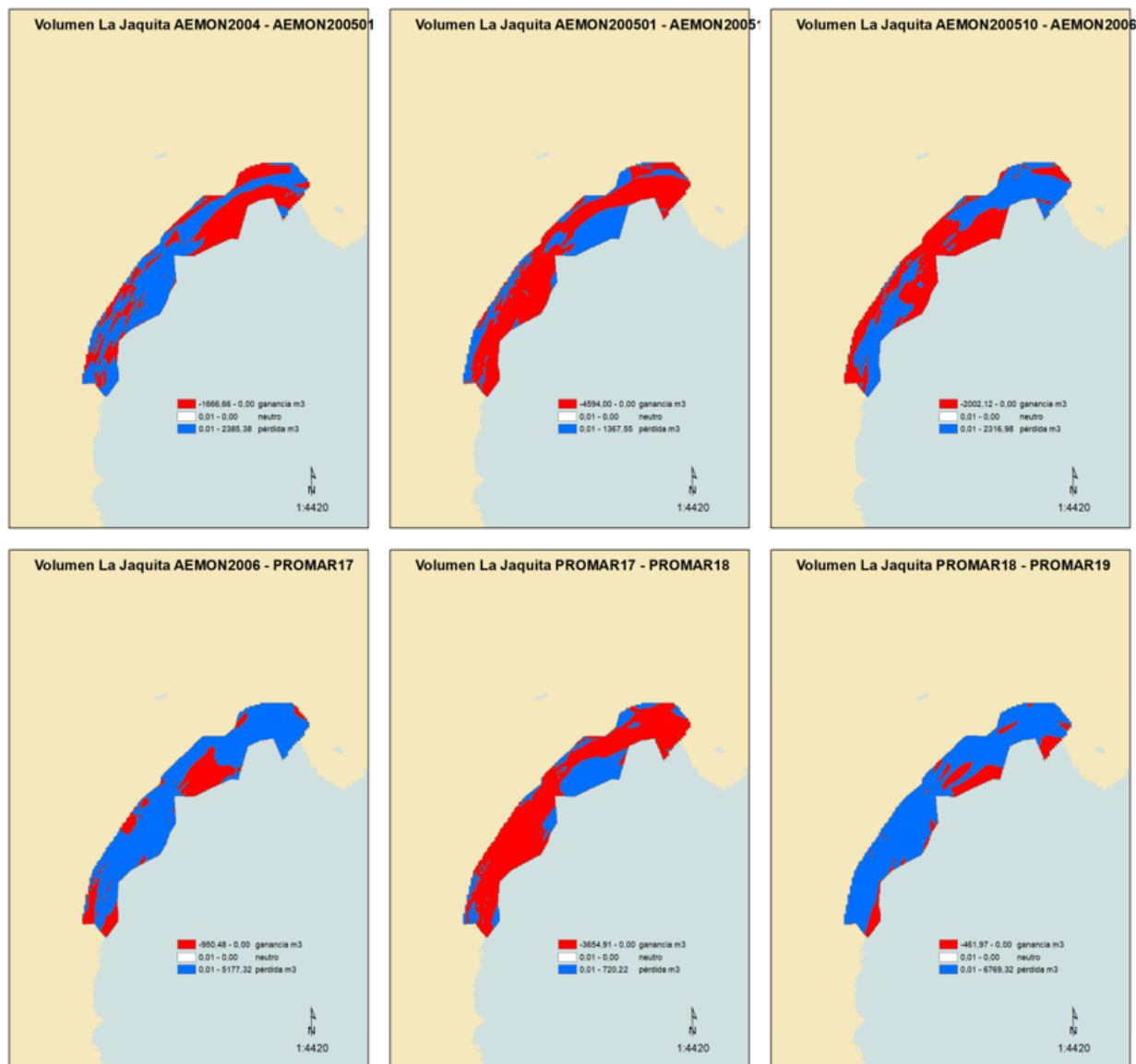


Figura 81 Volúmenes de la playa de La Jaquita

Playa de El Médano

Con una longitud de más de 1 300 m, es la playa más larga del conjunto estudiado. La orientación SE general no es del todo representativa dada esta longitud y su forma curvada, ya que al norte se encara con los episodios de tiempo sur y se protege de la corriente principal que va al SO, estando su extremo sur afectado de manera opuesta, pues el frente en esa zona es rayano al NE y recibe de lleno el régimen de corrientes de la costa E de la isla. La zona central es la más expuesta la variable dinámica costera. De hecho, es en esta playa donde el OAG ha detectado los movimientos más acusados.

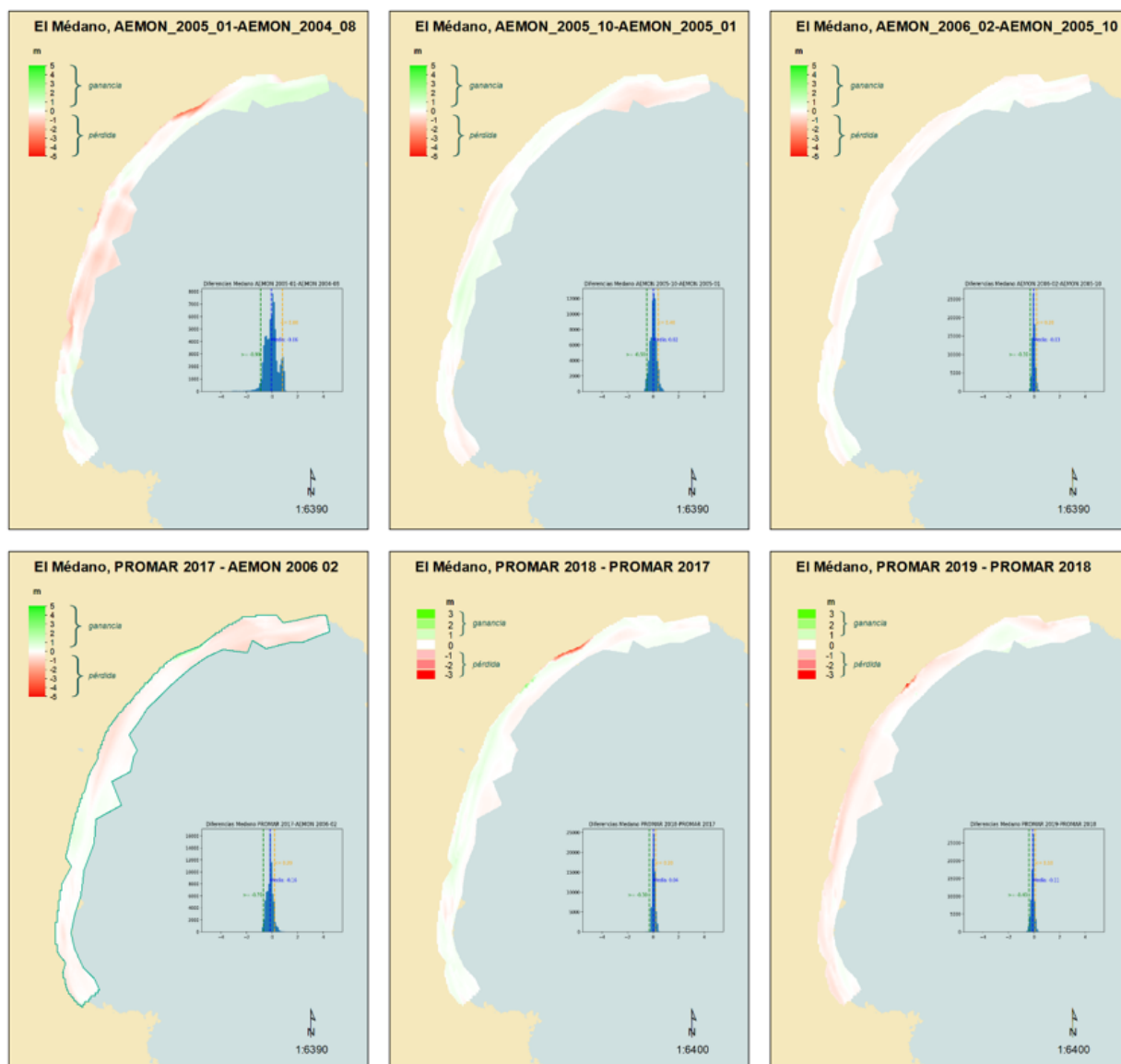


Figura 82 Diferencias en la playa de El Médano

Comparativa AEMON 2004-08 y AEMON 2005-01

Sin llegar a suponer cambios importantes, con relación a los límites entre los que se trabaja en este análisis (± 5 m) existe una acumulación reseñable en la zona del pueblo de El Médano, sobre todo en la parte más baja del perfil, la más cercana al agua. Allí existen ganancias del orden de un metro por delante del hotel del pueblo, al abrigo del pequeño muelle. Se detecta también variación en el mismo sentido, aunque más ligera, en el extremo S. En la zona central es posible distinguir una extensa mancha rosada justo en la rompiente que en algún caso puede llegar al metro. El valor medio de cambio se calcula en -6 cm, estando el 90% de la superficie entre $-0,9$ y $0,8$ m. La desviación típica es de $0,5$ cm. El histograma muestra tres máximos locales, lo que apunta a una distribución no uniforme del proceso. Es fácil descubrir la porción de incremento citada en el tercer pico en la zona positiva del histograma.

Los valores extremadamente altos que recoge el análisis se encuentran en las cabeceras de perfil de la zona del paseo elevado entre playas. Sugieren un error o dificultad de repetición de la ubicación de las referencias al llevar a cabo el levantamiento topográfico.

Comparativa AEMON 2005-01 y AEMON 2005-10

En este periodo los valores no son tan destacables como en el anterior, y, en general los cambios están equilibrados y en sentido opuesto salvo la zona central alejada del mar, donde se tiñe el mapa de color rosado, indicativo de pérdida. El valor medio se sitúa en 2 cm de ganancia y los extremos del intervalo que recoge el 90% son -0,5 y 0,40 m. La desviación típica llega al 0,25 m (la mitad del anterior tramo).

Comparativa AEMON 2005-10 y AEMON 2006-12

Como puede deducirse del histograma y de la tabla de intervalos del 90%, los cambios en este período son perfectamente desdeñables, con una media de 3 cm de pérdida y una desviación típica situada en 0,1 m. En general el carácter de este período es de una casi inexistente acreción y una más extendida erosión, ambas muy sutiles.

Comparativa AEMON 2006-12 y PROMAR 2017

Inciendiando un poco más en la pérdida generalizada en la playa, con un poco más de entidad que en la fase previa, se alcanza, no obstante, un nivel de crecimiento de igual magnitud en una pequeña zona que forma una barrera de arena que cierra la región de pequeñas dunas y vegetación psamófila protegida, antes del promontorio que marca el tercio S de la playa. Siguen sin ser valores grandes, pero la intensidad del cambio no es tan neutra como la fase anterior. El valor medio es de -0,16 m, con una desviación típica de 0,30 m. El 90% de los valores está entre -0,7 y 0,2 m. Puede considerarse que el proceso dinámico se orienta hacia una ligera pérdida general, aunque en un lugar relevante existe cierto crecimiento relativo.

Respecto al área que en el periodo anterior mostraba desviaciones y que se encontraba a lo largo del paseo elevado, en esta comparación aparece compensado por ganancias equivalentes, lo que indica que cualquiera que fuese la razón, fue corregida.

Comparativa PROMAR 2017 y PROMAR 2018

La extensión de áreas con crecimiento o pérdida casi nulos es mayor, lo que sitúa el 90% de los valores en la franja -0,30 y 0,20 m, porque, además, ni unos ni otras han sido muy potentes. La desviación típica llega hasta los 0,20 m y la media se acerca al valor de 0,38 m. De nuevo los mayores números se alcanzan junto al paseo y son en sentido contrario que en 2006 a 2017. Es posible que en cada momento el personal de campaña haya decidido establecer el punto en lo alto del paseo elevado o al pie de esa plataforma, ya que los 3 m aproximados de diferencia se acercan a la cota que alcanza el propio paseo.

El comportamiento en la superficie restante es de cierta ganancia en las porciones alejadas del agua, de escasa importancia, y una pérdida en las zonas de rompiente en los dos tercios septentrionales. En el pueblo, hay que añadir, las regiones más introducidas en el agua presentan un tono verde indicativo de acumulación. En todo caso, se pueden considerar testimoniales. De hecho, pueden deberse perfectamente, sobre todo en las zonas sumergidas y rocosas, a las irregularidades del terreno que lleven a la colocación de la mira encima o junto a piedras, dentro de charcos u otras irregularidades. Pueden darse diferencias de decenas de



centímetros con el más mínimo desplazamiento del punto de apoyo. Teniendo esto en cuenta, cabría la conclusión de que, a un nivel de escala que anulara estas dificultades, los cambios de las playas son inapreciables.

Comparativa PROMAR 2018 y PROMAR 2019

Excepto las regiones de rompiente que en el anterior apartado se decía que tenían cierta pérdida, en casi todo el resto de playa se invierte el proceso. Donde había pérdida ahora se recrece al perfil y donde se ganaba material ahora se pierde. Atendiendo al problema del paseo elevado, entre estas dos campañas (2018 y 2019) no se detectan cambios, lo que invita a pensar que esta vez sí consiguieron colocar los instrumentos en los mismos puntos. A pesar de esta afirmación, aparece un conflicto análogo algo más al sur, también junto a unas formaciones rocosas en punta donde sería fácil conseguir cotas diferentes según dónde se coloque la mira, pues la irregularidad del terreno otorga escaso margen de error. La desviación típica de 0,15 m y la diferencia media de -0,10 m explican que el 90 % de los valores se encuentren en el intervalo de -0,4 y 0,10 m.

Volúmenes de El Médano

La Figura 83 muestra los mapas de volumen de pérdidas y ganancias de la secuencia histórica de levantamientos. A modo de resumen se incluye una tabla (Tabla 15) con la medición de pérdida o ganancia en unidades de volumen por unidad de superficie.

Tabla 15 Volúmenes de la playa de El Médano

	COMPARACIÓN	GANANCIAS	PÉRDIDAS	TASA +	TASA -
EL MÉDANO (73518,23 M ²)	AEMON2004 - AEMON200501	-12.364,28 m ³	16.718,34 m ³	-0,17 m ³ /m ²	0,23 m ³ /m ²
	AEMON200501 - AEMON200510	-7.902,07 m ³	6.675,96 m ³	-0,11 m ³ /m ²	0,09 m ³ /m ²
	AEMON200510 - AEMON2006	-2.499,09 m ³	4.531,22 m ³	-0,03 m ³ /m ²	0,06 m ³ /m ²
	AEMON2006 - PROMAR17	-3.386,96 m ³	15.173,09 m ³	-0,05 m ³ /m ²	0,21 m ³ /m ²
	PROMAR17 - PROMAR18	-5.552,95 m ³	2.774,77 m ³	-0,08 m ³ /m ²	0,04 m ³ /m ²
	PROMAR18 - PROMAR19	-1.076,87 m ³	8.923,63 m ³	-0,01 m ³ /m ²	0,12 m ³ /m ²

Como ya se ha explicado, se ha calculado esta tasa dividiendo el volumen total de pérdida o ganancia por la superficie del área comparable entre los conjuntos de datos.

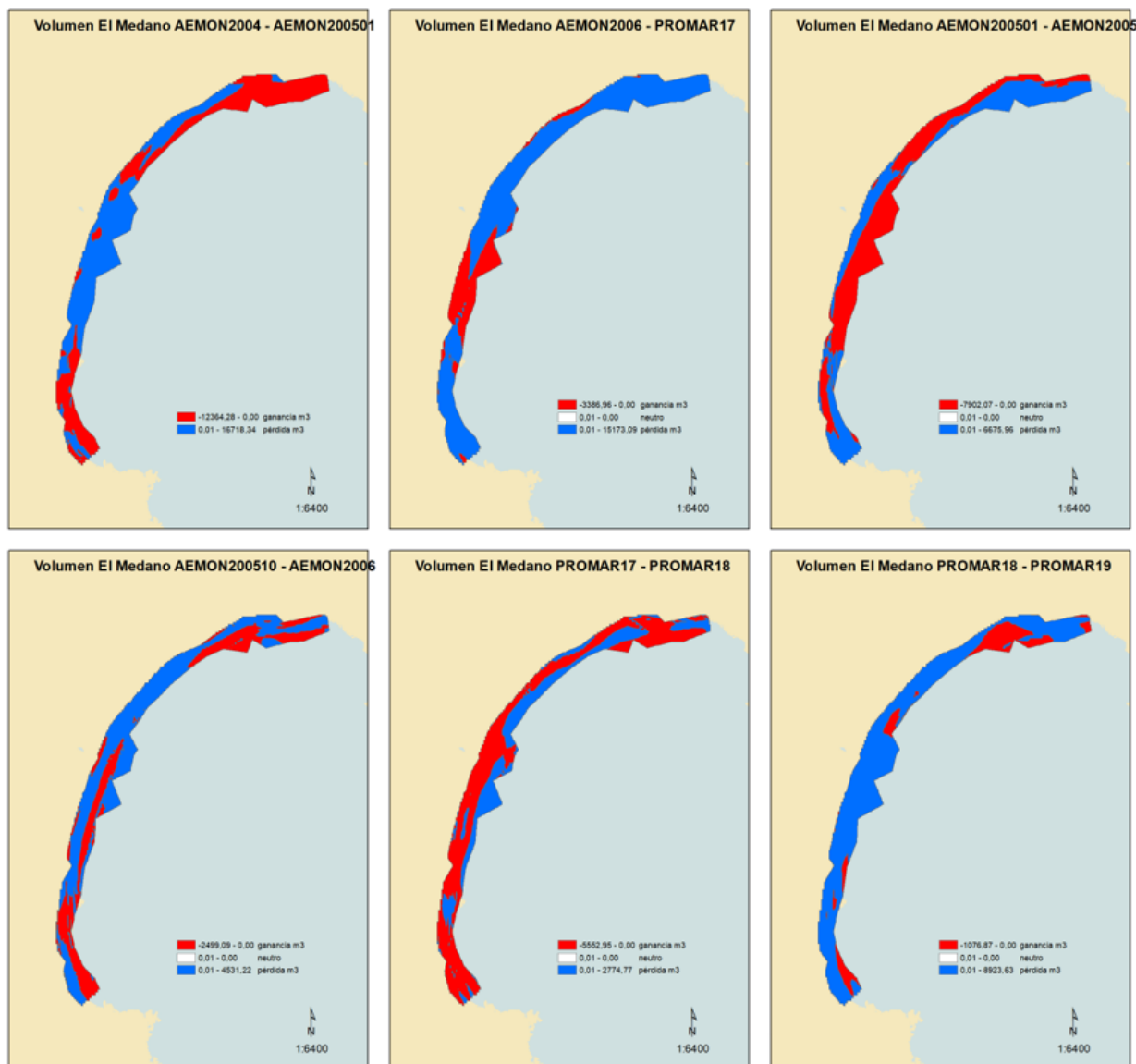


Figura 83 Volúmenes de la playa de El Médano

6.4.7 Clima marítimo

La actualización de este punto corresponde al Anexo I de este informe.

6.5 Calidad del medio marina

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.

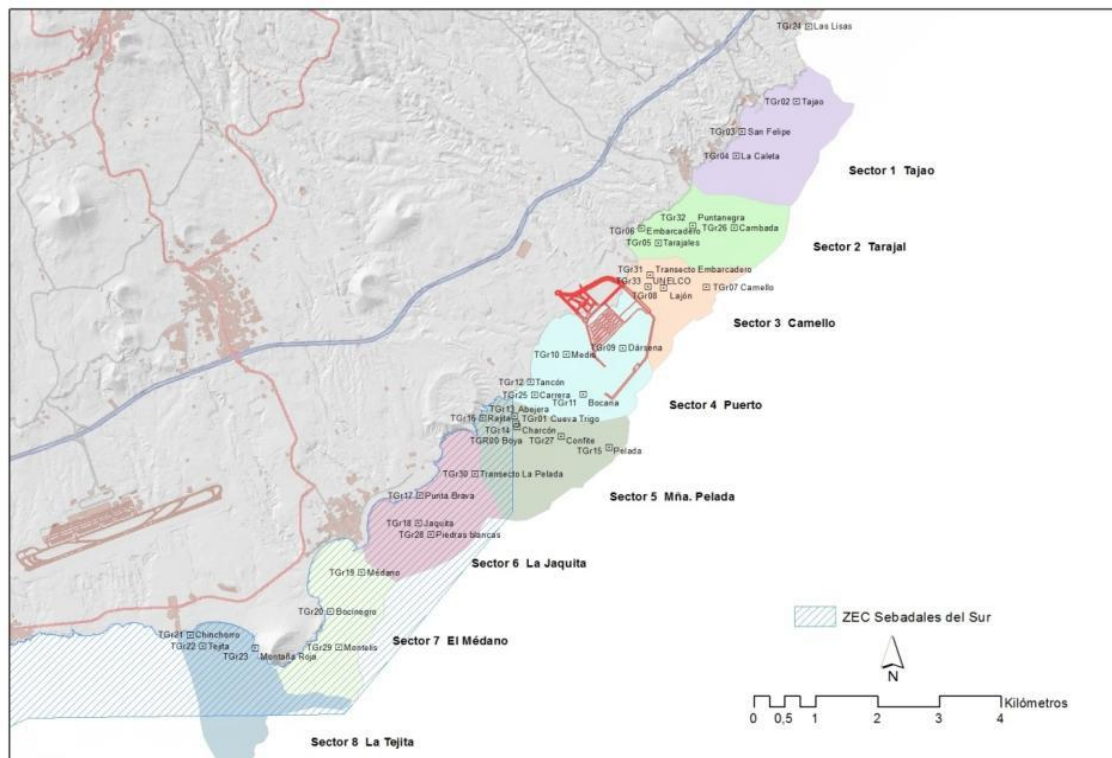


Figura 84 Sectores y estaciones de muestreo de aguas desde comienzo del PVA

La sectorización de los 13 km de costa de Granadilla establecida por el OAG se mantiene, estableciendo estaciones de muestreo en cada sector ambiental (Figura 84). Los datos oceanográficos, tomados con sonda multiparamétrica, y la calidad de las aguas se miden cada trimestre. En el nuevo PVA ambiental, que entra en vigor en este mismo ejercicio, las estaciones donde se miden los parámetros oceanográficos y la calidad química del agua se han reducido a 5: TGr08, TGr09, TGr10, TGr14 y TGr40. Así mismo la contaminación microbiológica, que se venía haciendo anualmente, pasa a periodicidad mensual en dos estaciones ubicadas en el interior del puerto (TGr50 - Martillo del dique de abrigo y TGr51- Pantalán).

6.5.1 Parámetros oceanográficos

La página web del OAG dispone de visores pareados para las condiciones oceanográficas 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 2022. Se comenta aquí lo más destacado.

Las

Tabla 16 y

Tabla 17 resumen los datos oceanográficos de las campañas realizadas entre los años 2018 a 2022, incluyendo para su comparación, los de la situación previa a las obras.

Tabla 16 Campañas de muestreo

Campañas 2018	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	3	10	82	21	1.184
Muestreo de sedimentos	2	10	20	24	480
Sonda multiparamétrica	8	10x < 5 prof.	321	10	3.210
Captadores de sedimentos	3	9	48	3	144
Campañas 2019	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	3	10	60	21	856
Muestreo de sedimentos	2	10	20	25	500
Sonda multiparamétrica	9	10x < 5 prof.	373	10	3.730
Captadores de sedimentos	3	9	49	3	147
Campañas 2020	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	4	10	240	17	4.080
Muestreo de sedimentos	3	10	30	18	540
Sonda multiparamétrica	8	10x < 5 prof.	550	10	5.500
Captadores de sedimentos	3	9	48	3	144
Campañas 2021	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	3	10	82	28	2.296
Muestreo de sedimentos	3	10	30	18	540
Sonda multiparamétrica	10	10x < 5 prof.	423	10	4.230
Captadores de sedimentos	2	9	36	3	108
Campañas 2022	Número campañas	Número estaciones	Número muestras	Número Parámetros	Datos aprox.
Muestreo de aguas	4	5	52	23	1196
Muestreo de sedimentos	2	5	10	25	250
Sonda multiparamétrica	3	5 x 3 prof.	45	6	270



Tabla 17 Valores oceanográficos

Año 2018	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	18,20	22,64*	19,92*	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	36,19	37,76	36,98	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,97	8,25	8,12	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	97,6	108,40	103,36	-
Turbidez	Laboratorio	NTU	0	1,93	0,63	0 - 16,50
Turbidez	Sonda	NTU	0	2,70	0,17	0 - 16,50
Año 2019	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	18,94	23,52	20,82	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	37,01	38,16	37,46	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,93	8,37	8,14	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	97,8	113,60	101,88	-
Turbidez	Laboratorio	NTU	0	1,58	0,47	0 - 16,50
Turbidez	Sonda	NTU	0	2,10	0,14	0 - 16,50
Año 2020	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	19,27	23,85	21,51	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	37,16	40,09	37,61	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	6,99	8,25	8,04	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	96,60	105,90	100,24	-
Turbidez	Sonda	NTU	0	0	0	0 - 16,50
Año 2021	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	19,04	24,95	21,56	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	34,91	38,24	37,28	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	5,37	8,05	7,43	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	94,90	104,20	99,03	-
Turbidez	Sonda	NTU	0	2427,00	8,75	0 - 16,50
Año 2022	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	19,57	23,62	21,16	18,61 - 24,65
Salinidad	Sonda	psu	35,85	37,07	36,88	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,51	8,50	8,06	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	SIN DATOS			
Turbidez	Sonda	NTU	SIN DATOS			

*= 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 85).

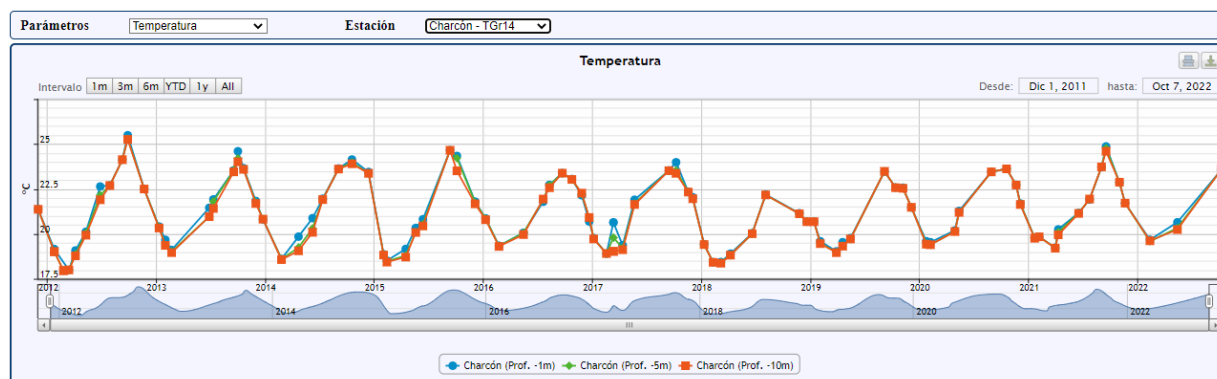


Figura 85 Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (medición con sonda) 2011 - 2022

Las temperaturas media, máxima y mínima obtenida por la sonda multiparamétrica en el periodo 2013-2022 se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18 Valores de temperaturas medias, máximas y mínimas obtenidas en las distintas anualidades

AÑO	Tª Media	Tª Máx. (mes)	Tª Mín. (mes)	Periodo de muestreos
2022	21,16	23,63 °C (10)	19,57 °C (02)	Sólo muestreados 02, 05 y 10
2021	21,56	24,95 °C (09)	19,04 °C (03)	Meses 05, 12 no muestreados
2020	21,51	23,85 °C (08)	19,27 °C (01)	Meses 03,06,07,09 no muestreados
2019	20,82	23,52 °C (09)	18,94 °C (03)	Meses 06,07,08 no muestreados
2018	19,92	22,64 °C (08)	18,20 °C (02,03)	Meses 05,07,09 no muestreados
2017	21,27	24,31 °C (09,10)	18,83 °C (02)	Meses 06,07,08,12 no muestreados
2016	21,37	23,50 °C (09)	19,17 °C (03)	Meses 04,06 no muestreados
2015	20,90	25,13 °C (09)	18,36 °C (02)	Meses 03,07,08,11 no muestreados
2014	21,55	24,23 °C (10)	18,52 °C (02)	Meses 01,03,05,08 no muestreados
2013	21,50	24,66 °C (09)	18,86 (02)	Meses 03,04,05,08 no muestreados

Es necesario tener en cuenta que a partir de 2022 el muestreo con sonda multiparamétrica es trimestral por lo que no necesariamente coincide con periodos donde las aguas son más frías o más cálidas. Así mismo, 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 las 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). En los muestreos realizados en 2022 se han tenido problemas con el sensor de oxígeno disuelto de la sonda, por lo que se han



realizado las mediciones utilizando un oxímetro portátil. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de la normalidad para las aguas de la costa de Granadilla.

Estos intervalos corresponden a aguas bien oxigenadas, con concentraciones en el rango de 4-7 ppm. No se han detectado posibles situaciones de anoxia en ninguna de las estaciones.

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 19).

Tabla 19 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
2022	8,06	8,50	7,51	Sólo muestreados 02, 05 y 10
2021	VALORES FUERA DE RANGO			Meses 05, 12 no muestreados
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 hasta finales de 2021 la calibración del sensor de pH de la sonda multiparamétrica no fue satisfactoria, por lo que no se exponen en la gráfica anexa (Figura 86).

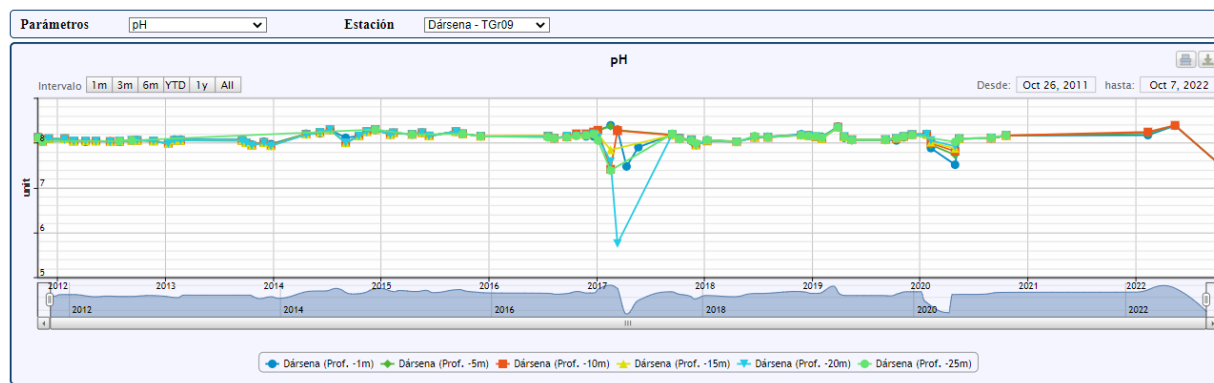


Figura 86. Registro del pH en la estación Dársena (TGr09) (2012-2022)

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 tras su rotura a finales de 2014. También se observó en 2015 que los valores registrados con la sonda eran 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 los años 2021 y 2022, 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 descende en verano porque es la época en la que los vientos alisios son más constantes, generan afloramiento de aguas frías menos salinas y se produce un gradiente de temperatura y salinidad este-oeste (Figura 87).

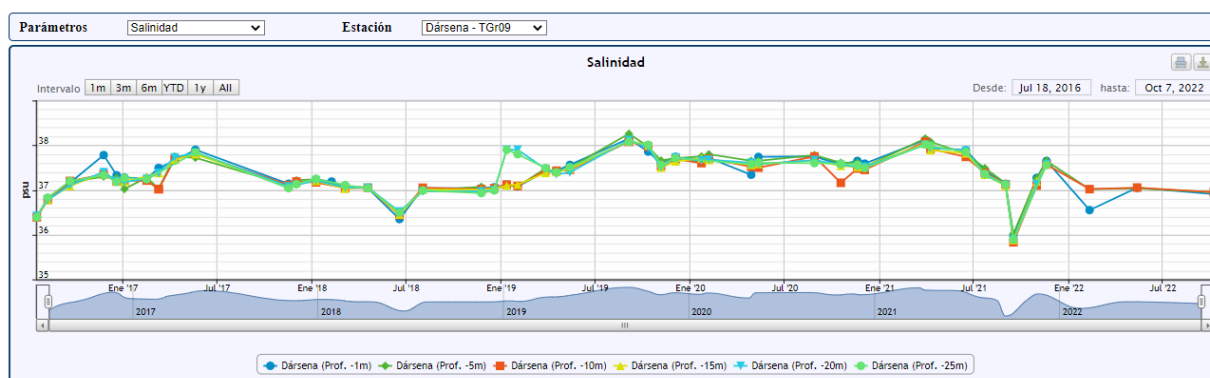


Figura 87. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a octubre de 2022

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.

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 hasta el 2022 son los obtenidos por los registros mensuales de la sonda multiparamétrica. En este ejercicio se tienen registros hasta mayo de 2022, por avería de la sonda.

La turbidez medida en el laboratorio en 2022 a partir de muestras de aguas han variado entre las 0 – 0,36 NTU, con una media de 0,08 NTU. En general, las aguas son claras.

Concentración de clorofila: la concentración de clorofila en las aguas es un indicador de la producción biológica de las algas, bacterias y otros organismos fotosintéticos, de la que, en definitiva, depende toda la vida marina. En Canarias, la concentración de clorofila en aguas



abiertas es baja, del orden de 0,1-0,2 mg/m³, y es lo normal para aguas oligotróficas en estas latitudes del Atlántico. Solo en la proximidad de la costa y debido a los aportes terrígenos, o en zonas de afloramiento de aguas frías profundas ricas en nutrientes, se eleva esta concentración (0,3-0,4 mg/m³) (Tabla 20).

Tabla 20. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla

Clorofila a µg/l	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Valor máximo	0,54	0,54	0,68	0,68	0,68	0,62	0,56	0,66	0,93	0,51	0,49	0,41
Valor mínimo	0,06	0,05	0,26	0,15	0,22	0,32	0,11	0	0,10	0,19	0,25	0,33
Media	0,28	0,35	0,40	0,37	0,37	0,46	0,30	0,24	0,35	0,34	0,37	0,17

El valor medio de clorofila alcanzado en el ejercicio 2016 no se ha llegado a alcanzar en años posteriores, lo que puede reflejar quizá la menor acumulación de nutrientes en la zona. Estos valores precisos proceden de análisis de laboratorio.

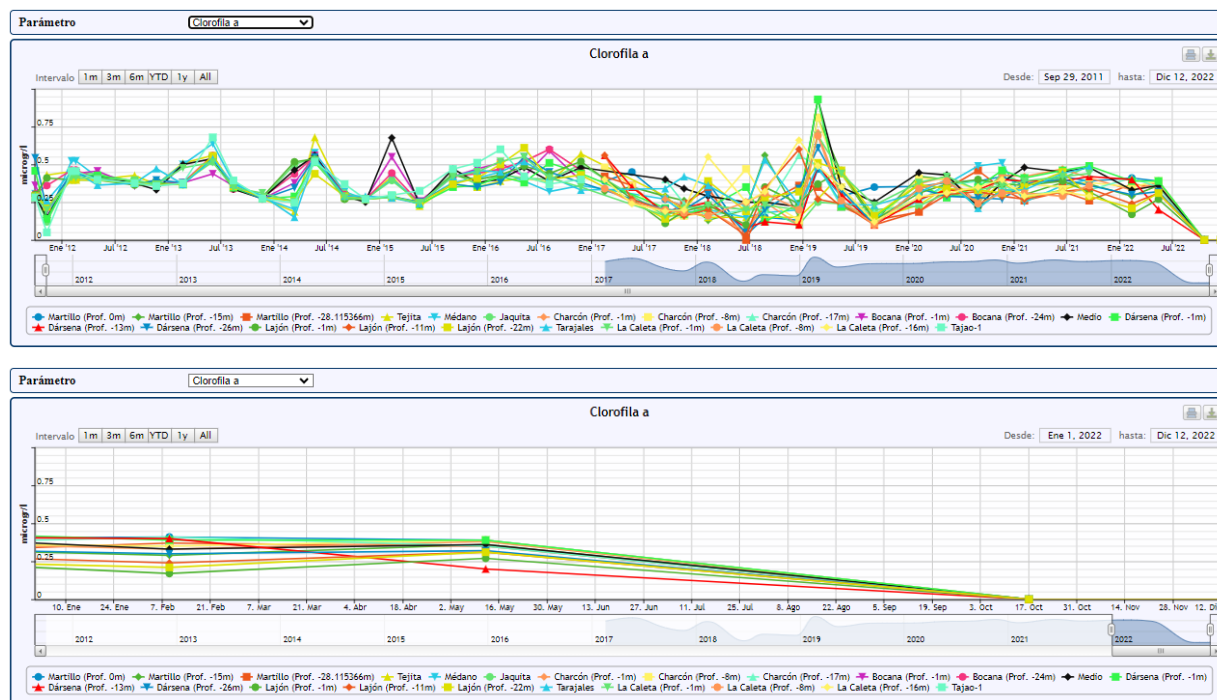


Figura 88. Arriba: evolución de la concentración de clorofila proveniente de análisis de laboratorio entre 2011 y 2022 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2022

El vertido de materiales al mar con ocasión de las obras del puerto puede haber conllevado un aumento de los nutrientes que propicia una proliferación de fitoplancton y el consiguiente incremento de la concentración de clorofila. En este año 2022 los vertidos del puerto se han centrado en el interior del futuro muelle ribera, por lo que no se han detectado picos atribuibles

a este fenómeno (Figura 88). Es más, se alcanzan valores de los más bajos de toda la serie histórica.

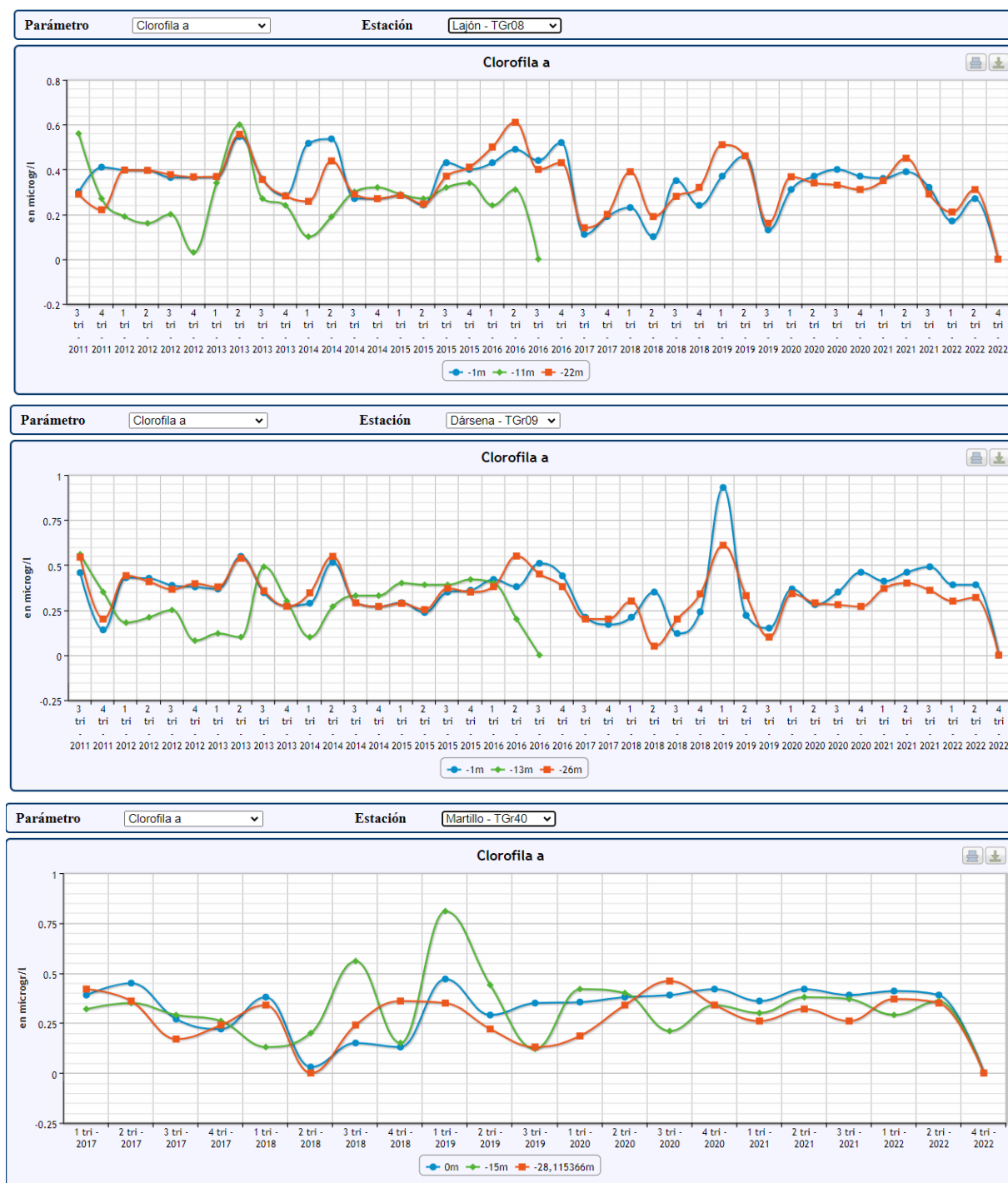


Figura 89. Evolución 2011-2022 de la clorofila *a* en la estación TGr08 Lajón (arriba), TGr09 Dársena (medio) y TGr40 Martillo (abajo). Equivalencia 1 $\mu\text{g/l}$ = 1 mg/m^3 de clorofila A



6.5.2 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 5 estaciones anteriormente mencionadas (TGr08, TGr09, TGr10, TGr14y TGr40). En agosto de 2022 se resolvió la nueva licitación del servicio, siendo adjudicada a la empresa Eurofins Iproma S.L.U, por lo que todos los análisis realizados a partir de agosto de 2022 han sido realizados por esta empresa.

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.

Los muestreos de calidad de agua se realizaron los meses de febrero y mayo de 2022 por la empresa Indrops y los meses de octubre y diciembre de 2022 por Eurofins-Iproma, dentro del contrato adjudicado.

La normativa española de referencia, el *Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental* en su Anexo II.F.2 (Aguas de transición y costeras muy modificadas por la presencia de puertos), hace referencia a los valores límites de parámetros medidos como el NTK, fósforo total (PT), HT o COT (incluido en distintas unidades a las establecidas por el laboratorio) (Figura 90).

ELEMENTO	NOMBRE DEL INDICADOR	ACRÓNIMO
Fitoplancton	P90 de concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)	Chl-a
Condiciones generales	Turbidez (NTU)	Turbidez
	% saturación de oxígeno	% Sat O_2
Condiciones generales: Nutrientes	Amonio ($\mu\text{mol NH}_4/\text{L}$)	Amonio
	Nitratos ($\text{mg NO}_3/\text{L}$)	Nitratos
	Fosfatos ($\text{mg PO}_4/\text{L}$)	Fosfatos
	Índice Fosfatos-Amonios-Nitritos	FAN
Contaminantes específicos	Hidrocarburos totales en superficie (mg/L)	HT
	Nitrógeno Kjeldahl (mg/kg) materia seca, en fracción total de sedimento (<2mm)	NTK
	Fósforo total (mg/kg) materia seca, en fracción total sedimento (<2mm)	PT
	Carbono orgánico total (%) materia seca, en fracción total de sedimento (<2mm)	COT
	Índice de calidad orgánica del sedimento ($\text{ICO}=\text{NTK}+\text{PT}+\text{COT}$)	ICO

Tipos de puertos

AMP-T01	Aguas de transición atlánticas de renovación baja
AMP-T02	Aguas de transición atlánticas de renovación alta
AMP-T03	Aguas costeras atlánticas de renovación baja
AMP-T04	Aguas costeras atlánticas de renovación alta
AMP-T05	Aguas costeras mediterráneas de renovación baja
AMP-T06	Aguas costeras mediterráneas de renovación alta

F.2) PUERTOS: Máximo potencial ecológico y límites de cambio de clase de potencial

TIPOS PUERTOS	INDICADOR	UNIDADES	MÁXIMO POTENCIAL ECOLÓGICO	LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO MEDIDA		
				Bueno o superior/ moderado	moderado/ deficiente	deficiente/ malo
AMP-T01	Chl-a	$\mu\text{g/L}$	140% de la CR del tipo de masa de agua natural más similar	140% del límite bueno/moderado del tipo de masa de agua natural más similar		
AMP-T01	COT	% (sed.)	0,6	4	5,8	
AMP-T01	NTK	mg/Kg (sed.)	300	2100	3600	
AMP-T01	PT	mg/Kg (sed.)	200	800	1200	
AMP-T01	ICO	-	10	6	4	2
AMP-T02	Chl-a	$\mu\text{g/L}$	120% de la CR del tipo de masa de agua natural más similar	120% del límite bueno/moderado del tipo de masa de agua natural más similar		
AMP-T02	COT	% (sed.)	0,6	4	5,8	
AMP-T02	NTK	mg/Kg (sed.)	300	2100	3600	
AMP-T02	PT	mg/Kg (sed.)	200	800	1200	
AMP-T02	ICO	-	10	6	4	2

Figura 90 Extracto del Anexo II.F.2. del RD 817/2015. Tipo de aguas: puertos



ELEMENTO	NOMBRE DEL INDICADOR	ACRÓNIMO
Nutrientes	Amonio ($\mu\text{mol NH}_4/\text{L}$)	Amonio
	Nitritos ($\mu\text{mol NO}_2/\text{L}$)	Nitritos
	Nitratos ($\mu\text{mol NO}_3/\text{L}$)	Nitratos
	Fosfatos ($\mu\text{mol PO}_4/\text{L}$)	Fosfatos
	Índice Fosfatos-Amonios-Nitritos	FAN

*Campo próximo: de 0 a 200m de la costa; Campo medio: a más de 200m de la costa.

TIPOS DE AGUAS COSTERAS

AC-T01	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, someras arenosas
AC-T02	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, someras rocosas
AC-T03	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, profundas arenosas
AC-T04	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, profundas rocosas
AC-T05	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, someras arenosas
AC-T06	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, someras mixtas
AC-T07	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, profundas arenosas
AC-T08	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, profundas rocosas
AC-T09	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial alta, someras arenosas
AC-T10	Aguas costeras mediterráneas influenciadas por aguas atlánticas
AC-T11	Laguna costera del mar Menor
AC-T12	Aguas costeras atlánticas del cantábrico oriental expuestas sin afloramiento
AC-T13	Aguas costeras atlánticas del golfo de Cádiz
AC-T14	Aguas costeras atlánticas del cantábrico occidental expuestas con afloramiento bajo
AC-T15	Aguas costeras atlánticas expuestas con afloramiento medio
AC-T16	Aguas costeras atlánticas semi-expuestas o protegidas con afloramiento intenso
AC-T17	Aguas costeras atlánticas expuestas con afloramiento intenso
AC-T18	Aguas costeras atlánticas semi-expuestas o protegidas con afloramiento medio
AC-T19	Aguas costeras atlánticas influenciadas por aportes fluviales
AC-T20	Aguas costeras atlánticas influenciada por aguas mediterráneas
AC-T21	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, someras rocosas
AC-T22	Aguas costeras rocosas profundas*
AC-T23	Aguas costeras sedimentarias profundas*
AC-T24	Aguas costeras sedimentarias someras*
AC-T25	Tipo I Islas Canarias
AC-T26	Tipo II Islas Canarias
AC-T27	Tipo III Islas Canarias
AC-T28	Tipo IV Islas Canarias
AC-T29	Tipo V Islas Canarias
AC-T30	Aguas profundas de la demarcación Illes Balears*

* Tipos mediterráneos insulares

Figura 91 Extracto del Anexo II.E.1 y E.2 del RD 817/2015. Tipo de aguas: aguas costeras

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 4 muestreos realizados en el 2022. 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 92).



Figura 92 Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla y desde 2011 hasta 2022, inclusive



La materia en suspensión en 2022 presenta valores que abarcan desde 0 mg/l a 33 mg/l. Se observa un pequeño repunte en los valores.

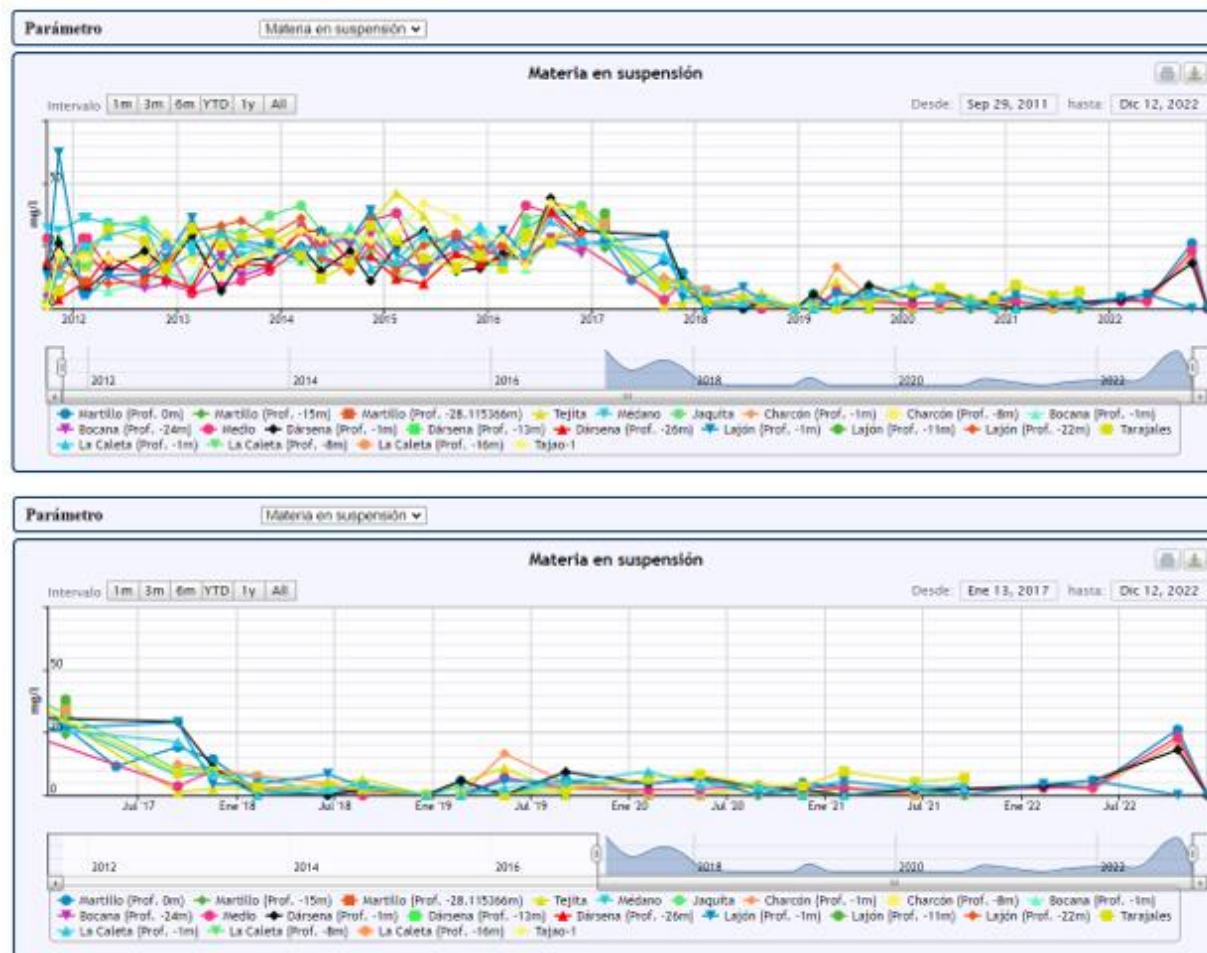


Figura 93. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2022 según las estaciones. Abajo: datos del 2017 a 2022

Amonio: este compuesto se ha mantenido ausente ($< 0,1$ mg/l) en todos los muestreos llevados a cabo durante el año, a excepción de la medición de diciembre en la estación TGr08 Lajón con un valor de 0,14 mg/l (Figura 94).

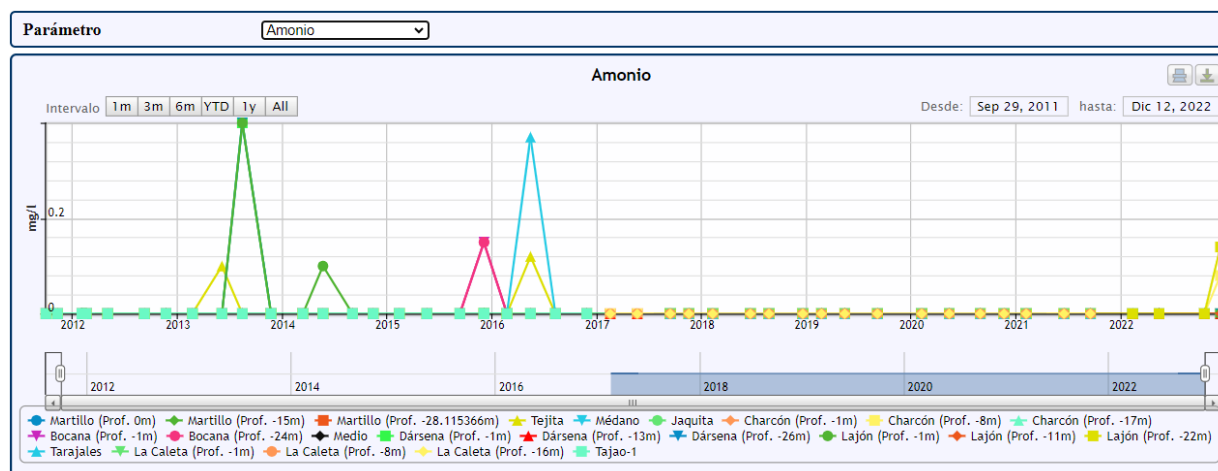


Figura 94. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2022)

Carbono orgánico total: las analíticas de los dos muestreos llevados a cabo en el primer semestre fueron realizadas por Indrops. En todas las estaciones dicho parámetro ha estado por debajo del límite de detección de 0,10 mg/l. Los dos muestreos del segundo semestre fueron analizados por Eurofins-Iproma. En este segundo semestre aparecen valores ligeramente superiores en algunas estaciones (máxima de 1,5 mg/l en la estación TGr08 Lajón). Tal y como pasaba con el amonio ha habido un cambio en los límites de detección, se ha pasado de tener límite con Indrops de 0,10 mg/l a 1 mg/l con Iproma. De igual manera los valores se encuentran muy por debajo de los obtenidos en los años 2012-2016. (Figura 95).

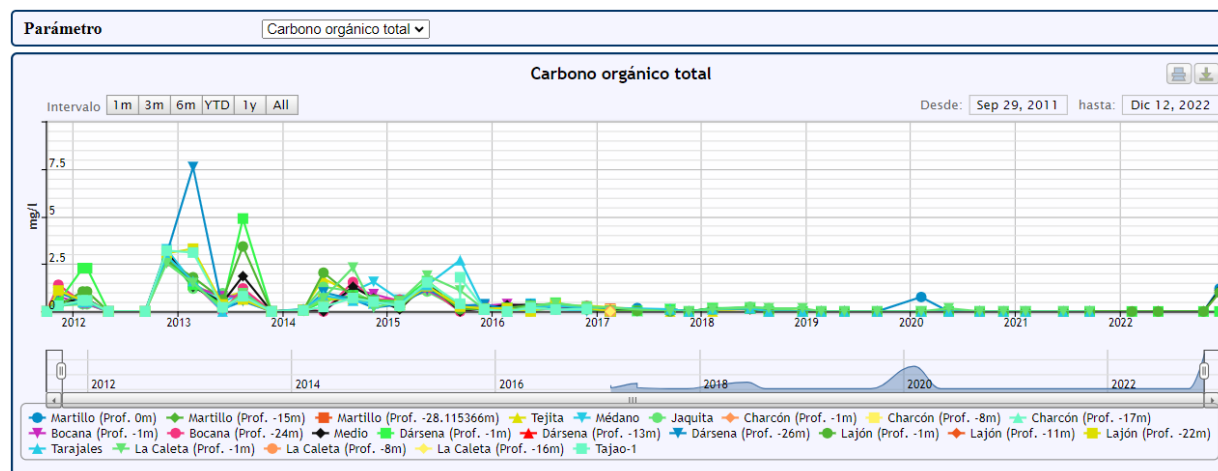


Figura 95. Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2022

Aceites y grasas: siguiendo la tendencia de años anteriores, los valores para todos los muestreos del año 2022 están por debajo de los límites de detección existentes. Hasta agosto era de 2022 de 5 mg/l y actualmente para este parámetro es más restrictivo, de 0,20 mg/l (Figura 96).

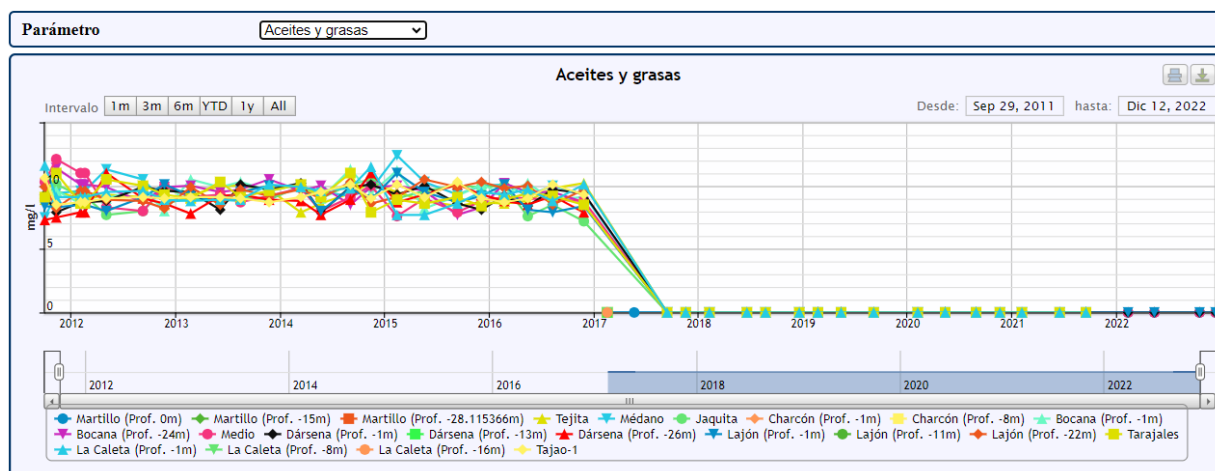


Figura 96. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2022)

Detergentes: en 2022 las concentraciones de detergentes son inferiores al límite de detección de 0,10 mg/l, por lo que se continúa con la tendencia de años anteriores (Figura 97).

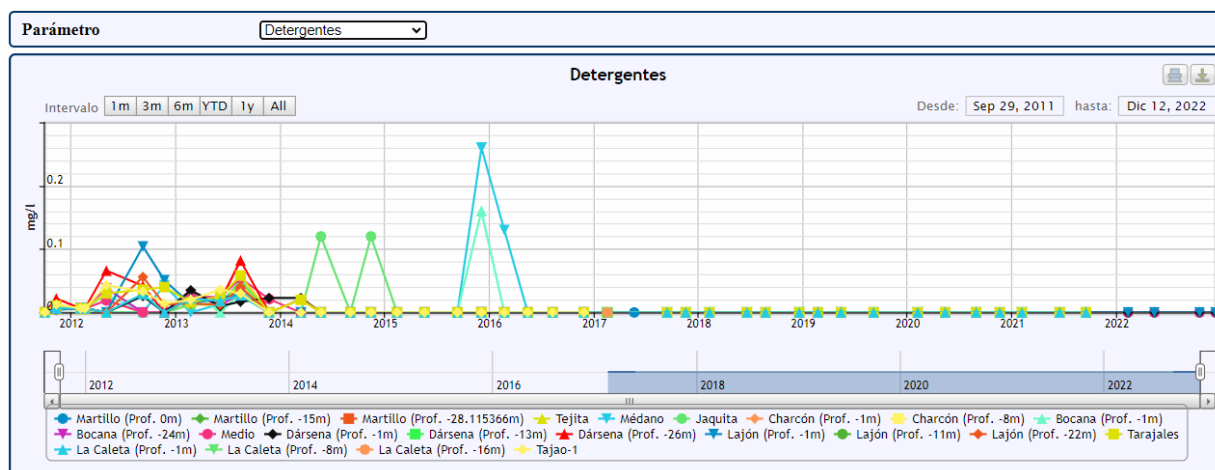


Figura 97. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2022)

Hidrocarburos totales: el valor máximo de referencia de hidrocarburos totales (2005) es de 870 $\mu\text{g/l}$. Dicho valor máximo no se ha alcanzado en ninguna estación desde entonces, incluido el presente ejercicio (2012-2022), con registros inferiores a $< 100 \mu\text{g/l}$.

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 2022. El valor máximo en 2022 es de 10,30 $\mu\text{g/l}$ en la estación Lajón (TGr08) (Figura 98 y Figura 99). El valor promedio para el 2020 fue de 10,95 $\mu\text{g/l}$, en el 2021 fue de 10,03 $\mu\text{g/l}$ y valor máximo 19,90 $\mu\text{g/l}$. Para el 2022 el valor promedio es de 2,01 $\mu\text{g/l}$.

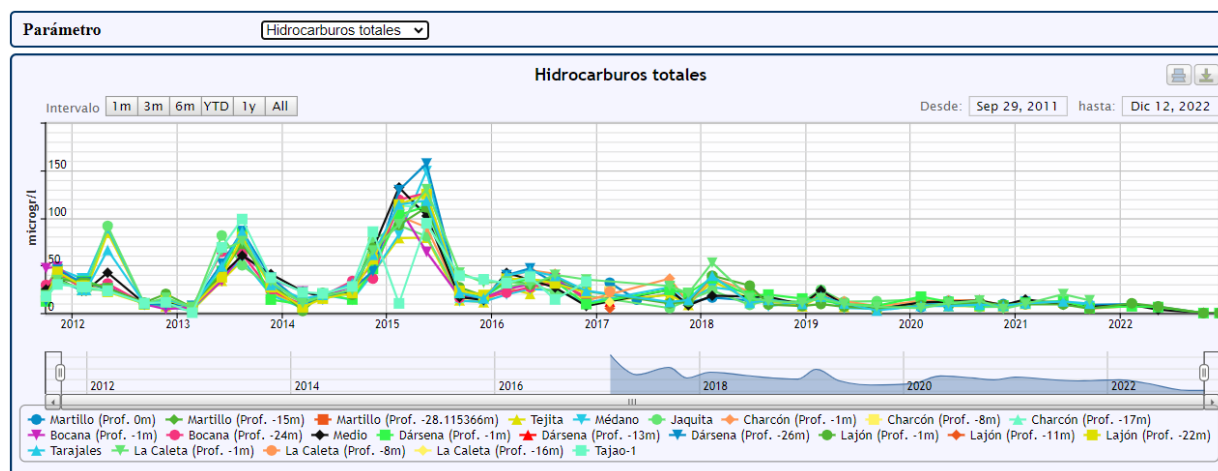


Figura 98. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2022 en la costa de Granadilla

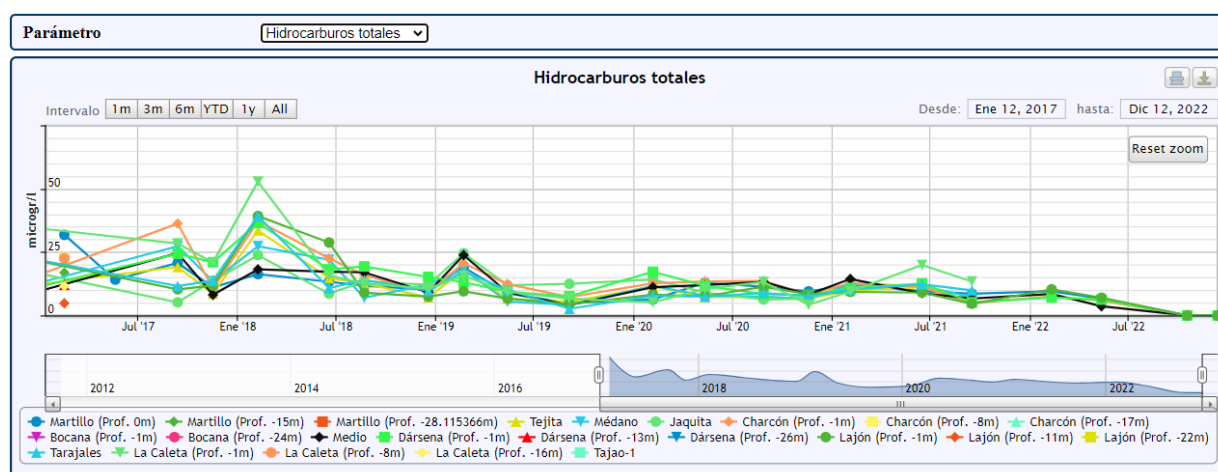


Figura 99. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017 - 2022 a lo largo de la costa de Granadilla

Metales pesados (As, Cr, Zn, Cd, Cu, Pb, Ni), tolueno, PAHs, benceno y TBT: los valores de los metales: cromo, cobre, cadmio, plomo y níquel están por debajo del límite de detección.

Como ya se ha indicado, los límites de detección del instrumental han cambiado debido al cambio de laboratorio contratista. Los muestreos del primer semestre fueron llevados a cabo por el ganador de la anterior licitación (laboratorio Indrops), con límites de detección para los metales de $<0,1 \mu\text{g/l}$, mientras que para el segundo semestre, con el nuevo contratista (Eurofins-Iproma), los límites de detección son distintos dependiendo del metal, para el Cr y el Cu es de $<5,0 \mu\text{g/l}$, para el As $<7,5 \mu\text{g/l}$ y para el Zn $<9 \mu\text{g/l}$.

En referencia al Pb, para el año 2022, todos los datos obtenidos están por debajo del límite de detección ($<0,5 \mu\text{g/l}$). Las pequeñas concentraciones que aparecieron en la muestra de agua superficial de la estación TGr40 en el año 2021 ($1,7 \mu\text{g/l}$) y en el año 2020 ($1,7 \mu\text{g/l}$), parecen casos aislados, que habrá que continuar monitorizando, más ahora que se ha concedido una autorización administrativa para la instalación de un astillero en el contradique.



Los valores del As continúan con la tendencia iniciada en 2020. Desde que se obtienen registros de este parámetro (2017) únicamente se han obtenido datos por encima del límite de detección en estos últimos años (2020, 2021 y 2022). Para el 2021 se obtiene máximos de 0,29 µg/l y media anual de 0,20 µg/l. En 2022 se registran máximos de 0,26 µg/l y media anual de 0,14 µg/l. De igual forma que con el plomo, 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, siendo de 50 µgr/l, valor no superando en ninguno de estos tres últimos años.

En el caso del Zn es la primera vez en todo el histórico de muestreos, que se aprecia concentraciones por encima del límite de detección. Este hecho coincide con el cambio de laboratorio y por tanto, con el cambio en los límites de detección. Aparecen valores por encima del límite de detección de <9 µg/l en el muestreo llevado a cabo el 07/10/2022, en las estaciones ubicadas en el interior del puerto: TGr40 (11µg/l) y TGr09 (9µg/l) y en la estación inmediatamente situada al sur (TGr10, 10µg/l). El RD 871/2015, de 11 de septiembre, recoge como valor límite NCA-MA (Normas de Calidad Ambiental - Media Anual) para aguas superficiales del parámetro Zn 30 µgr/l, valor no superando en ningún muestreo realizado hasta ahora.

APARTADO A: NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NCA)

MA: media anual.

Unidad: µg/L

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

¹ CAS: Chemical Abstracts Service

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

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

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

Figura 100. Extracción Anexo V.A del RD 817/2015. Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes



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

Las Figura 101, Figura 102 y Figura 103 resumen la evolución temporal de todos los parámetros en la estación TGr09 situada en la dársena del puerto, sirviendo de resumen general.

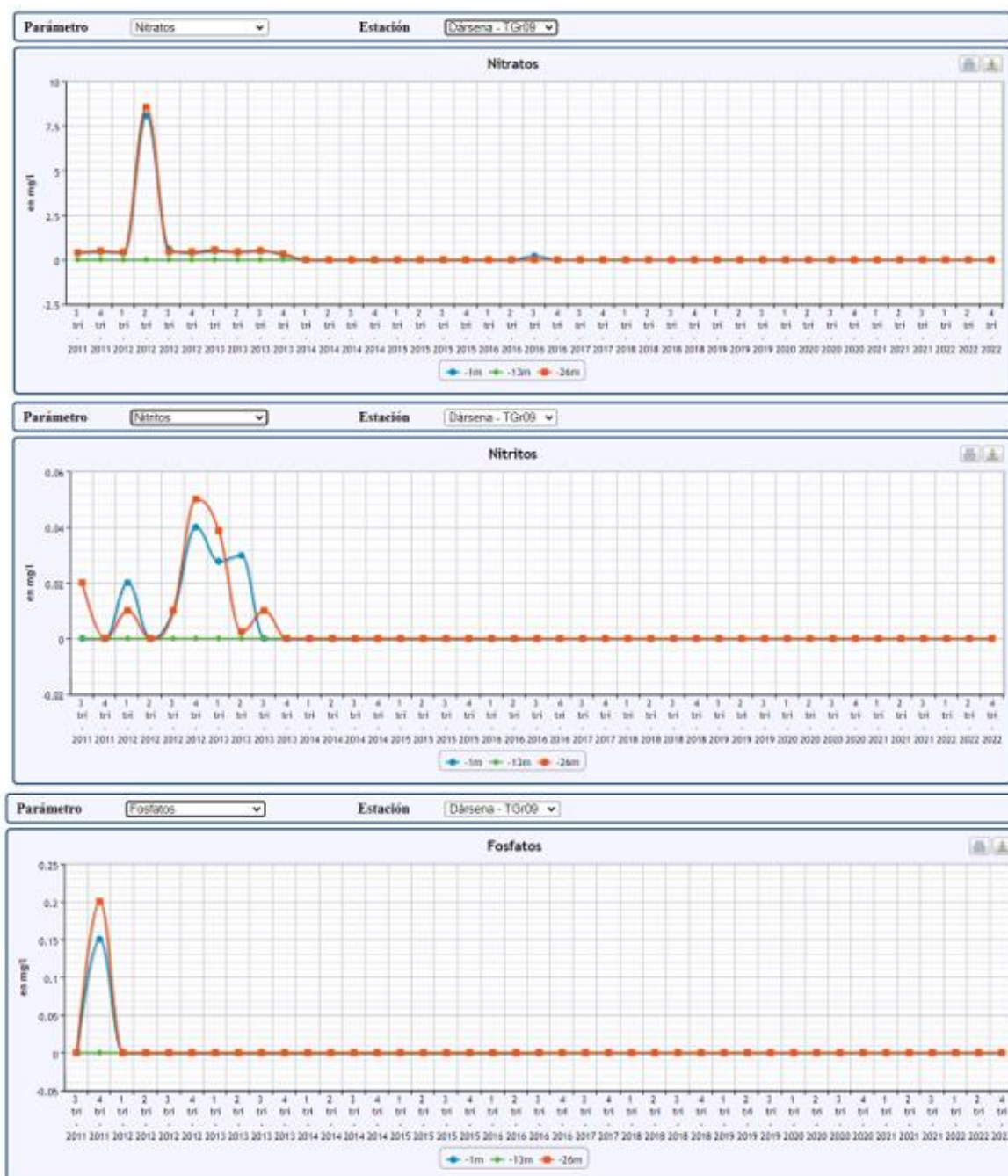


Figura 101 Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (I)

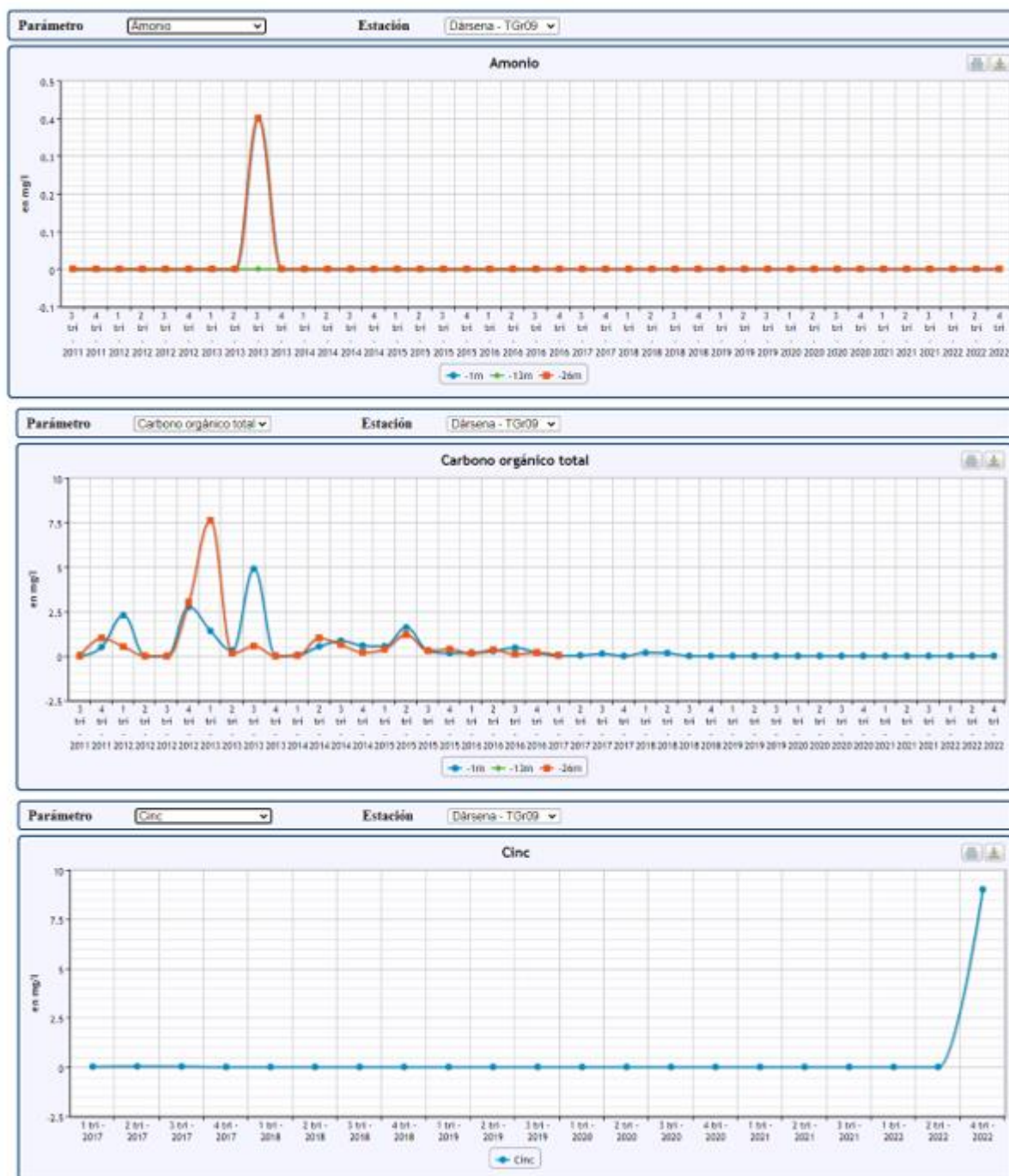


Figura 102 Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (II)



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 con periodicidad mensual. A partir de enero de 2022, con la entrada en vigor del nuevo PVA, se cambia la ubicación de estas dos estaciones, estando más próximas a las zonas de atraque de las embarcaciones. Las dos estaciones de muestreo de microbiología desde este año 2022 son: la TGr50, ubicada en el martillo del dique de abrigo del puerto y la TGr51, en el pantalán al inicio de la primera alineación del dique de abrigo. Se mantiene el muestreo en todos los meses del año.

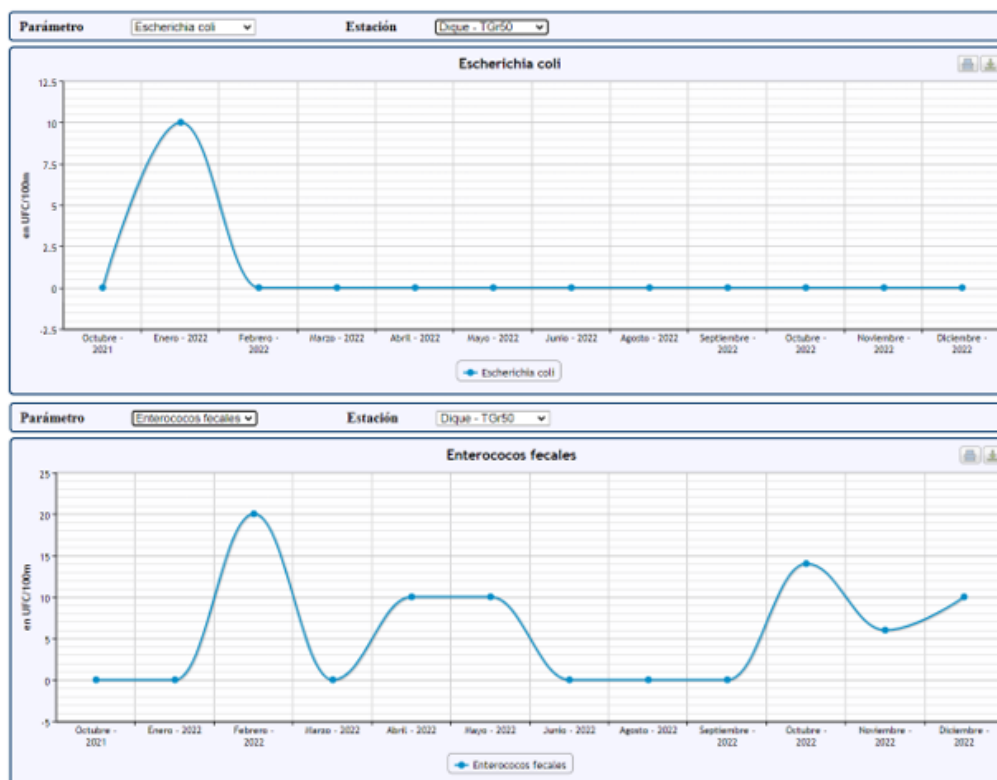


Figura 104. Evolución de concentraciones de *Escherichia coli* y de *Enterococos fecales* en la TGr50-Dique.

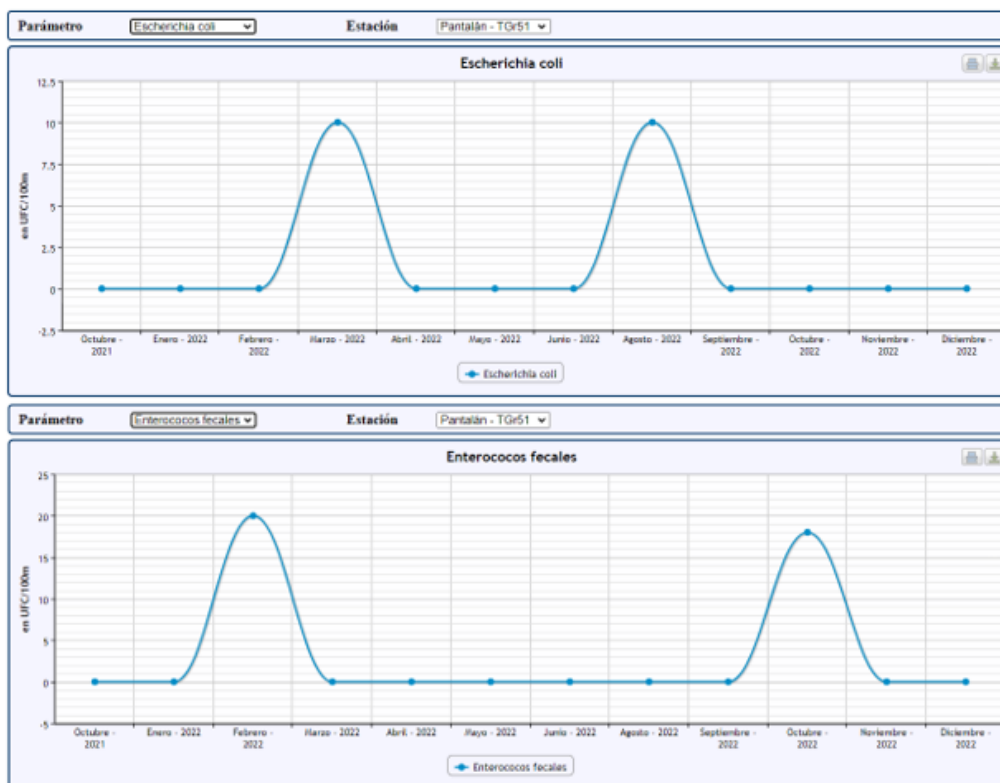


Figura 105 Evolución de concentraciones de *E. Coli* y de *Enterococos fecales* en la TGr51-Pantalán



En aguas marinas libres y no contaminadas lo normal es la ausencia total de Enterobacilos, o su presencia en 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 noviembre de 2022 se registra un valor muy alto, mayor de 2000 UFC/100 ml en la TGr51 Pantalán. La causa puede ser debida a que atracan pequeñas embarcaciones de manera puntual, y hagan una gestión inadecuada de aguas fecales. Aunque en dicha zona está prohibido el baño, al ser aguas portuarias, las mediciones posteriores denotan una vuelta a la normalidad.

6.5.4 Calidad de los sedimentos

Con la entrada del nuevo plan de vigilancia en fase operativa II (2022-2026) la medición de los parámetros se hace en las mismas estaciones escogidas para la calidad de las aguas (TGr08, TGr09, TGr10, TGr14 y TGr40). Se analizan los mismos parámetros y con iguales protocolos que en la primera fase operativa, pero la periodicidad de dichos muestreos se realiza semestralmente. Se lleva a cabo un seguimiento de la composición granulométrica y química de los sedimentos, así como de la eventual presencia de contaminantes.

6.5.4.1 Granulometría

Las gráficas expuestas a continuación muestran para 2011 (Figura 106) y 2022 (Figura 107), la clasificación de las estaciones de muestreo según la granulometría dominante. El valor D50 hace referencia al diámetro de las partículas que correspondería al 50% de la muestra, en una gráfica de frecuencias acumuladas.

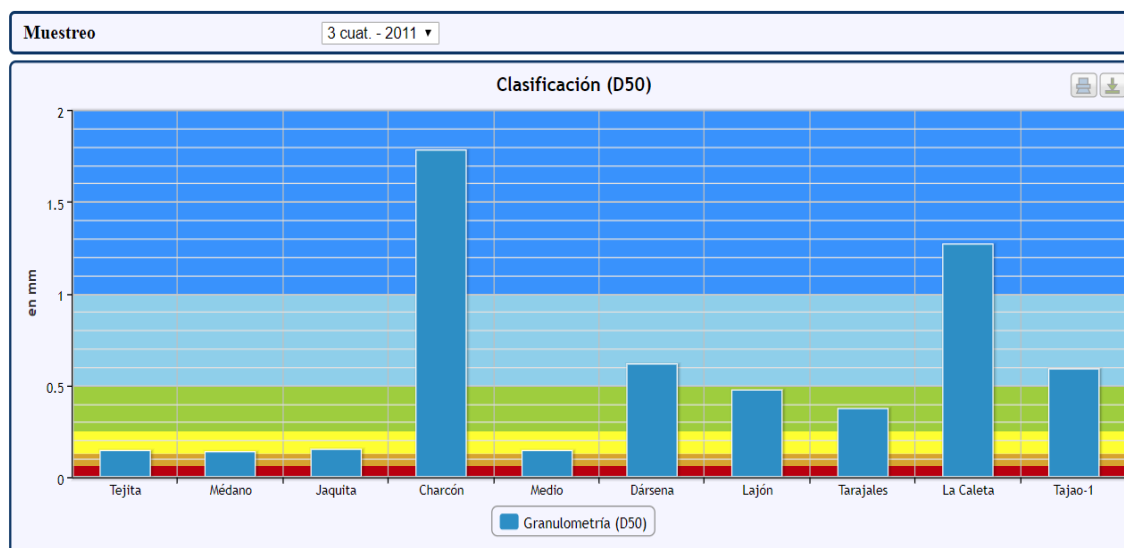


Figura 106. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)



Figura 107. Clasificación D50 de los sedimentos muestreados en 2022. Arriba: 1^{er} semestre. Abajo: 2^o semestre.

La Figura 108 muestra la composición granulométrica de 100 gramos de sedimentos en los dos muestreos llevados a cabo en 2022. Por los fenómenos de la dinámica marina, la granulometría es bastante variable según época del año. Se exponen también los valores de referencia (Figura 109).

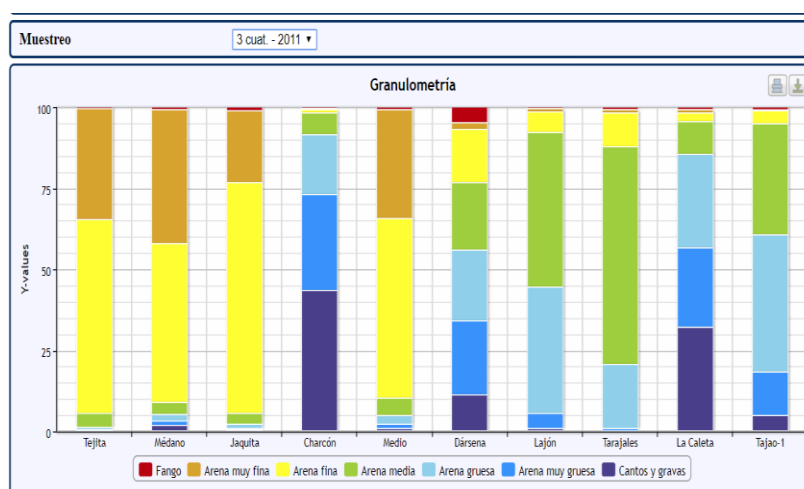


Figura 108. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia)



Figura 109. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2022. Arriba: 1^{er} semestre. Abajo: 2^a semestre.

6.5.4.2 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 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).

En 2022 por regla general, se ha notado un descenso generalizado en todos los parámetros exceptuando el porcentaje de materia orgánica, que se ha visto incrementado en el segundo semestre (coincidiendo con el cambio de laboratorio de analíticas). Así mismo se detecta un pico puntual de fosfatos de 2,90 mg/kg en la estación TGr08 Lajón, que desde 2019 no se había detectado.

El artículo 24.1 del R. D. 817/2015 indica: *Los órganos competentes dispondrán lo necesario para que se lleve a cabo el análisis de la tendencia a largo plazo respecto de las concentraciones de las sustancias prioritarias y otros contaminantes enumeradas en el anexo IV A, propensas a la acumulación en los sedimentos o la biota; para dicho análisis se tendrán en cuenta de modo especial las sustancias número 2, 5, 6, 7, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 26, 28, 30, 34, 35, 36, 37, 43 y 44. El análisis se efectuará mediante el seguimiento realizado en los términos previstos en los artículos 5 y 6 de este real decreto de conformidad con el artículo 92.ter del TRLA.*

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo 92.bis del TRLA, se tomarán medidas destinadas a garantizar que dichas concentraciones no aumenten significativamente ni en los sedimentos ni en la biota.

Tabla 21. Extracto Anexo IV.A RD 817/2015 Normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

N.º	Nº CAS (1)	Nombre de la sustancia (2)	Clase de sustancia (3)	NCA-MA (4) Aguas superficiales continentales (5)	NCA-MA (4) Otras aguas superficiales	NCA-CMA (6) Aguas superficiales continentales (5)	NCA-CMA (6) Otras aguas superficiales	NCA Biota (7)
(1)	15972-60-8	Alacloro.	prioritaria	0,3	0,3	0,7	0,7	
(2) (*)	120-12-7	Antraceno.	peligrosa prioritaria	0,1	0,1	0,4	0,4	
						[0,1]	[0,1]	
(3)	1912-24-9	Atrazina.	prioritaria	0,6	0,6	2,0	2,0	
(4)	71-43-2	Benceno.	prioritaria	10	8	50	50	
(5) (*)	32534-81-9	Difeniléteres bromados (8).	peligrosa prioritaria(9)	0,0005	0,0002	no aplicable	no aplicable	
						[0,14]	[0,014]	[0,0085]
(6)	7440-43-9	Cadmio y sus compuestos (en función de las clases de dureza del agua) (10).	peligrosa prioritaria	≤ 0,08 (Clase 1) 0,08 (Clase 2) 0,09 (Clase 3) 0,15 (Clase 4) 0,25 (Clase 5)	0,2	≤ 0,45 (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5)	≤ 0,45 (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5)	
(6 bis)	56-23-5	Tetracloruro de carbono.	otro contaminante	12	12	No aplicable	No aplicable	
(7)	85535-84-8	Cloroalcanos C10-13 (11).	peligrosa prioritaria	0,4	0,4	1,4	1,4	
(8)	470-90-6	Clorfenirifos.	prioritaria	0,1	0,1	0,3	0,3	
(9)	2921-88-2	Clorpirifos (Clorpirifos- etilo).	prioritaria	0,03	0,03	0,1	0,1	
(9 bis)	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	Plaguicidas de tipo ciclodieno: Aldrina Dieldrina Endrina Isodrina.	otro contaminante	Σ = 0,01	Σ = 0,005	No aplicable	No aplicable	
(9 ter)	No aplicable	DDT total (12).	otro contaminante	0,025	0,025	No aplicable	No aplicable	
	50-29-3	p.p.-DDT.		0,01	0,01	No aplicable	No aplicable	
(10)	107-06-2	1, 2-Dicloroetano.	prioritaria	10	10	No aplicable	No aplicable	
(11)	75-09-2	Diclorometano.	prioritaria	20	20	No aplicable	No aplicable	
(12)	117-81-7	Ftalato de di(2-etilhexilo) (DEHP).	peligrosa prioritaria	1,3	1,3	No aplicable	No aplicable	
(13)	330-54-1	Diurón.	prioritaria	0,2	0,2	1,8	1,8	
(14)	115-29-7	Endosulfán.	peligrosa prioritaria	0,005	0,0005	0,01	0,004	
(15) (*)	206-44-0	Fluoranteno.	prioritaria	0,1	0,1	1	1	
				[0,0063]	[0,0063]	[0,12]	[0,12]	[30]
(16)	118-74-1	Hexaclorobenceno.	peligrosa prioritaria			0,05	0,05	10
(17)	87-68-3	Hexaclorobutadieno.	peligrosa prioritaria			0,6	0,6	55
(18)	608-73-1	Hexaclorociclohexano.	peligrosa prioritaria	0,02	0,002	0,04	0,02	
(19)	34123-59-6	Isoproturón.	prioritaria	0,3	0,3	1,0	1,0	
(20) (*)	7439-92-1	Plomo y sus compuestos.	prioritaria	7,2	7,2	No aplicable	No aplicable	
				[1,2](13)	[1,3]	[14]	[14]	
(21)	7439-97-6	Mercurio y sus compuestos.	peligrosa prioritaria	2,4	1,2	No aplicable	No aplicable	20
(22) (*)	91-20-3	Naftaleno.	prioritaria	[2]	[2]	[130]	[130]	
(23) (*)	7440-02-0	Níquel y sus compuestos.	prioritaria	20	20	No aplicable	No aplicable	
				[4] (13)	[8,6]	[34]	[34]	
(24)	84852-15-3	Nonilfenoles (4-Nonilfenol).	peligrosa prioritaria (14)	0,3	0,3	2,0	2,0	



N.º	Nº CAS (1)	Nombre de la sustancia (2)	Clase de sustancia (3)	NCA-MA (4) Aguas superficiales continentales (5)	NCA-MA (4) Otras aguas superficiales	NCA-CMA (6) Aguas superficiales continentales (5)	NCA-CMA (6) Otras aguas superficiales	NCA Biota (7)
(25)	140-66-9	Ocillifenoles ((4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-feno)).	prioritaria (15)	0,1	0,01	No aplicable	No aplicable	
(26)	608-93-5	Pentaclorobenceno.	peligrosa prioritaria	0,007	0,0007	No aplicable	No aplicable	
(27)	87-86-5	Pentaclorofenol.	prioritaria	0,4	0,4	1	1	
(28) (*)	No aplicable	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (16).	peligrosa prioritaria (17)	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	
	50-32-8	Benzo(a)pireno.		0,05	0,05	0,1	0,1	
				[1,7 × 10-4]	[1,7 × 10-4]	[0,27]	[0,027]	[5]
	205-99-2	Benzo(b) fluoranteno.		Σ = 0,03	Σ = 0,03	No aplicable	No aplicable	[Ver nota 16]
						[0,017]	[0,017]	
	207-08-9	Benzo(k) fluoranteno.		[Ver nota 16]	[Ver nota 16]	No aplicable	No aplicable	[Ver nota 16]
						[0,017]	[0,017]	
	191-24-2	Benzo(g,h,i)perileno.		Σ = 0,002	Σ = 0,002	No aplicable	No aplicable	[Ver nota 16]
						[8,2 × 10-3]	[8,2 × 10-4]	
	193-39-5	Indeno(1,2,3-cd)pireno.		[Ver nota 16]	[Ver nota 16]	No aplicable	No aplicable	[Ver nota 16]
(29)	122-34-9	Simazina.	prioritaria	1	1	4	4	
(29 bis)	127-18-4	Tetracloroetileno.	otro contaminante	10	10	No aplicable	No aplicable	
(29 ter)	79-01-6	Tricloroetileno.	otro contaminante	10	10	No aplicable	No aplicable	
(30)	36643-28-4	Compuestos de tributilestaño (Cation de tributilestaño).	peligrosa prioritaria (18)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	
(31)	12002-48-1	Triclorobencenos.	prioritaria	0,4	0,4	No aplicable	No aplicable	
(32)	67-66-3	Triclorometano.	prioritaria	2,5	2,5	No aplicable	No aplicable	
(33)	1582-09-8	Trifluralina.	peligrosa prioritaria	0,03	0,03	No aplicable	No aplicable	
(34) (**)	115-32-2	Dicofol.	peligrosa prioritaria	1,3 × 10-3	3,2 × 10-5	No aplicable (19)	No aplicable (19)	33
(35) (**)	1763-23-1	Ácido perfluoro-octanosulfónico y sus derivados (PFOS).	peligrosa prioritaria	6,5 × 10-4	1,3 × 10-4	36	7,2	9,1
(36) (**)	124495-18-7	Quinoxileno.	peligrosa prioritaria	0,15	0,015	2,7	0,54	
(37) (**)	Véase Nota (20)	Dioxinas y compuestos similares.	peligrosa prioritaria			No aplicable	No aplicable	Suma de PCDD +PCDF +PCB-DL 0,0065 µg.kg-1 TEQ (21)
(38) (**)	74070-46-5	Acidofeno.	prioritaria	0,12	0,012	0,12	0,012	
(39) (**)	42576-02-3	Bifenox.	prioritaria	0,012	0,0012	0,04	0,004	
(40) (**)	28159-98-0	Cibutrina.	prioritaria	0,0025	0,0025	0,016	0,016	
(41) (**)	52315-07-8	Cipermetrina.	prioritaria (22)	8 × 10-5	8 × 10-6	6 × 10-4	6 × 10-5	
(42) (**)	62-73-7	Diclorvos.	prioritaria	6 × 10-4	6 × 10-5	7 × 10-4	7 × 10-5	
(43) (**)	Véase Nota (23)	Hexabromociclododecano (HBCDD).	peligrosa prioritaria	0,0016	0,0008	0,5	0,05	167
(44) (**)	76-44-8/ 1024-57-3	Heptacloro y epóxido de heptacloro.	peligrosa prioritaria	2 × 10-7	1 × 10-8	3 × 10-4	3 × 10-5	6,7 × 10-3
(45) (**)	886-50-0	Terbutrina.	prioritaria	0,065	0,0065	0,34	0,034	

Tabla 22. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2022. Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior

Sedimentos	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Componentes y nutrientes	2022	2022	2022	2022	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,12	0,72	2,74	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,0	1,66	5,0	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	0	1,85	4,51	-
Fosfatos	mg/kg	0	0,51	2,90	0,38 - 0,86
Nitrógeno total	mg/kg	0	69	297	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	0,10	57,17	164,40	
Contaminantes	2021	2021	2021	2021	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0	2,61	5,93	<1,5
Componentes y nutrientes	2021	2021	2021	2021	2010
Partículas D ₅₀	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	
Contaminantes		2021	2021	2021	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	3,80	5,69	7,76	<1,5
Componentes y nutrientes		2020	2020	2020	2010
Partículas D ₅₀	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	
Contaminantes		2020	2020	2020	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	3,36	3,98	5,13	<1,5
Componentes y nutrientes		2019	2019	2019	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,20	0,38	0,93	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,50	1,01	2,78	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	2,89	5,87	16,13	-
Fosfatos	mg/kg	0	1,65	24,50	0,38 - 0,86
Nitrógeno total	mg/kg	0	10,75	97	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	34,06	574,99	1.962,37	
Contaminantes		2019	2019	2019	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	1,20	2,42	3,51	<1,5
Componentes y nutrientes		2018	2018	2018	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,13	0,34	1,19	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,53	1,07	2,69	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	3,07	6,19	15,60	-
Fosfatos	mg/kg	0	0,78	5,25	0,38 - 0,86
Nitrógeno total	mg/kg	38	155,12	329	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	95,90	391,09	1.180,00	



Contaminantes	2018	2018	2018	2018	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,71	0,98	1,28	<1,5
Componentes y nutrientes	2017	2017	2017	2017	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,11	0,39	2,36	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,12	0,97	1,90	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	0,70	5,65	11,02	-
Fosfatos	mg/kg	0	2,51	11,41	0,38 - 0,86
Nitrógeno total	mg/kg	41	250,64	1.355,00	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	33,80	106,94	164,00	
Contaminantes	2017	2017	2017	2017	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,71	2,42	7,49	<1
Componentes y nutrientes	2016	2016	2016	2016	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,13	0,36	1,62	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,69	0,89	1,05	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	4,0	5,19	6,09	-
Fosfatos	mg/kg	0,38	4,40	24,90	0,38 - 0,86
Nitrógeno total	mg/kg	6	125,39	395	<1,5
Contaminantes	2016	2016	2016	2016	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,37	0,81	1,55	<1
Componentes y nutrientes	2015	2015	2015	2015	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,14	0,50	3,59	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,58	0,86	1,30	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	3,36	4,97	7,54	-
Fosfatos	mg/kg	0	1,87	15,20	0,38 - 0,86
Nitrógeno total	mg/kg	13	131,36	309	<1,5
Contaminantes	2015	2015	2015	2015	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01

MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,23	0,90	1,73	<1

Materia orgánica y carbono orgánico total (COT): en el segundo semestre de 2022 se han detectado valores máximos históricos en tres de las 5 estaciones: TGr09 Dársena (5 %), TGr14 Charcón (3,7 %) y TGr40 Martillo (4,1%). Se estará pendiente de la evolución de dichos valores, así como a la determinación de su posible causa. Los valores de COT, sin embargo, manifiestan un ligero descenso.

Tabla 23. 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	2022
Valor máximo	1,71	1,43	1,02	1,02	1,30	1,05	1,90	2,69	2,78	1,22	2,67	5,00
Valor mínimo	0,05	0,11	0,19	0,52	0,58	0,69	0,12	0,53	0,50	0,26	0,08	0,00
Media	0,39	0,56	0,77	0,88	0,86	0,89	0,97	1,07	1,01	0,54	0,41	1,66

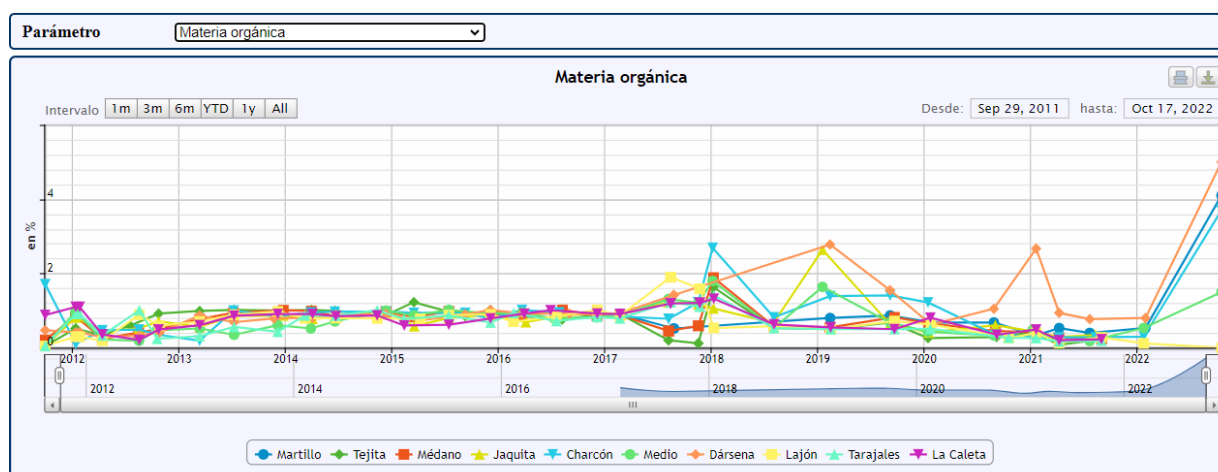


Figura 110. Variación temporal (2011-2022) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de Granadilla

Hidrocarburos totales: en el primer semestre de 2022 la estabilización de los valores prosigue, pero a diferencia del año anterior, los valores obtenidos no superan los de 2017. Vuelve a ser necesario indicar que, a partir del segundo semestre, al cambiar de laboratorio de análisis de muestras, se produce un cambio en el valor límite de detección, siendo actualmente < 50 mg/kg (anteriormente era de 1 mg/kg (Figura 111 y Figura 112)).

Tabla 24. 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	2022
Valor máximo	1.057,60	235,10	1,75	1,95	1,73	1,55	7,49	1,28	3,51	5,13	7,76	5,93
Valor mínimo	37,70	0,10	0,30	0,40	0,23	0,37	0,71	0,71	1,20	3,36	3,80	0,00
Media	340,69	35,37	0,72	0,98	0,90	0,81	2,42	0,98	2,42	3,98	5,69	2,61

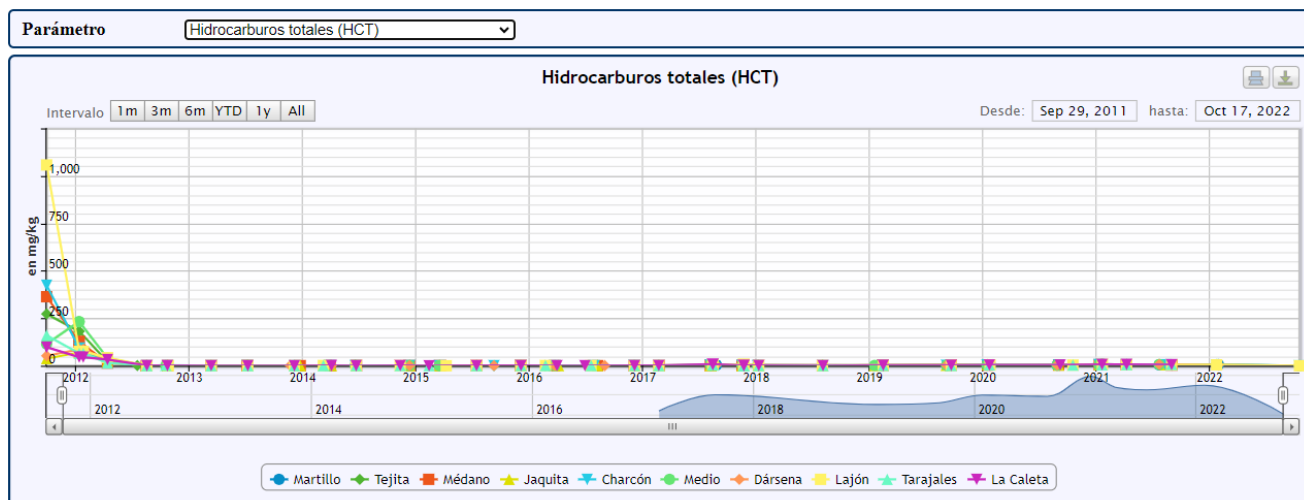


Figura 111. Variación temporal (2011-2022) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

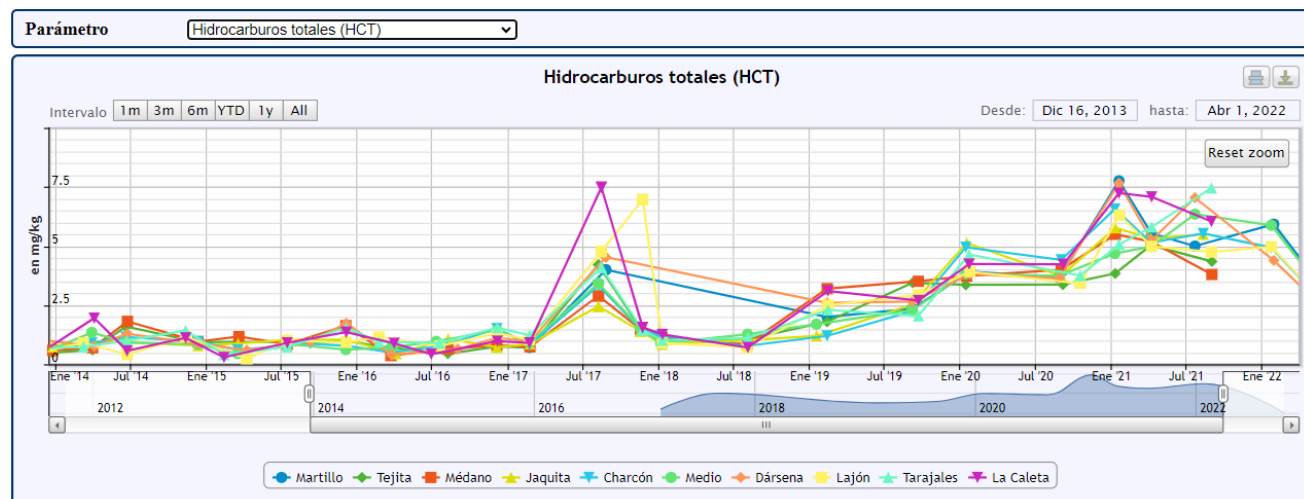


Figura 112. Variación temporal (2014-2022) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

Nitrógeno total: en 2020 se denotó un ligero aumento respecto al año anterior. Los valores máximos de 2017 fueron obtenidos en las dos estaciones de dentro del puerto (TGr09 y TGr40). Durante 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 obtuvieron en estas dos mismas estaciones valores de 44 y 69 mg/kg (TGr09) y de 38 y 11 mg/kg par la TGr40. En 2021 se alcanzan nuevamente valores elevados, similares a los obtenidos en años anteriores al 2018. En 2022 se han reducido los valores nuevamente. El valor más elevado obtenido en este ejercicio es de 297 mg/kg, en la estación TGr40 Martillo.

Tabla 25. 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	2022
Valor máximo	392,00	523,80	572,40	1299,20	309,00	395,00	1355,00	329,00	97,00	83,00	418,00	297,00
Valor mínimo	56,00	0	0	0	13,00	6,00	41,00	38,00	0	0	14,00	0,050
Media	193,20	145,94	200,55	171,70	131,36	125,39	250,64	155,12	10,75	37,90	130,07	69,07

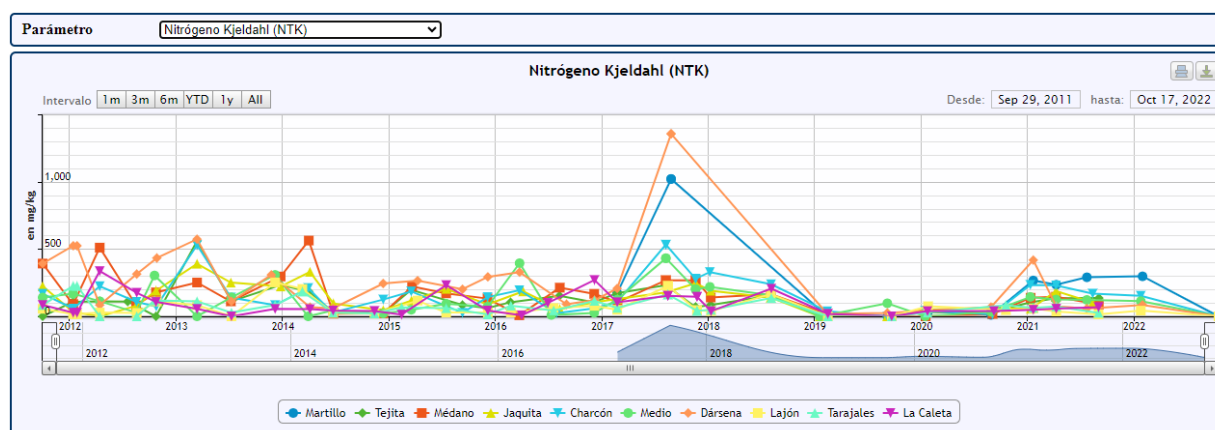


Figura 113. Variación temporal (2011-2022) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla

Fósforo total: en 2022 se continúa con la tendencia de años anteriores, con descenso en los valores con respecto a 2017, 2018 y 2019. Destaca la homogeneidad en los valores de todas las estaciones, en contraste con años anteriores (Tabla 26).

Tabla 26. 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	2022
Valor máximo	164,00	1180,00	1962,37	240,70	376,10	164,40
Valor mínimo	33,80	95,90	34,06	28,50	11,80	0,10
Media	164,00	391,09	574,99	125,54	144,92	57,17

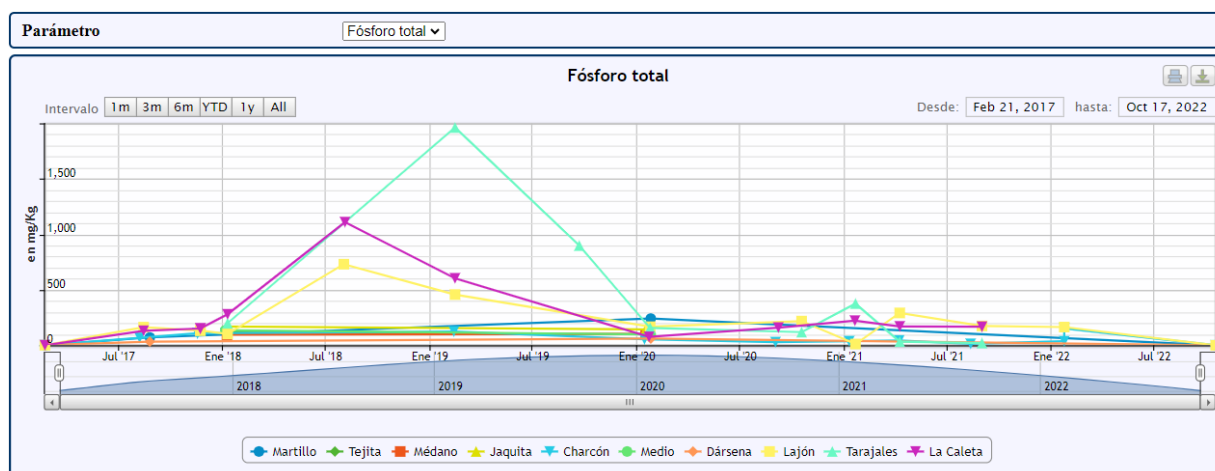


Figura 114. Variación temporal (2011-2022) del fósforo total en las estaciones en Granadilla

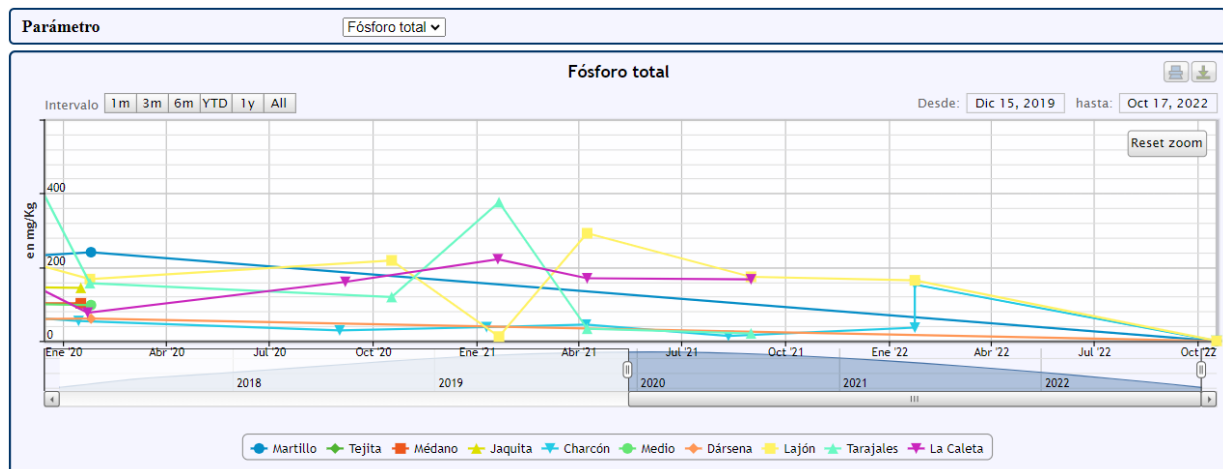


Figura 115. Variación temporal (2020-2022) del fósforo total en las estaciones en Granadilla

Fosfatos: de la misma forma que el fósforo total, se continúa tendencia descendente respecto a años anteriores. Únicamente cabe destacar un valor alto en la estación TGr08-Lajón de 2,90 mg/kg. Exceptuando este dato, los valores rondan los 0,40 mg/kg.

Tabla 27. 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	2022
Valor máximo	4,30	9,70	10,20	8,34	15,20	24,90	11,41	5,25	24,50	0,23	0,48	2,90
Valor mínimo	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0	0,05	0,03	0
Media	1,55	1,52	3,16	1,82	1,87	4,40	2,51	0,78	1,65	0,12	0,15	0,51

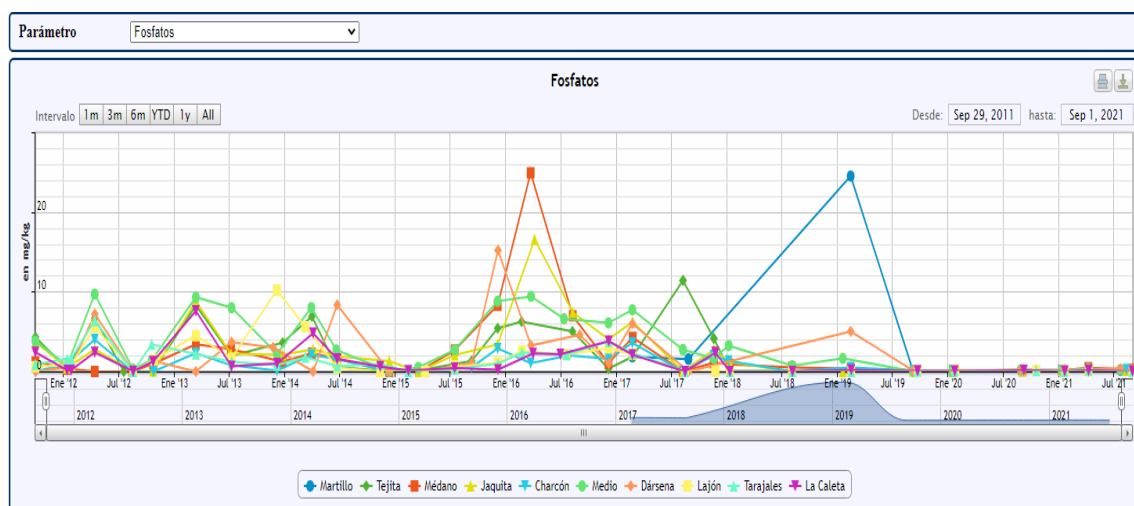


Figura 116. Variación temporal (2011-2021) de fosfatos en sedimentos Granadilla

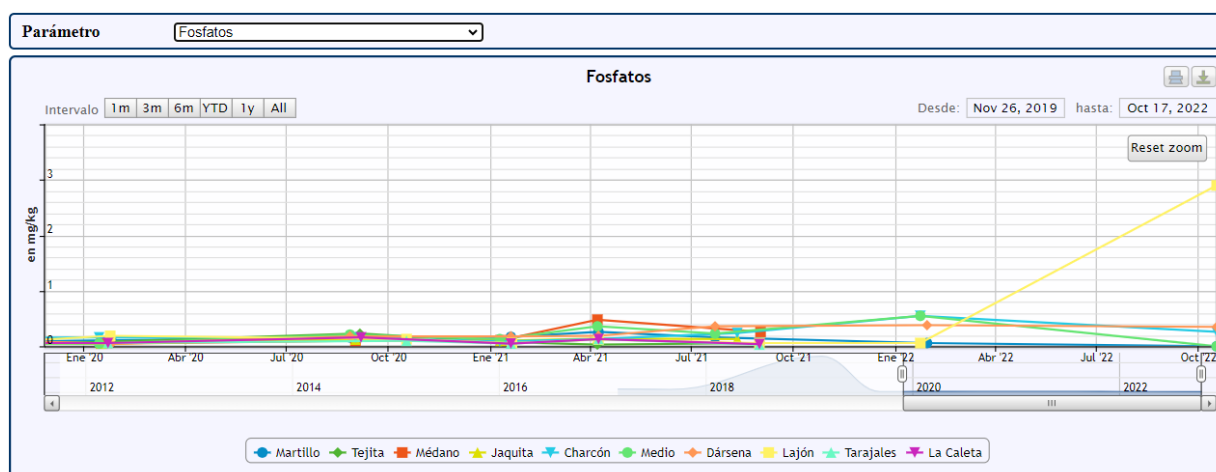


Figura 117. Variación temporal (2020-2022) de fosfatos en sedimentos Granadilla



Tabla 28. Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018-2022 (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	Fecha muestreo	P total 2022	Fosfatos 2022
Estación		mg P/kg	mg/kg		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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
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	23/01/2022	164,4	0,1
TGr.r09 Dársena	*			12/02/2019	67,49	5,02	25/01/2020	60,5	0,05	19/01/2021	325,6	0,2	29/01/2022	113,8	0,4
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	23/01/2022	153,0	0,6
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	23/01/2022	36,0	0,6
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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
TGr.r19 Médano	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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
TGr.r40 Martillo	*			12/02/2019	236,09	24,5	25/01/2020	240,7	0,11	19/01/2021	177,2	0,2	29/01/2022	103,9	0,06
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 Médano										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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
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	1255,2	0,05	17/10/2020	218,4	0,13	31/08/2021	173,8	0,1	17/10/2022	0,2	2,9
TGr.r09 Dársena	*			06/09/2019	123,3	0,12	27/08/2020	80,9	0,18	22/07/2021	196,9	0,4	17/10/2022	0,1	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	17/10/2022	0,1	0,0
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	17/10/2022	0,1	0,3
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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
TGr.r19 Médano	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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
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	17/10/2022	0,10	<0,25
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 mínimo	0,10	0,00
	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 medio	57,17	0,51
	Valor máximo	1180,00	5,25	Valor máximo	1962,37	24,50	Valor máximo	240,70	0,23	Valor máximo	376,10	0,48	Valor máximo	164,40	2,90

PAHs, TBT, DBT, MBT: igual que en años previos, en 2022 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.

6.5.4.3 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. Entre el último cuatrimestre del 2017 y el primer semestre del 2022 se determinaron los metales cobalto (Co), estaño (Sn) y vanadio (V). Con la entrada en vigor del nuevo PVA, donde en principio no se iban a realizar muestreos de seba, se decidió no incluir la determinación de estos metales. La comparación de los valores medios, máximos y mínimos de las concentraciones obtenidas con los de referencia (tercer cuatrimestre de 2011). No se dispone de valor de referencia de arsénico, cobalto, estaño ni vanadio en sedimentos; para el arsénico se anota el obtenido en agua.

Tabla 29. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2022. En verde los que han disminuido y en rojo, los que han aumentado respecto al año anterior

Metales pesados - 2014	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	0,1	1	1,8	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	0,1	0,32	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,01	0,14	0,32	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	0	0,26	0,87	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	0,04	0,17	0,48	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	0	0,35	1,8	[12,5 – 17,5]*
Metales pesados - 2015	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	0	1,69	4,72	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0,03	0,20	0,70	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0	0,14	0,39	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	0	1,26	3,79	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	0,08	0,30	0,79	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	0,13	0,8	1,74	[12,5 – 17,5]*
Metales pesados - 2016	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	2,85	12,97	21,70	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	0,78	1,84	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,27	2,17	4,17	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	1,40	11,04	22,40	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	1,22	4,23	7,95	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	2,01	7,26	12,40	[12,5 – 17,5]*
Metales pesados - 2017	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia



Zinc	mg/kg	5,6	48,28	156,80	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0,05	0,41	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	2,85	4,87	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,92	4,59	11,50	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	5,31	24,89	53,10	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	2,14	28,48	147,80	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0,01	0,30	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	2,58	6,96	14,90	[12,5 – 17,5]*
Cobalto	mg/kg	5,11	9,47	14,20	-
Estaño	mg/kg	0,11	0,29	0,51	-
Vanadio	mg/kg	19	31,96	45,50	-
Metales pesados - 2018	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	6,53	51,17	194,70	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0,16	0,30	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	2,20	3,55	4,78	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0,95	3,64	6,37	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	4,37	24,44	47,20	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	2,73	21,95	52,40	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	1,5	5,58	12,60	[12,5 – 17,5]*
Cobalto	mg/kg	1,18	7,14	19,70	-
Estaño	mg/kg	0,26	0,20	0,44	-
Vanadio	mg/kg	8,55	29,70	71,70	-
Metales pesados - 2019	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	14,60	22,86	29,90	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	1,54	2,31	2,90	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0	1,01	2,60	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	3,20	10,83	15,30	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	3,53	7,60	13,60	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	0,60	3,04	6,90	[12,5 – 17,5]*
Cobalto	mg/kg	1,66	3,27	5,00	-
Estaño	mg/kg	0	0,24	0,90	-
Vanadio	mg/kg	13,20	18,86	25,30	-
Metales pesados - 2020	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
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	-
Metales pesados - 2021	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
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	-
Metales pesados - 2022	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	32,9	64,8	158,0	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0	0	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	2,9	9	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0	2,5	8,3	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	4	27,9	74,0	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	4,2	26,7	90,0	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0,02	0,08	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	7,1	11,1	21,8	[12,5 – 17,5]*
Cobalto	mg/kg	4,2	5,1	6,4	-
Estaño	mg/kg	0	0,03	0,14	-
Vanadio	mg/kg	17,0	21,1	25,3	-

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

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 a años anteriores. En 2018 la tendencia respecto a los metales Zn y Cd continuó en aumento en el primer muestreo anual realizado y decreciendo en el segundo muestreo (Figura 118). El plomo frena la tendencia ascendente que llevaba teniendo desde el año 2017 (Figura 118, gráfico intermedio). El patrón de 2019 fue un descenso general en todos los metales pesados y en el 2020 se apreció un ligero aumento respecto al año anterior en los metales Cu, Ni, Cr, As y V, sin llegar a valores tan altos como los obtenidos en 2018. En el 2021 vuelve a denotarse un ligero aumento en las concentraciones en todos los metales excepto el níquel, que se mantiene en valores medios similares al año 2020. No se superaron los valores obtenidos en el 2018 para todos los metales excepto para el arsénico, que llegó a su valor medio máximo histórico. En este año 2022 se observa un aumento generalizado de todos los metales pesados respecto al 2021 a excepción del Pb, Cu, Sn y Cd.



Figura 118. Concentración de cadmio, plomo y cinc en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022.

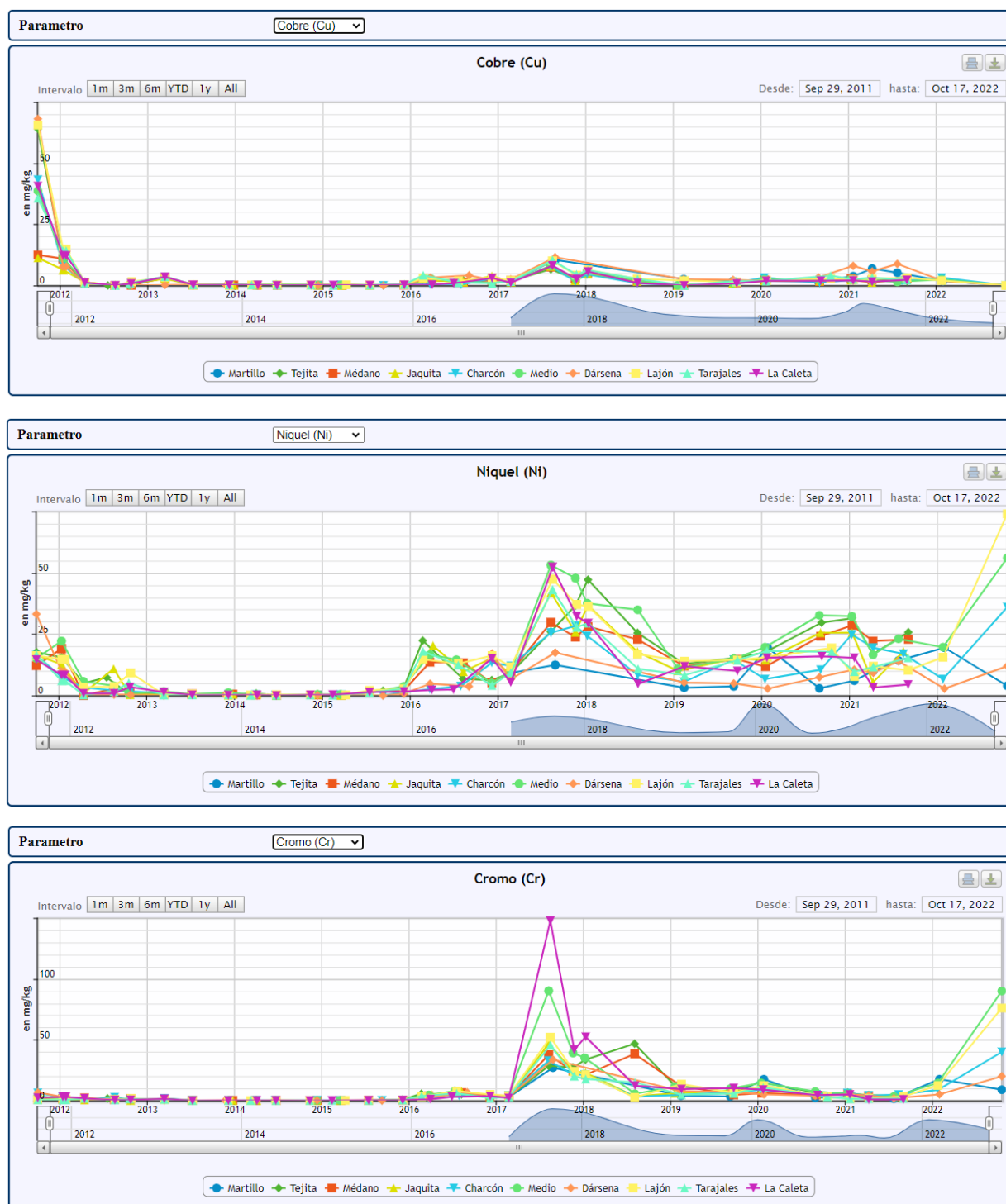


Figura 119. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022



Figura 120. Concentración de mercurio, arsénico y cobalto en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022



Figura 121. Concentración de estaño y vanadio en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022.

Los valores del tercer trimestre del año 2011 (Zn, Cu y Cr) son la referencia a efectos de la presente vigilancia. A efectos de establecer límites ambientales tolerables hasta ahora se ha comparado 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 30, 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 30. 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

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

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

El artículo 24.2 del R. D. 817/2015 dice: *con relación a las sustancias preferentes enumeradas en el anexo V A, los órganos competentes actuarán en los términos establecidos en el apartado 1 de este artículo teniendo en cuenta, de forma especial, las sustancias número 6, 7, 8, 9, 10 y 11 de dicho anexo.*

Tabla 31. Extracto Anexo V.A RD 817/2015 Normas de calidad ambiental para las sustancias preferentes

ANEXO V

Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes

APARTADO A: NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NCA)

MA: media anual.

Unidad: µg/L

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

¹ CAS: Chemical Abstracts Service² Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).³ Las aguas superficiales continentales incluyen ríos y lagos y las masas de agua artificiales o muy modificadas conexas.⁴ Por lo que respecta a estas sustancias, los valores de la NCA en aguas superficiales continentales varían en función de la dureza del agua con arreglo a cuatro categorías.

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 níquel, con el que se obtuvieron 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 As, se observó descenso de los valores, superando valores ISQG en 4 de los muestreos. Ocurrió igual para el Ni que sólo superó el límite ERL en 11 ocasiones sin llegar a superar el límite ERM.



Las tablas Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34 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.

Respecto al 2022 lo más preocupante es el caso del Zn, se observa tres valores por encima de 60 mg/kg, límite establecido en el Anexo V del RD 817/2015, valores que aparecen justo en las estaciones que no están dentro del puerto, es decir, en la TGr08, TGr10 y TGr14. En cuanto a los valores de Ni, se detectan de los 10 valores obtenidos (5 estaciones en cada semestre) 5 están por encima de los valores ISQG Y 2 por encima del PEL. Otra vez son valores obtenidos en las estaciones más alejadas del puerto. Para el As se obtienen 8 valores de los 10 tomados por encima del ISQG, ninguno por encima del valor PEL. Es patente el incremento en los valores, especialmente en las estaciones más alejadas del puerto, lo que parece denotar una fuente de contaminación de metales pesado externa al mismo.

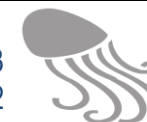


Tabla 32. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2018

Metales en sedimentos 2018		Zn	Media Anual (MA) Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Media Anual (MA) Cr	Hg	As	Media Anual (MA) As	Co	Sn	V
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGr.r04 La Caleta	09/01/2018	194,7	100,6	0,2	2,9	5,7	29,5	52,4	32,4	0,0	1,5	3,0	19,7	0,1	13,1
TGr.r05 Tarajales	09/01/2018	74,3	43,7	0,2	3,0	6,2	29,5	17,8	16,4	0,0	3,8	4,1	10,6	0,1	50,2
TGr.r08 Lajón	09/01/2018	88,3	52,3	0,3	3,0	6,4	36,3	21,4	12,1	0,0	6,2	5,7	11,6	0,1	50,6
TGr.r09 Dársena	*														
TGr.r10 Medio	05/01/2018	101,2	62,3	0,3	4,8	6,0	37,6	35,2	20,4	0,0	4,8	4,7	13,2	0,1	71,7
TGr.r14 Charcón	05/01/2018	56,5	33,8	0,2	4,3	4,5	24,3	21,5	12,4	0,0	1,5	7,1	7,0	0,2	37,2
TGr.r18 Jaquita	08/01/2018	68,2	45,1	0,3	4,5	4,7	36,7	22,9	13,2	0,0	6,9	8,3	9,7	0,1	47,4
TGr.r19 Médano	08/01/2018	70,7	45,1	0,2	4,8	5,1	28,1	21,2	29,8	0,0	5,1	5,3	8,4	0,1	44,0
TGr.r22 Tejita	08/01/2018	69,6	45,4	0,2	4,2	4,9	47,2	33,7	40,3	0,0	7,3	7,4	10,9	0,1	45,3
TGr.r40 Martillo	*		13,5						19,3			3,8			
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	trabajar en el interior														
Resumen 2018	Valor mínimo	6,5	13,5	0,0	2,2	1,0	4,4	2,7	12,1	0,0	1,5	3,0	1,2	0,1	8,6
	Valor medio	51,2	49,1	0,2	3,5	3,6	24,4	21,9	21,8	0,0	5,6	5,5	7,1	0,2	29,8
	Valor máximo	194,7	100,6	0,3	4,8	6,4	47,2	52,4	40,3	0,0	12,6	8,3	19,7	0,4	71,7
	Mediana	23,4	45,1	0,1	3,9	3,9	25,5	21,2	19,3	0,0	5,1	5,3	6,0	0,2	19,0
	Valores > del ISQG o ERL	1		0	0	0	11	1		0	4		0	-	-
	Valores > del PEL o ER	0		0	0	0	0	0		0	0		-	-	-
	Valores > Anexo V RD 817/2015		2						0			0			



Tabla 33. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2019

Metales en sedimentos 2019		Zn	Media Anual (MA) Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Media Anual (MA) Cr	Hg	As	Media Anual (MA) As	Co	Sn	V
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGr.r04 La Caleta	14/02/2019	25,3	27,6	0,0	2,9	0,0	11,9	9,5	9,9	0,0	3,3	2,3	4,1	0,0	25,3
TGr.r05 Tarajales	14/02/2019	19,2	21,1	0,0	2,1	0,0	8,3	4,9	5,4	0,0	2,0	2,0	2,8	0,0	13,2
TGr.r08 Lajón	14/02/2019	28,3	27,9	0,0	1,8	2,0	14,0	13,6	10,0	0,0	2,3	2,2	5,0	0,0	20,2
TGr.r09 Dársena	12/02/2019	14,6	21,2	0,0	2,2	2,5	5,3	7,7	7,5	0,0	3,9	3,9	2,0	0,0	17,2
TGr.r10 Medio	17/01/2019	27,2	26,8	0,0	2,9	0,0	11,0	11,5	10,6	0,0	2,2	2,2	4,0	0,0	22,6
TGr.r14 Charcón	12/02/2019	14,8	17,9	0,0	2,1	0,0	5,6	4,8	5,8	0,0	6,9	6,6	1,7	0,0	13,7
TGr.r18 Jaquita	17/01/2019	20,6	24,0	0,0	2,8	0,0	10,1	6,1	7,2	0,0	3,1	3,4	2,9	0,0	17,0
TGr.r19 Médano	12/02/2019	26,0	22,6	0,0	2,9	0,0	12,0	12,0	8,4	0,0	3,0	2,7	3,9	0,0	24,0
TGr.r22 Tejita	12/02/2019	20,2	21,6	0,0	2,8	0,0	12,9	7,0	7,4	0,0	4,1	4,0	3,2	0,0	15,2
TGr.r40 Martillo	12/02/2019	16,9	18,2	0,0	1,8	2,6	3,2	4,1	3,8	0,0	1,7	1,2	1,7	0,9	14,6
TGr.r04 La Caleta	21/09/2019	29,9		0,0	2,1	0,8	10,0	10,3		0,0	1,3		4,1	0,2	16,7
TGr.r05 Tarajales	21/09/2019	23,0		0,0	1,7	1,8	14,4	5,9		0,0	2,0		3,9	0,1	16,9
TGr.r08 Lajón	21/09/2019	27,4		0,0	1,5	1,4	14,5	6,4		0,0	2,2		4,5	0,1	23,3
TGr.r09 Dársena	06/09/2019	27,7		0,0	2,2	2,3	4,9	7,2		0,0	4,0		1,9	0,1	19,2
TGr.r10 Medio	06/09/2019	26,3		0,0	2,4	1,0	15,0	9,8		0,0	2,1		4,2	0,2	22,6
TGr.r14 Charcón	06/09/2019	20,9		0,0	2,4	0,9	14,6	6,8		0,0	6,3		3,2	0,1	18,5
TGr.r18 Jaquita	05/09/2019	27,3		0,0	2,6	1,0	15,0	8,3		0,0	3,6		3,8	0,8	21,5
TGr.r19 Médano	21/09/2019	19,2		0,0	2,5	1,1	14,8	4,7		0,0	2,4		3,3	0,1	16,3
TGr.r22 Tejita	07/09/2019	23,0		0,0	2,7	1,1	15,3	7,8		0,0	3,9		3,7	0,1	19,1
TGr.r40 Martillo	06/09/2019	19,4		0,0	1,7	1,8	3,8	3,5		0,0	0,6		1,7	0,1	20,0
Resumen 2019	Valor mínimo	14,6	17,9	0,0	1,5	0,0	3,2	3,5	3,8	0,0	0,6	1,2	1,7	0,0	13,2
	Valor medio	22,9	22,9	0,0	2,3	1,0	10,8	7,6	7,6	0,0	3,0	3,0	3,3	0,1	18,9
	Valor máximo	29,9	27,9	0,0	2,9	2,6	15,3	13,6	10,6	0,0	6,9	6,6	5,0	0,9	25,3
	Mediana	23,0	22,1	0,0	2,3	1,0	12,0	7,1	7,4	0,0	2,7	2,5	3,5	0,1	18,8
	Valores > del ISQG o ERL	0		0	0	0	0	0		0	0		0	-	-
	Valores > del PEL o ER	0		0	0	0	0	0		0	0		-	-	-
	Valores > Anexo V RD 817/2015		0						0			0			

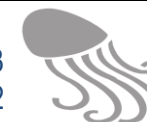


Tabla 34. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2020

Metales en sedimentos 2020		Zn	Media Anual (MA) Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Media Anual (MA) Cr	Hg	As	Media Anual (MA) As	Co	Sn	V
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGr.r04 La Caleta	22/01/2020	26,0	16,8	0,0	2,2	1,9	15,4	9,1	6,8	0,0	5,4	4,5	4,1	0,1	24,0
TGr.r05 Tarajales	22/01/2020	29,7	20,4	0,0	2,5	1,8	18,2	10,8	7,0	0,0	4,0	2,7	5,2	0,0	26,4
TGr.r08 Lajón	24/01/2020	32,1	18,4	0,0	2,4	2,0	15,6	12,4	7,8	0,0	3,2	3,7	5,2	0,0	28,9
TGr.r09 Dársena	25/01/2020	16,5	9,5	0,0	1,4	1,8	2,9	5,1	4,6	0,0	3,4	5,2	1,8	0,0	14,9
TGr.r10 Medio	14/01/2020	33,7	28,3	0,0	1,6	2,5	19,7	14,5	11,0	0,0	3,5	4,0	6,8	0,0	32,9
TGr.r14 Charcón	14/01/2020	23,4	14,1	0,0	2,2	3,2	6,7	8,8	7,0	0,0	4,4	9,0	2,7	0,1	21,0
TGr.r18 Jaquita	16/01/2020	23,9	18,4	0,0	2,7	1,9	14,5	9,2	7,3	0,0	2,7	5,3	4,0	0,0	24,1
TGr.r19 Médano	16/01/2020	24,6	16,6	0,0	1,6	2,3	11,8	6,2	5,5	0,0	2,9	3,5	3,9	0,0	17,8
TGr.r22 Tejita	14/01/2020	30,5	21,8	0,0	2,6	1,8	17,6	15,1	10,8	0,0	4,9	5,2	5,0	0,1	25,2
TGr.r40 Martillo	25/01/2020	36,5	18,3	0,0	2,7	1,8	19,5	17,6	10,0	0,0	4,4	4,5	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	Valor mínimo	0,0	9,5	0,0	0,8	1,1	2,9	2,4	4,6	0,0	1,4	2,7	1,3	0,0	11,3
	Valor medio	18,2	18,2	0,0	2,0	2,2	16,4	7,8	7,8	0,0	4,8	4,8	4,5	0,0	21,5
	Valor máximo	36,5	28,3	0,0	2,7	4,0	32,7	17,6	11,0	0,0	13,6	9,0	7,0	0,1	33,3
	Mediana	19,7	18,3	0,0	2,2	1,9	16,8	6,3	7,2	0,0	4,4	4,5	4,9	0,0	21,2
	Valores > del ISQG o ERL	0		0	0	0	4	0		0	2		0	-	-
	Valores > del PEL o ER	0		0	0	0	0	0		0	0		-	-	-
	Valores > Anexo V RD 817/2015		0						0			0			



Tabla 35. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2021

Metales en sedimentos 2021		Zn	Media Anual (MA) Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Media Anual (MA) Cr	Hg	As	Media Anual (MA) As	Co	Sn	V
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	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 Medano	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	17,3	0,0	2,0	1,5	3,3	1,0	2,3	0,0	2,7	3,7	1,0	0,0	3,8
TGr.r05 Tarajales	08/04/2021	27,9	28,2	0,0	3,1	3,2	11,6	1,7	1,7	0,0	5,4	5,9	3,4	0,1	11,8
TGr.r08 Lajón	08/04/2021	38,2	35,4	0,0	2,3	2,7	12,0	2,0	2,4	0,0	5,7	6,8	3,3	0,2	8,5
TGr.r09 Dársena	08/04/2021	26,4	30,8	0,0	3,4	5,7	9,3	4,3	3,8	0,0	9,2	8,4	2,8	0,2	18,8
TGr.r10 Medano	07/04/2021	53,6	41,0	0,0	3,9	2,0	16,6	3,0	4,0	0,0	4,5	5,8	3,6	0,2	9,6
TGr.r14 Charcón	07/04/2021	29,6	28,2	0,0	3,5	1,9	19,5	4,3	5,1	0,0	12,3	14,3	4,0	0,2	14,6
TGr.r18 Jaquita	07/04/2021	27,1	31,4	0,0	3,4	1,3	5,4	4,8	4,6	0,0	20,2	15,4	1,6	0,2	18,6
TGr.r19 Médano	07/04/2021	27,0	37,0	0,0	3,9	2,2	22,2	3,9	4,2	0,0	4,6	6,4	4,9	0,2	12,3
TGr.r22 Tejita	07/04/2021	25,0	30,4	0,0	4,0	1,8	16,9	3,6	4,4	0,0	7,3	8,7	3,5	0,2	8,9
TGr.r40 Martillo	08/04/2021	36,8	21,7	0,0	4,8	6,9	10,0	4,1	3,0	0,0	5,7	6,5	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 Medano	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	Valor mínimo	5,7	17,3	0,0	1,2	1,3	3,3	1,0	1,7	0,0	2,7	3,7	0,5	0,0	3,8
	Valor medio	30,1	30,1	0,0	3,0	3,1	16,1	3,5	3,5	0,0	8,2	8,2	3,6	0,1	15,3
	Valor máximo	53,6	41,0	0,0	4,8	8,8	32,3	6,6	5,1	0,0	20,2	15,4	6,2	0,3	27,9
	Mediana	30,0	30,6	0,0	3,1	2,4	15,4	3,5	3,9	0,0	7,1	6,7	3,6	0,1	15,6
	Valores > del ISQG o FRL	0		0	0	0	9	0		0	14		0	-	-
	Valores > del PEL o EF	0		0	0	0	0	0		0	0		-	-	-
	Valores > Anexo V RD 817/2015		0						0			0			

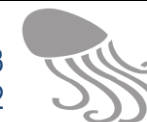


Tabla 36. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2022

Metales en sedimentos 2022		Zn	Media Anual (MA) Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Media Anual (MA) Cr	Hg	As	Media Anual (MA) As	Co	Sn	V
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGr.r08 Lajón	23/01/2022	40,3	70,2	0,0	1,1	4,4	31,7	6,9	41,4	0,0	7,2	8,1	6,4	0,0	19,0
TGr.r09 Dársena	29/01/2022	44,9	51,0	0,0	2,1	8,3	12,8	7,7	13,9	0,0	11,0	10,0	4,7	0,1	25,3
TGr.r10 Medio	23/01/2022	53,8	105,9	0,0	3,4	3,8	33,0	6,7	48,4	0,0	8,4	8,2	6,2	0,0	20,9
TGr.r14 Charcón	23/01/2022	46,6	61,3	0,0	1,5	2,6	10,8	6,2	23,1	0,0	21,8	20,4	4,2	0,0	23,2
TGr.r40 Martillo	29/01/2022	32,9	35,5	0,0	1,7	6,2	8,3	4,2	6,6	0,0	7,1	8,6	4,2	0,0	17,0
TGr.r08 Lajón	17/10/2022	100,0		0,0	0,0	0,0	74,0	76,0		0,0	9,0		FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
TGr.r09 Dársena	17/10/2022	57,0		0,0	9,0	0,0	12,0	20,0		0,1	9,0				
TGr.r10 Medio	17/10/2022	158,0		0,0	5,0	0,0	56,0	90,0		0,1	8,0				
TGr.r14 Charcón	17/10/2022	76,0		0,0	5,0	0,0	36,0	40,0		0,0	19,0				
TGr.r40 Martillo	17/10/2022	38,0		0,0	0,0	0,0	4,0	9,0		0,1	10,0				
Resumen 2022	Valor mínimo	32,9	35,5	0,0	0,0	0,0	4,0	4,2	6,6	0,0	7,1	8,1	4,2	0,0	17,0
	Valor medio	64,8	64,8	0,0	2,9	2,5	27,9	26,7	26,7	0,0	11,1	11,1	5,1	0,0	21,1
	Valor máximo	158,0	105,9	0,0	9,0	8,3	74,0	90,0	48,4	0,1	21,8	20,4	6,4	0,1	25,3
	Mediana	50,2	61,3	0,0	1,9	1,3	22,3	8,4	23,1	0,0	9,0	8,6	4,7	0,0	20,9
	Valores > del ISQG o ERL	1		0	0	0	5	2		0	8		0	-	-
	Valores > del PEL o ER	0		0	0	0	2	0		0	0		-	-	-
	Valores > Anexo V RD 817/2015		3						0			0			



6.5.5 Evaluación general del medio físico

6.5.5.1 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 elegido¹⁷ se emplea en vigilancia de la calidad de las aguas y obedece a criterios combinados de estado, origen, dinámica ecológica y extensión. Al comienzo de las obras en el mar, con grandes aportes de materiales, en el sector denominado Puerto la clasificación fue “desfavorable en declive”; durante 2012 y 2013 se evaluó como “desfavorable sin cambios”, situación que se prolonga hasta el final del primer semestre de 2014 pero, ya en el segundo semestre de este mismo año, se cambió a la categoría de “desfavorable recuperándose”. En diciembre de 2015 se consideró “favorable recuperada” y así se ha mantenido hasta diciembre de 2022.

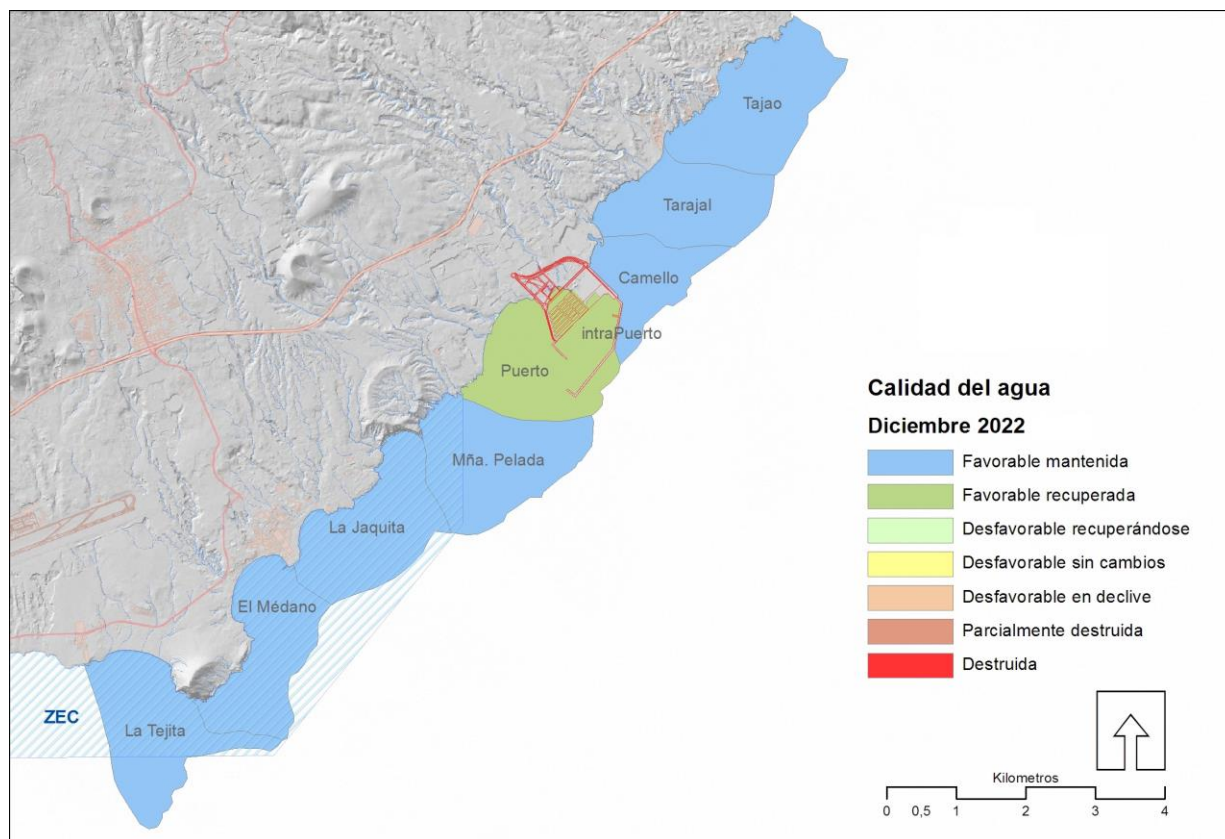


Figura 122. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2022

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 122). Así, por

¹⁷ 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.

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”.

6.5.5.2 Sedimentos

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. Se trató de un cambio y solo en algunos parámetros, por lo que se mantuvo la categorización de los sectores para 2019, 2020 y 2021. Para el año 2022, se aprecia un descenso generalizado respecto a años anteriores en los parámetros químicos Fósforo total, HCT, COT y NTK y un aumento en el segundo semestre del % de materia orgánica en todas las estaciones menos en la TGr08. En cuanto a los metales pesados detectado en los sedimentos se observa un aumento generalizado en la concentración en todos. Respecto al Zn y al As sigue la tendencia al alza de años anteriores. Los únicos metales que superan valores ISQG en alguno de los muestreos anuales realizados son el Zn, Ni y As. Así mismo, valores por encima de PEL sólo se encuentran en dos muestreos realizados en la estación TGr08 y TGr10 para el metal Ni.

A partir del segundo semestre de 2022 la empresa adjudicataria encargada de llevar a cabo las analíticas ha cambiado, por lo que, aunque la metodología exigida es la misma, pequeños cambios en los protocolos pueden provocar pequeñas variaciones. Será necesario ver evolución con el nuevo laboratorio para poder realizar comparaciones fiables con datos anteriores.

Por lo tanto, tal y como se aprecia en la Figura 123 en todos los sectores se mantiene la catalogación de “favorable mantenida” excepto en el sector al norte del puerto (TGr08), que continua como “desfavorable sin cambios”.

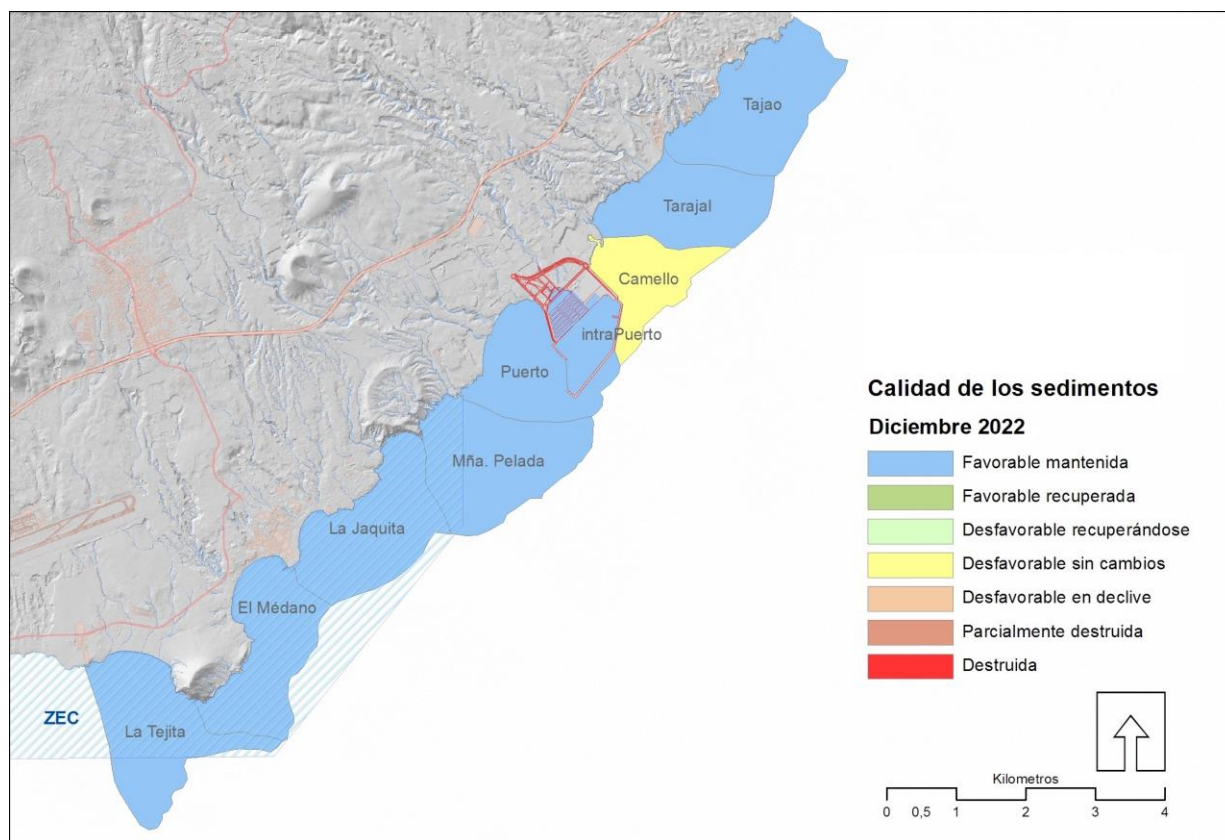


Figura 123. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2022

6.6 Biodiversidad marina

El control del estado y de las tendencias de la biodiversidad local en la fase operativa del puerto es el papel del OAG u objeto fundacional del mismo, según voluntad de la Comisión Europea. En el este nuevo PVA y de las tendencias de la biodiversidad local se actualizan los procedimientos empleados hasta ahora, abandonando la monitorización de acciones innecesarias y se incluyen otras nuevas que permitan monitorizar directamente las tendencias de la biodiversidad local, siguiendo la voluntad del fundador (Figura 124).

En la fase de explotación del puerto desaparecen algunas presiones importantes (p.ej. vertidos de materiales sólidos al agua) pero surgen nuevos riesgos. Interesa particularmente, aunque el PVA original no lo contempla, procurar detectar la aparición de nuevas especies importadas con el tránsito marítimo vía *fouling*, en las aguas de lastre o mediante el “efecto balsa” de embarcaciones lentas. 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, aunque muy poco probables, como los derivados de derrames y mareas negras, si bien son muy aparatosos y tremendamente perjudiciales al principio, son de efecto temporal, y el medio y las comunidades se recuperan transcurridos varios años.

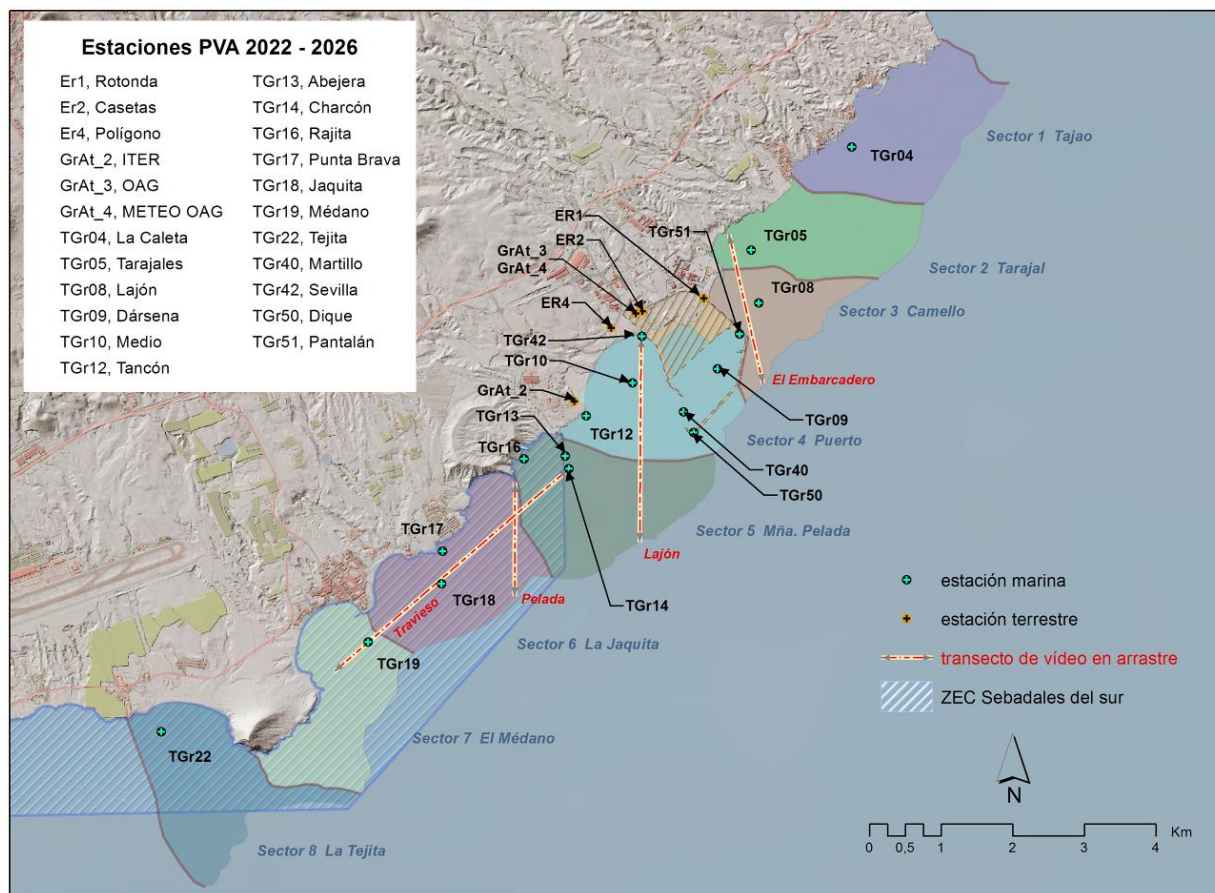


Figura 124 Mapa de estaciones y transectos de muestreo

6.6.1 Comunidades intermareales y submareales

Para el control de la biodiversidad marina se llevan a cabo transectos perpendiculares a la costa, de 2 metros de ancho, desde el límite superior hasta el límite inferior del intermareal, en las estaciones TGr12, TGr16 y TGr17 y en la base del transecto de vídeo arrastrado El Lajón (TGr42). La estación TGr12 se verá transformada por los aportes de arena, por lo que es de interés su dinámica estacional y capacidad de recuperación. Se monitorizará la composición biológica y composición específica, tomándose muestras para determinación si ello fuera necesario. El mismo transecto se seguirá, mediante buceo autónomo, hasta la cota de los -10m, de forma que puedan detectarse especies nuevas. En el caso de detectarse especies nuevas para la zona, potencialmente invasoras o no, podrán incluirse nuevos puntos de estudio.

El seguimiento del PVA en fase de construcción del puerto se realizaba en las mismas cinco estaciones que en el supramareal. En ellas se medía la cobertura algal total, empleando una cuadrícula de 50 x 50 cm. La posición de la cuadrícula era fija para poder comparar y detectar si hay variaciones en el tiempo.

El OAG ha incorporado una nueva línea de trabajo que supone una nueva manera de recoger el estado de la biodiversidad en lo que respecta a las comunidades del dominio mareal, a la par



que implica una estrategia de evaluación diferente. La moderna aplicación de la fotogrametría para la modelización tridimensional del territorio ofrece unas posibilidades de mejora en la acción de vigilancia de la Fundación en este apartado. En esta nueva estrategia, la evaluación se efectúa al momento de confeccionar cartografía temática a partir de una reconstrucción digital del terreno a lo largo de ciertos transectos. Las disciplinas sobre las que se apoya esta línea son la Fotogrametría (en su vertiente *Structure from Motion* o SfM) y los sistemas de información geográfica.

De las primeras se ocupan los siguientes subapartados. De la última, cabe aquí señalar que proporcionan la posibilidad de crear una base de datos espaciales a lo largo del tiempo y del espacio geográfico, que permite dar cumplimiento a unos de los fines fundacionales, monitorizar las tendencias de la biodiversidad local. Son nuevas dimensiones que sumar a la de planes anteriores, limitada a la presencia, ausencia y recubrimiento en ciertas estaciones muestreadas con una escueta rejilla.

Fotogrametría y *Structure from motion*

La generación de cartografía con representación de la elevación del terreno lleva muchas décadas apoyándose en una técnica que explota las relaciones geométricas que tienen los objetos del terreno cuando se comparan distintas instantáneas en las que éstos aparecen simultáneamente. De la posición relativa de esos objetos al centro de la imagen en cada instantánea y de la comparación de esas posiciones entre los fotogramas se pueden derivar tanto la elevación como las dimensiones y formas de esos detalles. Es ya una técnica básica en la creación de modelos digitales del terreno (MDT), ortofotografías y toda una panoplia de productos muy útiles para trabajos sobre el territorio.

Más recientemente se ha desarrollado un corpus de investigaciones, metodologías y principios matemáticos y físicos sobre el que se apoya una rama de la tecnología llamada Visión Computerizada o Visión Artificial, que incluye como uno de sus ejes la explotación de la fotogrametría para dotar a las máquinas (en sentido amplio) de un conocimiento de las características espaciales (y otras) del entorno que deben tener en cuenta para desempeñar su función. La unión de esta información con el registro de la posición geográfica gracias al advenimiento y mejora de los sistemas de posicionamiento global, junto al abaratamiento y la reducción de tamaño de los dispositivos de recogida de esos datos provoca que puedan cosecharse en tiempo récord todo el conocimiento necesario para esas funciones que debe desempeñar la máquina.

***Structure From Motion* (SFM)**

De las fuentes posibles de imágenes para aplicarles esta ingeniería, ha venido habiendo un creciente interés para hacer capturas de vídeo que son sometidas a un inmediato procesamiento que permite la aplicación en tiempo real de ese conocimiento en tareas tales como el movimiento autónomo de vehículos, etc. Entre los enfoques más populares se encuentra la *Structure From Motion* (SFM) que se aprovecha de la ingente colección de fotogramas de un metraje para reconstruir un modelo en tres dimensiones (o más, puesto que el tiempo y el color también pueden aprovecharse) del objeto estudiado. Esta fuente de datos tiene, entre otras, la ventaja de su rápida adquisición en transectos como los que se han establecido aquí. La técnica

se basa en la extracción de parámetros ópticos de las lentes de la cámara a partir de la identificación de objetos en las imágenes y de la búsqueda de todas las imágenes que los contengan, cada una con su propia perspectiva de aquél. Esa perspectiva diferente en cada imagen de un mismo objeto proporciona, mediante algoritmos cada vez más avanzados, magnitudes ópticas y geométricas que permiten reconstruirlo y ubicarlo en relación con otros objetos que también aparezcan en la serie de fotogramas. Estos algoritmos definen objetos de una forma más abstracta que la que puede imaginarse de entrada, pues basta cualquier mancha característica que se repita en las imágenes para considerarla candidata a objeto, de manera que en una imagen habrá, con suerte, hasta miles de objetos con los que hacer cálculos.

En la protección del patrimonio arqueológico, paleontológico o natural, criminología y en los ámbitos de la industria y la manufactura, esta técnica se aprovecha para el registro de los objetos y tesoros tanto como para la réplica de ejemplares únicos de cualquier objeto o monumento. Es ya muy conocida la aplicación de estas técnicas en el uso de los vehículos aéreos no tripulados o *DRONE* con los que se aceleran los flujos de trabajo en múltiples disciplinas, como la topografía, la cartografía, el control ambiental.

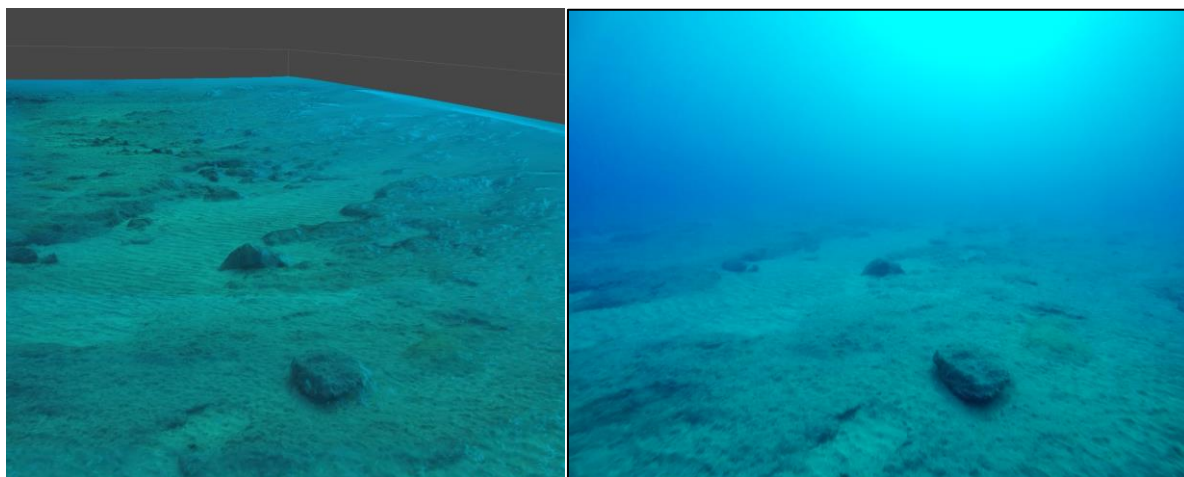


Figura 125 Logros de reconstrucción del fondo marino en ensayos del OAG a partir de fotogramas de vídeo submarino. Izquierda: perspectiva en 3D del modelo generado. Derecha: fotograma del vídeo original

Sin embargo, en el mundo acuático y marino los avances son más difíciles por las características ópticas del medio y por la dificultad de establecer las posiciones geográficas de los elementos morfológicos y los detalles del fondo marino, por lo que, aunque en el OAG se lleva estudiando esta rama técnica desde finales de 2016, con líneas prometedoras, aún no se consiguen resultados operativos. Se suma a estas dificultades la del geoposicionamiento de la propia cámara remolcada a distancia por una embarcación. Para contravenir esas imposiciones del medio se han ensayado algoritmos de manipulación de la secuencia de vídeo, tratando de disminuir el efecto difuminador de la masa de agua salada, así como de amplificar el escaso nivel del color rojo que, a las profundidades a las que llega la cámara, empieza a escasear, dominando en los fotogramas los colores verde y azul y dotando al conjunto de un bonito pero insuficiente color esmeralda. En la Figura 126 se desvela uno de los mejores ensayos de estos transectos bionómicos, el de Bocinegro en verano de 2016.

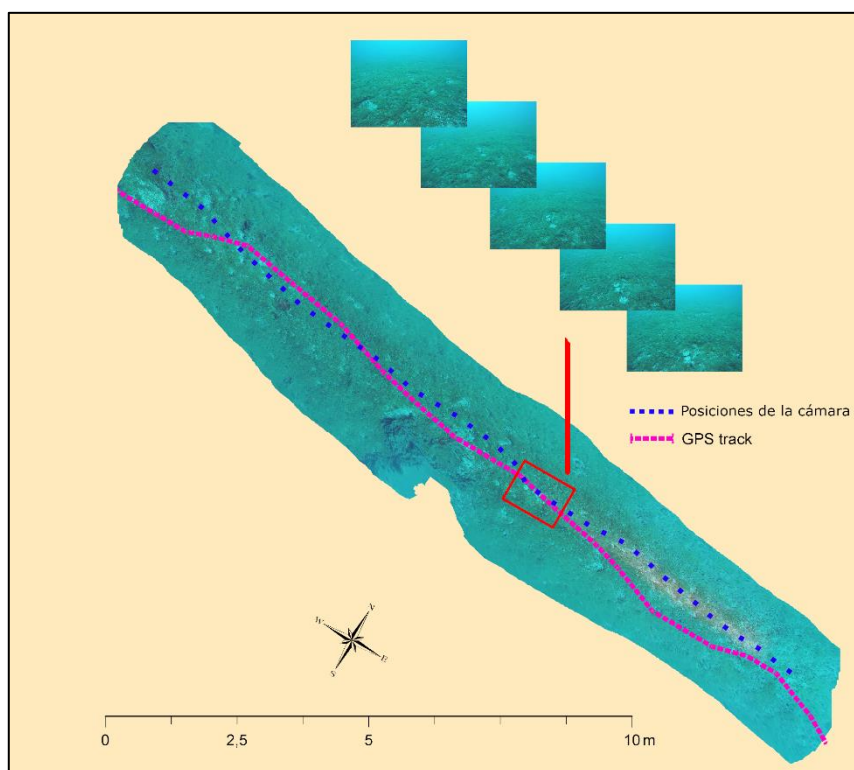


Figura 126 Uno de los mejores ensayos de estos transectos bionómicos, el de Bocinegro en verano de 2016. El recuadro rojo indica el tramo reconstruido con las imágenes seleccionadas en la parte superior

Otro ensayo realizado a principios de 2022 a partir de un vídeo sin el empleo de iluminación artificial, en Travieso, en mayo de 2020, arroja resultados atractivos de cara al cartografiado de los fondos a lo largo de estos muestreos. Sin embargo, a pesar de la calidad del vídeo y la claridad del modelo generado, la falta de rango cromático en la zona del color rojo dificulta la obtención de un mapa donde diferentes clases de vegetación y fauna puedan ser distinguibles con seguridad suficiente. Las imágenes de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** pertenecen a ese trabajo. Una copia simplificada del modelo puede consultarse en la dirección web <https://skfb.ly/owXTW> y en el anexo VIII, a título demostrativo, incluimos un embrión de informe sobre el mismo ensayo.

Donde sí se ha podido producir material útil y establecer una línea futura es en el control de la franja intermareal, que goza de toda la gama cromática de la luz solar.

Donde sí se ha podido producir material útil y establecer una línea futura es en el control de la franja intermareal.

Materiales y metodología

Como se ha dicho, la fotogrametría se lleva a cabo peinando el territorio con cámaras y procesando los metrajés conseguidos mediante el software adecuado, que incorpora avanzados algoritmos que están en continua mejora en las sucesivas versiones.

EL OAG emplea dos cámaras de la serie GoPro (las mismas que emplea en la obtención de los vídeos remolcados de los transectos bionómicos), montadas simétricamente sobre una

estructura portable consistente en una barra de aluminio de 2 m de longitud, elegida por su rigidez, su escasa deformabilidad y su estabilidad, lo que permite eliminar fuentes de error para los cálculos que el programa lleva a cabo.

Las cámaras están dispuestas equidistantemente al centro de la barra, cuya posición se ha calculado con la mayor exactitud alcanzable en la práctica, con una precisión llevada al milímetro. Ambas cámaras se orientan perpendicularmente al suelo, de modo que el plano focal sea paralelo a éste (Figura 127).

Para la obtención de los vídeos, la estructura debe ser transportada a lo largo del transecto, acción para la que se ha optado por una pareja de técnicos, uno a cada lado de la pértiga, a la que se la dotado de extensiones de agarre posicionadas con igual cuidado en sendos extremos y consistentes en segmentos de tubería de PBT de 40 cm de largo y fijadas con mecanismo adhesivo.

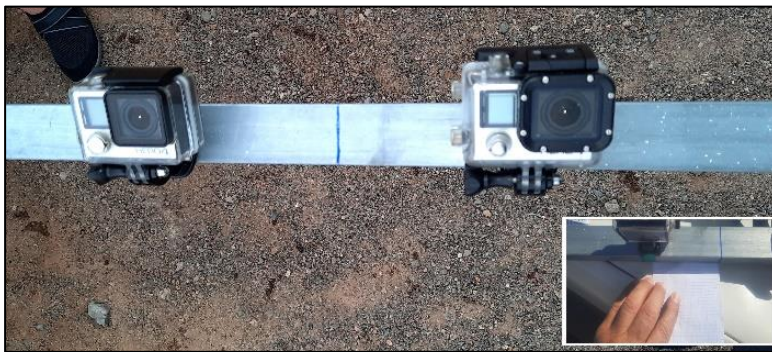


Figura 127 Cámaras centradas en la pértiga. En el recuadro, momento de comprobación de la equidistancia al centro de ambas unidades



Figura 128 Tendido del cabo guía que marcará el recorrido del transecto. Punta Brava, TGr17. Verano de 2022

El transecto se señala con un cabo delgado de color blanco que discurre a lo largo de aquél (Figura 128), sujeto cerca del suelo con pesos de plomo y otros. Este cabo es tendido desde tierra hasta el mar, donde se fija con otro peso mayor que impida que el oleaje desplace la guía.

A lo largo del recorrido y con la mayor dispersión posible se disponen marcas cuya posición geográfica se toma con GPS. Estos puntos se denominan en el argot GCP (del inglés *Ground Control Points*) y la exactitud de su posicionamiento determina la utilidad final del producto obtenido. Cada punto tiene un aspecto distintivo merced a un código definido en el equipo de trabajo. Se han construido con materiales duraderos y sencillos de reponer. Consisten en una placa de conglomerado de alta densidad y de superficie totalmente blanca, sobre la que se trazan, con cinta aislante negra, una cruz centrada y, con rotulador indeleble, unas marcas (cuadrados y líneas) de forma completamente única (Figura 129).

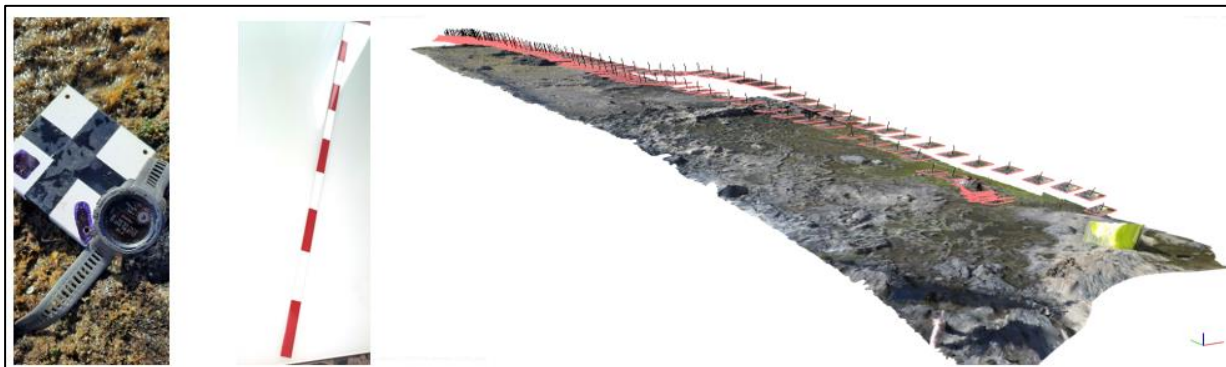


Figura 129 Ejemplo de Ground Control Point o GCP. en el centro, listón de aluminio de 1 m graduado cada 10 cm. A la derecha, trayectoria de la cámara en ida y vuelta, denotada por posiciones de fotogramas

Junto a estos puntos de control, el trayecto se equipa con dos reglas de referencia de 1 m de largo cada una, confeccionadas a partir de una pletina de aluminio de esas dimensiones sobre la que se han marcado bandas alternas blancas y rojas de 10 cm de largo cada una. Se puede ver una de ellas en la imagen central de la Figura 129.

Estas barras darán una referencia para el escalado de la imagen que permitirán corregir el mapa final para dotarle de las dimensiones adecuadas, de forma que los cálculos de área y otros que se hagan sobre ella sean más acertados.

El recorrido del transecto se ejecuta en ida y vuelta, pues está demostrado que, si solo se avanza en un sentido, quedan zonas de sombra ocultas por la propia morfología de las irregularidades del terreno (rocas, piedras, charcos...). Otra ventaja propia del entorno marino es que de esa manera hay más posibilidades de descartar imágenes en las que el oleaje estropea la visión de los puntos candidatos y sustituirlas por las de la segunda vuelta. En la imagen de la derecha de la Figura 129 se reflejan las cámaras (en rojo) a lo largo del modelo 3D del transecto de La Rajita.

Para el procesamiento de los vídeos, el OAG ha adquirido una licencia del programa Agisoft Metashape®, referencia ampliamente aceptada para este tipo de trabajos. Junto a esta licencia se obtiene formación y soporte durante un año. El programa tiene la virtud de aceptar como entrada los vídeos, directamente, sin tener que extraer fotogramas previamente. Por añadidura, admite ficheros de imagen individuales, así como la mezcla de ambas fuentes,

Mediante el establecimiento de diversos parámetros, el software se encarga de extraer las características de las lentes de las cámaras y de hacer los cálculos para generar una nube de puntos a partir de las posiciones de los objetos que encuentra (que han sido explicados más arriba). Esos puntos tienen, entre otras características, un color que recibe de las propias imágenes, y una posición de coordenadas x, y y z, relativa al conjunto de puntos calculado. También tiene un identificador y por cada imagen se guarda una lista de los puntos que son visibles dentro de ellas, de manera que puede pedirse al programa que seleccione las imágenes a partir de un punto dado. Una vez obtenidos esos puntos, puede manualmente agregarse otros conocidos por el operador. Es el momento de señalar en las imágenes los GCP, por ejemplo.

También pueden indicarse en todas las imágenes en las que sean visibles los extremos de las reglas de 1 m comentadas anteriormente.

Con toda esta información el programa va generando un modelo tridimensional del terreno, consistente en una nube de puntos colocados coherentemente con los cálculos y que, gracias al color, una vez presentados en la pantalla, ofrecen un primer atisbo del modelo 3D. También pueden mostrarse las fotos colocadas sobre el modelo y que aparecerán en la posición donde estaba la cámara en el momento de tomar el fotograma. La alineación, si está conseguida, de las escenas, revelará el recorrido seguido con la cámara.

Desde luego que aparecen errores, fotogramas (aquí llamados cámaras) mal alineados o no alineados en absoluto. Se aprecian distorsiones y aberraciones en el modelo, etc, que deben corregirse con las herramientas que proporciona el sistema, como se ve en la Figura 130.

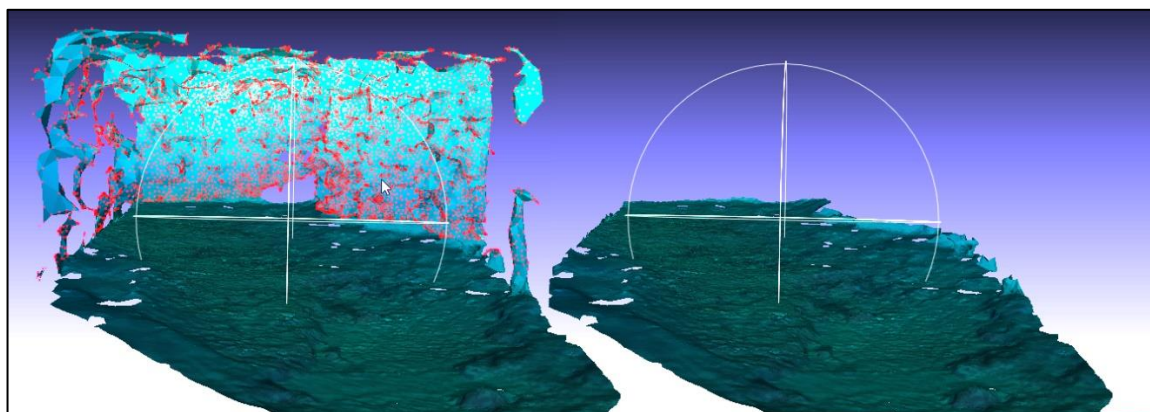


Figura 130 Ejemplo de depuración de errores. La pared azul es el resultado de la interpretación errónea por el programa del fondo de imagen distorsionado dado el encuadre oblicuo de la cámara. A la derecha, el modelo corregido

Una vez corregidos los problemas, se procede a generar una nube de puntos más densa, paso previo a la generación de la malla de triángulos (TIN) llamada *mesh* y del “ortomosaico” que finalmente se usará en la clasificación o cartografiado de los elementos deseados. Para la vigilancia que ejerce el OAG serán las comunidades algales y otras propias del dominio intermareal relevantes en el PVA.

En numerosa bibliografía se recomienda hacer el mayor esfuerzo en la georreferenciación centimétrica de los puntos de control o GCP. Es frecuente el empleo de equipos de medición topográfica de alta gama para la correcta ubicación geográfica del modelo construido. El OAG carece de esos medios y se vale de las coordenadas obtenidas a partir de GPS de mano, menos exactos y precisos.

El material resultante de este trabajo comentado necesita ser refinado, eliminando de él los puntos que aún quedan sin terminar de alinear y los artefactos que éstos generan en la malla al construir ésta. Igualmente debe recortarse por los flancos el modelo generado, ya que los bordes de las imágenes presentan problemas de definición, escala relativa y deformación debida a la óptica de las cámaras y se transforman en ruido para los propósitos de este trabajo.



Con todo, es posible conseguir reconstruir una franja de alto detalle de unos 4 m de anchura sobre la que trabajar.

En este estadio de desarrollo, la georreferenciación se lleva a cabo manualmente empleando los puntos de cabecera y distal, escalando la imagen convenientemente mediante la regla. En un futuro deberá hacerse automáticamente una vez se mida con precisión la ubicación permanente de los GCP.

Sistema de información geográfica

El siguiente paso, una vez obtenida una representación cartográfica del transecto y su entorno es cartografiar las poblaciones interesantes en la vigilancia, labor que se lleva a cabo mediante programas de SIG de los que el OAG hace uso desde hace más de una década.

Con el “ortomosaico” de fondo, el técnico delimita polígonos que cubren la mancha en cada aparición de esas especies hasta un límite que se es capaz de distinguir. Al realizarse sobre una base cartográfica geométricamente bien construida, se pueden calcular tanto superficies como porcentajes de recubrimiento y puede incluso almacenarse, si el ojo del técnico está entrenado, una métrica de la densidad, calidad, estado...

Siendo así que se trata de una estrategia recién puesta en marcha, debe todavía ajustarse la información que se almacenará en la base de datos geográficos. A buen seguro que inicialmente se tendrán en los campos de la base las características recogidas en la Tabla 37

Tabla 37 Información básica a recoger en la base de datos espaciales

CAMPO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Númérico	Diferencia al recinto de todos los demás.
Clase o biocenosis	texto	Comunidad preponderante o característica dentro del polígono. Codificado
Confianza de la determinación	numérico	Índice de seguridad en la asignación de clase
recubrimiento	numérico	Porcentaje representado por la comunidad en el polígono
Otras clases	Texto	Posiblemente valores codificados
Código de transecto	Texto	Codificado
Fecha de transecto	Fecha	Fecha de captura de las imágenes
superficie	numérico	Área geométrica
perímetro	Númérico	Perímetro del recinto
Contaminantes	Texto	Enumeración de sustancias u objetos
Estado de conservación	Texto	Valor codificado del estado de conservación

Los valores de clase se guardarán con una codificación, que irán a parar al campo “Clase” y al campo “Otras clases”. En este último podrán coexistir más de una clase, mientras en el primero solo se escribirá en código de la clase predominante. Para los parámetros de confianza y los de recubrimiento se escogen 5 rangos de porcentaje, así que en esos casos los campos contendrán uno de entre los siguientes valores: [0,25,50,75, 100]. El código de transecto identificará no sólo la estación en la que se desarrolla sino también la fecha, de modo adecuado.

La adopción de esta estrategia posibilitará el análisis escogiendo a voluntad y sobre la base de criterios específicos los recintos que deben analizarse, bien sea eligiendo según la clase, el recubrimiento, etc. Pueden hacerse a su vez cálculos estadísticos elementales que enriquecerán las conclusiones acerca de la evolución del objeto de estudio.

La tecnología de los SIG abre otro amplio campo de análisis mediante el cruce de informaciones de otra índole que ocurran en la misma zona del territorio, tanto intrínsecas a la capa de biocenosis (fragmentación de las manchas, superficie media, orientación del transecto, entre otras) como en su relación espacial con otros hechos geográficos (distancia a actividades humanas, accesibilidad...) que en el futuro pudieran considerarse útiles para explicar o anticipar el comportamiento de las comunidades.

El OAG basa sus trabajos con la información geográfica principalmente en el entorno ArcGIS y QGIS, de modo que los contenidos puedan ser difundidos fácilmente cuando así se decidiese, al ser estos paquetes ampliamente empleados y los formatos de sus ficheros de trabajo universalmente conocidos.

Resultados

En el Anexo VI se proporcionan mapas de dos transectos bien reconstruidos y de las comunidades delimitadas sobre esas reconstrucciones. En la Figura 131 se ejemplifican los diferentes estados y productos del proceso.

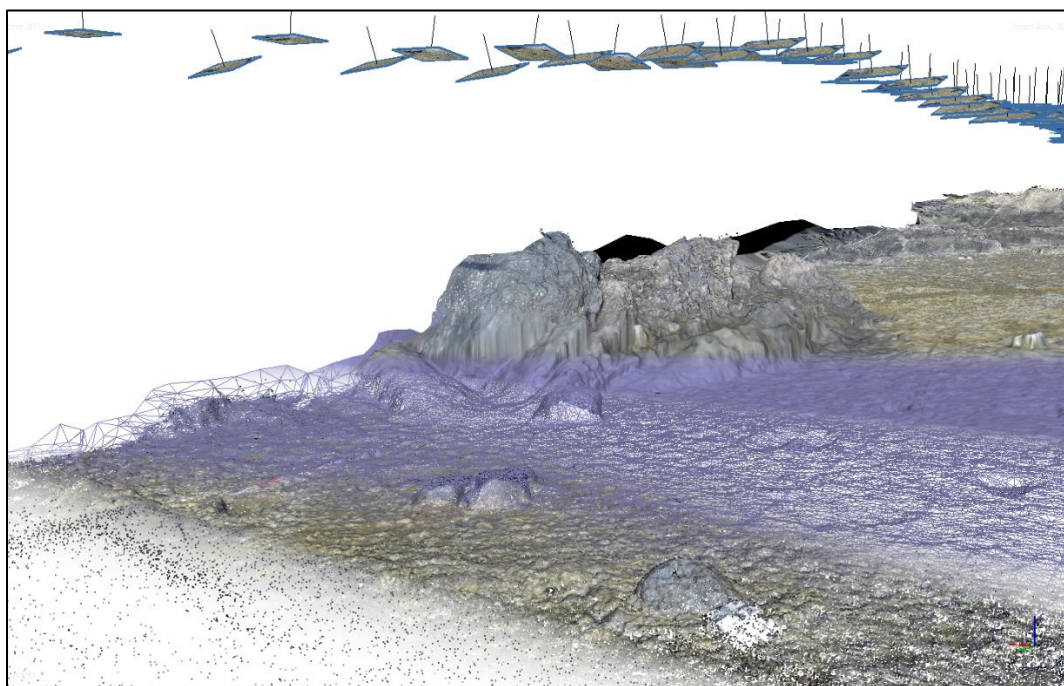


Figura 131 Fases de construcción del modelo 3D a partir de fotogramas extraídos del vídeo. De abajo a arriba, nube de puntos, nube densa de puntos, malla de triangulación, modelo coloreado, modelo texturizado



Ha sido posible reconstruir con suficiente calidad varios transectos del año 2022. En este informe se incluirán las reconstrucciones de los transectos de las estaciones TGr16 (La Rajita) y TGr12 (El Tancón o ITER), y se ofrecen a continuación estadísticas ilustrativas de sus características.

Transecto				TGr12 Tancón o ITER	TGr16 La Rajita
Longitud				65 m	38 m
Superficie reconstruida				217,45 m ²	157 m ²
Número de imágenes válidas				625	192 de 211
Etapas y productos					
Puntos nube	básica	de		505.176	167.442
Puntos densa	nube	de	puntos	98.252.254	16.265.231
Malla o <i>mesh</i> (n°. triángulos)				28.760.481 caras	3.097.543 caras
GCP y otras referencias				13	12
Reglas y referencias				2	1
Ortomosaico				6.593 x 63.351 pix (1.05 mm/pix)	6.648 x 49.749 pix (7,99 mm/pix)
Ortomosaico teselado				9 niveles, 0.8mm/pix	

En lo que atañe a la cartografía de comunidades, en TGr16 (La Rajita) se cartografía un polígono con una extensión de 152 m² y en el que se han delimitado 6 subpolígonos que presentan 5 comunidades diferentes:

- intermareal vegetal mixto, 92,51 m²,
- algas verdes, 28,89 m²,
- rocas sin vegetación, 26,57 m²,
- banda de *Chthamalus*, 3,87 m² y
- cianófitas, 0,65 m² (vestigios en la zona más lejana de la orilla),

Cabe profundizar un nivel más en el detalle de la composición, en este transecto, de la clase “intermareal vegetal mixto”, donde las algas más representativas son las algas articuladas rojas (*Jania* spp., *Corallina elongata* y *Haliptilon virgatum*) y las pardas (*Dyctiota* spp. y *Padina pavonica*); igualmente destacan algunos parches de algas verdes del género *Enteromorpha*.

En el caso de TGr12 sólo se definieron dos comunidades, la zona de rocas sin vegetación en un área de 120,68 m², y la banda de crustáceos del género *Chthamalus*, a la que se ha asignado una parcela de 96,77 m² (55,5% y 44,5% respectivamente). En este transecto la variabilidad es muy baja y aparentemente no supone por su diversidad una zona de alto interés. La superficie total asciende a 217,45 m². No se han detectado en los intermareales especies exóticas.

La Figura 132 ilustra de modo gráfico estos valores y distribuciones de clases en ambos transectos.

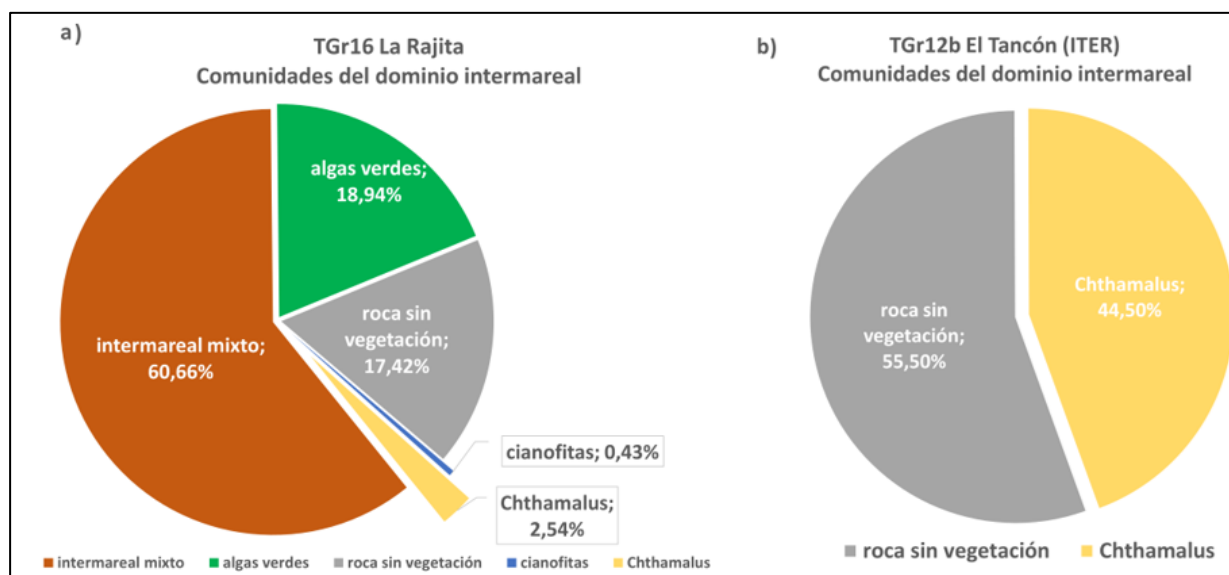


Figura 132 a) Clasificación TGr16, La Rajita. b) Clasificación de TGr12, Tancón

Conclusiones

Se abordó previamente la recomendación de un cálculo lo más exacto y preciso posible de los puntos de control para aumentar la corrección del modelo desde el punto de vista geográfico. Sin embargo, en un primer ensayo del procedimiento, se ha considerado suficientemente adecuado el resultado para hacer un seguimiento campaña tras campaña, siempre y cuando se consiga una reconstrucción de cada transecto geométricamente similar en todas ellas, pues se busca la comparación entre unas y otras para monitorizar los posibles cambios más que un posicionamiento más o menos exacto. En este sentido cobran importancia las regletas calibradas que permiten obtener las dimensiones a escala.

Otro problema importante es la estabilidad de la cámara. En el montaje que se ha construido se debe conseguir una mejor atenuación de los movimientos inducidos por los propios técnicos al recorrer con dificultad los accidentados terrenos sobre los que discurren los transectos, terrenos que obligan a una deambulación inestable y en ocasiones poco fluida. Esta inestabilidad produce fotogramas movidos y borrosos que no llegan a tener calidad suficiente para participar en la reconstrucción del modelo. Incluso cuando esos fotogramas pueden participar, aportan falta de definición en la cartografía final, algo que puede hacer fracasar la identificación de las formaciones que se buscan y que obliga a reducir el nivel de identificación y prescindir del objetivo de determinar de qué especies o incluso grupos se trata una mancha.

Sería menester dedicar energía a la marcación física precisa de los puntos de control GCP con el instrumental de topografía adecuado (estaciones totales, teodolitos...), algo que sería suficiente hacer una sola vez. La Fundación está trabajando en un diseño de marcas que puedan ser instaladas rápidamente, campaña tras campaña, sobre los puntos exactos que se han medido, de manera que la reconstrucción de los modelos sea más automatizable y rápida.



Otra mejora indiscutible sería la colección de fotografías mediante un DRONE equipado con sensores que cubran más longitudes de onda que ayuden a discriminar mejor entre las distintas clases de organismos y materiales que cubren los transectos. Desde la experiencia acumulada por el Observatorio, puede decirse que la sola incorporación de un dispositivo en el flujo de trabajo conllevaría amplias ventajas.

Las comunidades definidas en los dos transectos expuestos en el presente documento constituyen un elenco de partida y, sin duda, se verán acompañadas por otras nuevas a medida que vaya perfeccionándose la metodología, tanto en la obtención de los metrajés y las instantáneas como en el dominio de las fases de reconstrucción y levantamiento de modelos. Gracias a ese avance, la capacidad de discriminación se verá incrementada y con ella los niveles de detalle tanto geométrico como bionómicos. Se trata de un perfeccionamiento para su uso como herramienta comparativa de las variaciones ambientales en el tiempo en los transectos intermareales a estudio.

Sin duda constituye una herramienta fundamental para la monitorización de las tendencias de la biodiversidad local y la detección y seguimiento de especies exóticas potencialmente invasoras y cualquier otro evento en la costa de Granadilla.

6.6.2 Comunidades de peces litorales

En el PVA en fase de construcción, anterior al 2022, se realizaba el recuento de los peces 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 m²) durante dos minutos (con réplicas). El conteo de las especies pelágicas (estaciones TGr07 y TGr15) se hacía hasta finales de 2021 con cámara a 20 m sobre un fondo de 50 m durante 5 minutos.

En este nuevo PVA y de las tendencias de la biodiversidad local, se monitorizan los cambios en la biodiversidad local mediante registro de diversas métricas sobre los peces (especies, número de especies y de ejemplares de cada una), como grupo representativo más idóneo para detectar esos cambios. En el caso de especies bentónicas y demersales, el muestreo se realiza en cuatro estaciones fijas (TGr42, TGr12, TGr16 y TGr17) contando desde el fondo todas las especies presentes en una columna de agua de unos 5,68 m de radio (100 m²) durante dos minutos, recuento que se ejecuta en 4 réplicas. La periodicidad de los muestreos es semestral. En el 2022 se realizaron en marzo y en diciembre.

Dentro de la dársena portuaria se podrán realizar recorridos al azar mediante buceo autónomo, cámara arrastrada o ROV (vehículo operado remotamente) grabando con la cámara de vídeo. Así mismo, se inspecciona el contradique dos veces al año en toda su cara externa para el control y seguimiento de especies exóticas potencialmente invasoras.

Si fuera necesario para la determinación de estas especies, podrá ser fondeada una nasa (se cuenta con los permisos necesarios) en el martillo del contradique, durante varios días, para el estudio de posibles especies de peces foráneas; e incluso hacer pescas manuales.

La diversidad de especies se expresa con el índice de Margalef, según la fórmula $S = N^k$, donde

donde

$$k = \frac{\ln s}{\ln N}$$

y siendo S el número de especies y N el número de individuos.

A continuación, en la tabla 38, se muestran los resultados obtenidos hasta la fecha en 2022. Dichos datos podrán ser comparados en posteriores anualidades, completando así ciclos enteros de seguimiento anuales.



Tabla 38. Campaña de peces litorales primer semestre (pelágicas) (2022)

Especie	Nombre vulgar	TGR-12-1	TGR-12-2	TGR-12-3	TGR-12-4	TGR-16-1	TGR-16-2	TGR-16-3	TGR-16-4	TGR-17-1	TGR-17-2	TGR-17-3	TGR-17-4	TGR-42-1	TGR-42-2	TGR-42-3	TGR-42-4
		23/02/2022	23/02/2022	23/02/2022	23/02/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022
<i>Sphyrna viridensis</i>	Bicuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belone belone gracilis</i>	Aguja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachinotes ovatus</i>	Palometa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seriola dumerili</i>	Medregal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atherina presbyter</i>	Guelde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pomatomus saltator</i>	Pejerrey	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthocybium soladri</i>	Peto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocaranx dentex</i>	Jurel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Boops boops</i>	Boga	0	25	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aluterus scriptus</i>	Gallo azul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthidermis o Balistes</i>	Gallo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de especies (S)		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total ejemplares (N)		0	25	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ln (S)		n/a	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Ln(N)		n/a	3,218875825	n/a	n/a	n/a	n/a	2,708050201	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Índice de Margalef $S = Nk, k = LnS/LnN$		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
PROMEDIO Total de especies (S)		0,25				0				0				0			
PROMEDIO Total ejemplares (N)		6,25				3,75				0				0			
PROMEDIO Índice de Margalef $S = Nk, k = LnS/LnN$		n/a				n/a				n/a				n/a			

Tabla 39. Campaña de peces litorales segundo semestre (pelágicas) (2022)

Especie	Nombre vulgar	TGR-12-1	TGR-12-2	TGR-12-3	TGR-12-4	TGR-16-1	TGR-16-2	TGR-16-3	TGR-16-4	TGR-17-1	TGR-17-2	TGR-17-3	TGR-17-4	TGR-42-1	TGR-42-2	TGR-42-3	TGR-42-4
		03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022
<i>Sphyrna viridensis</i>	Bicuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belone belone gracilis</i>	Aguja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachinotes ovatus</i>	Palometa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seriola dumerili</i>	Medregal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atherina presbyter</i>	Guelde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pomatomus saltator</i>	Pejerrey	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthocybium soladri</i>	Peto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocaranx dentex</i>	Jurel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Boops boops</i>	Boga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aluterus scriptus</i>	Gallo azul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthidermis o Balistes</i>	Gallo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de especies (S)		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total ejemplares (N)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ln (S)		n/a	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Ln(N)		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Índice de Margalef $S = Nk, k = LnS/LnN$		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
PROMEDIO Total de especies (S)		0,25				0				0				0			
PROMEDIO Total ejemplares (N)		0				0				0				0			
PROMEDIO Índice de Margalef $S = Nk, k = LnS/LnN$		n/a				n/a				n/a				n/a			



Tabla 40. Campaña de peces litorales primer semestre (demersales) (2022)

Especie	Nombre vulgar	TGR-12-1	TGR-12-2	TGR-12-3	TGR-12-4	TGR-16-1	TGR-16-2	TGR-16-3	TGR-16-4	TGR-17-1	TGR-17-2	TGR-17-3	TGR-17-4	TGR-42-1	TGR-42-2	TGR-42-3	TGR-42-4
	Fecha muestreo	23/02/2022	23/02/2022	23/02/2022	23/02/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	24/03/2022
<i>Sphaeroides marmoratus</i>	Tamboril	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xyrichtys novacula</i>	Peje Peine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Boops boops</i>	Boga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spharisma cretense</i>	Vieja	6	1	3	0	0	0	0	0	3	3	2	2	0	0	0	0
<i>Pagellus acarne</i>	Besuguito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus annularis</i>	Mojarra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus vulgaris</i>	Seifia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pagrus pagrus</i> (juvenil)	Breca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthigaster capistratus</i>	Gallinita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bothus podas</i>	Tapaculos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serratus atricauda</i>	Cabrilla	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Serranus scriba</i>	Cabrilla pintada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Teniura grabata</i>	Chucho negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachinus draco</i>	Araña costera	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Spondyliosa cantharus</i>	Chopa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus sp.</i>	Sargo	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pomadasys incisus</i>	Roncador	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pagrus auriga</i> (juvenil)	Sama (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spaurus aurata</i> (juvenil)	Dorada (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oblada melanura</i>	Galana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena sp.</i>	Rascacio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarpa salpa</i> (juvenil)	Salema (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
<i>Umbria canariensis</i> (juvenil)	Verrugato (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myliobatis aquila</i>	Ratón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Octopus vulgaris</i>	Pulpo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gobius niger</i>	Caboso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synodus synodus</i>	Lagarto	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Stephanolepis hispidus</i>	Gallo verde o gallito	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	3
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Herreras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chromis limbata</i>	Fula blanca	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Abudefduf luridus</i>	Fula negra	18	15	6	5	3	13	12	12	3	3	3	3	7	3	6	4
<i>Pagrus pagrus</i>	Bocinero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarda sarda</i>	Sierras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sepia officinalis</i>	Choco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassoma pavo</i>	Pejeverde	8	25	16	6	3	12	6	12	6	9	6	6	4	6	3	2
<i>Pseudocaranx dentex</i>	Jurel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heteroconger longissimus</i>	Anguila jardinera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centrolabrus trutta</i>	Romero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de especies (S)		3	5	5	3	6	4	4	5	4	3	3	3	3	4	4	4
Total ejemplares (N)		32	42	27	14	20	43	27	33	17	19	14	14	14	22	14	11
Ln (S)		1,10	1,61	1,61	1,10	1,79	1,39	1,39	1,61	1,39	1,10	1,10	1,10	1,10	1,39	1,39	1,39
Ln(N)		3,47	3,74	3,30	2,64	3,00	3,76	3,30	3,50	2,83	2,94	2,64	2,64	2,64	3,09	2,64	2,40
Índice de Margalef S = Nk, k = LnS/LnN		0,32	0,43	0,49	0,42	0,60	0,37	0,42	0,46	0,49	0,37	0,42	0,42	0,42	0,45	0,53	0,58
PROMEDIO Total de especies (S)		4				5				3				4			
PROMEDIO Total ejemplares (N)		29				31				16				15			
PROMEDIO Índice de Margalef S = Nk, k = LnS/LnN		0,41				0,46				0,42				0,49			

Tabla 41. Campaña de peces litorales segundo semestre (demersales) (2022)

Especie	Nombre vulgar	TGR-12-1	TGR-12-2	TGR-12-3	TGR-12-4	TGR-16-1	TGR-16-2	TGR-16-3	TGR-16-4	TGR-17-1	TGR-17-2	TGR-17-3	TGR-17-4	TGR-42-1	TGR-42-2	TGR-42-3	TGR-42-4
	Fecha muestreo	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022	03/12/2022
<i>Sphoeroides marmoratus</i>	Tamboril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
<i>Xyrichtys novacula</i>	Peje Peine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Boops boops</i>	Boga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spharisma cretense</i>	Vieja	5	12	8	0	0	0	0	0	6	5	4	6	3	6	6	12
<i>Pagellus acarne</i>	Besuguito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus annularis</i>	Mojarra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus vulgaris</i>	Seifia	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Pagrus pagrus</i> (juvenil)	Breca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthigaster capistratus</i>	Gallinita	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bothus podas</i>	Tapaculos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serratus atricauda</i>	Cabrilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serranus scriba</i>	Cabrilla pintada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tenura grabata</i>	Chucho negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachinus draco</i>	Araña costera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondylosoma cantharus</i>	Chopa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus sp.</i>	Sargo	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pomadasys incisus</i>	Roncador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
<i>Pagrus auriga</i> (juvenil)	Sama (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spaurus aurata</i> (juvenil)	Dorada (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oblada melanura</i>	Galana	50	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena sp.</i>	Rascacio	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Sarpa salpa</i> (juvenil)	Salema (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	12	0	0
<i>Umbra canariensis</i> (juvenil)	Verrugato (juveniles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myliobatis aquila</i>	Ratón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Octopus vulgaris</i>	Pulpo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gobius niger</i>	Caboso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synodus synodus</i>	Lagarto	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanolepis hispidus</i>	Gallo verde o gallito	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Herreras	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chromis limbata</i>	Fula blanca	0	0	0	1	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0
<i>Abudefduf luridus</i>	Fula negra	10	15	6	12	24	21	18	24	15	13	15	12	15	12	18	15
<i>Pagrus pagrus</i>	Bocinegro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarda sarda</i>	Sierras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sepia officinalis</i>	Choco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassoma pavo</i>	Pejeverde	15	12	16	19	12	11	9	13	21	21	18	23	25	23	22	8
<i>Pseudocaranx dentex</i>	Jurel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heteroconger longissimus</i>	Anguila jardinera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centrolabrus trutta</i>	Romero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de especies (S)		5	5	4	4	4	3	2	4	4	5	3	4	6	5	4	3
Total ejemplares (N)		130	139	32	82	38	35	27	44	43	42	37	47	60	59	47	35
Ln (S)		1,61	1,61	1,39	1,39	1,39	1,10	0,69	1,39	1,39	1,61	1,10	1,39	1,79	1,61	1,39	1,10
Ln(N)		4,87	4,93	3,47	4,41	3,64	3,56	3,30	3,78	3,76	3,74	3,61	3,85	4,09	4,08	3,85	3,56
Índice de Margalef S = Nk, k = LnS/LnN		0,33	0,33	0,40	0,31	0,38	0,31	0,21	0,37	0,37	0,43	0,30	0,36	0,44	0,39	0,36	0,31
PROMEDIO Total de especies (S)		5				3				4				5			
PROMEDIO Total ejemplares (N)		96				36				42				50			
PROMEDIO Índice de Margalef S = Nk, k = LnS/LnN		0,34				0,32				0,37				0			



6.6.3 Perfiles y cartografía bionómica

6.6.3.1 Transectos bionómicos

Con la entrada del PVA y de las tendencias de la biodiversidad local (2022-2026) se han reducido de seis a cuatro, los transectos a realizar. Se dejan de llevar a cabo los transectos de Toscón (más al norte) y Bocinegro (más al sur). Con la realización de dichos transectos se obtienen datos objetivos de control de las tendencias de la biodiversidad local, que permiten decidir la elaboración de posibles medidas de contingencia y nuevos métodos o estaciones de muestreo. A su vez, estos transectos permiten calibrar la clasificación supervisada de las imágenes de satélite con las que se genera el mapa bionómico de toda la zona. Esta es la forma más eficiente de mantener monitorizada las tendencias de la biodiversidad local, al abarcar gran superficie de manera integral, con un coste mínimo en los aspectos económico y temporal. No obstante, si se detectaran cambios en las comunidades o fuera necesario identificar especies, comunidades o estructuras, podrán reforzarse con inmersiones de buceo autónomo o nuevos transectos. Este año 2022 se continúa realizando el comparativo temporal del transecto Travieso, ideado durante la campaña de 2017, cuya localización, batimetría y longitud permite la evaluación del estado ZEC seabadales en los límites de la ZEC/puerto (Figura 133 y Figura 134). En 2022, tanto en invierno (marzo) como en verano (octubre), se realizaron los 4 transectos estipulados sin contratiempos.

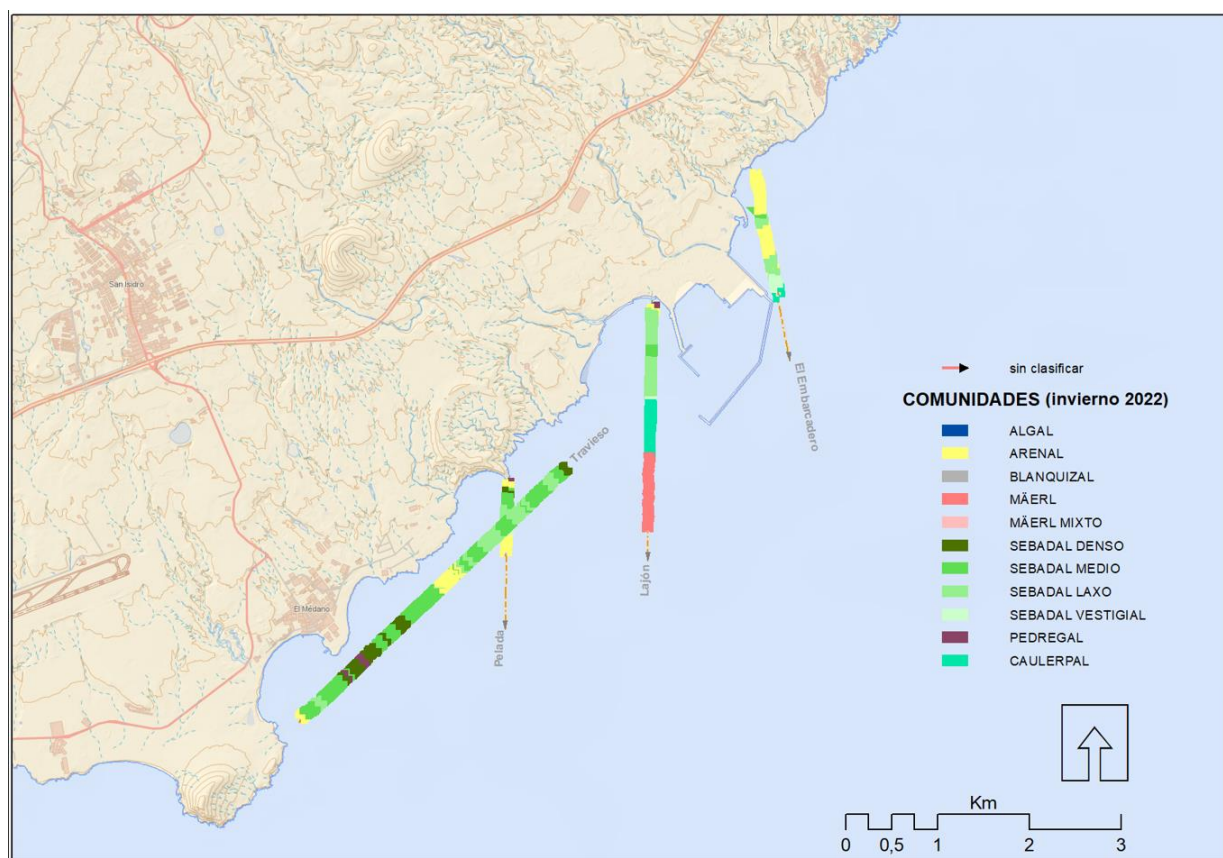


Figura 133. Transectos con su espectro bionómicos; invierno de 2022 (marzo).

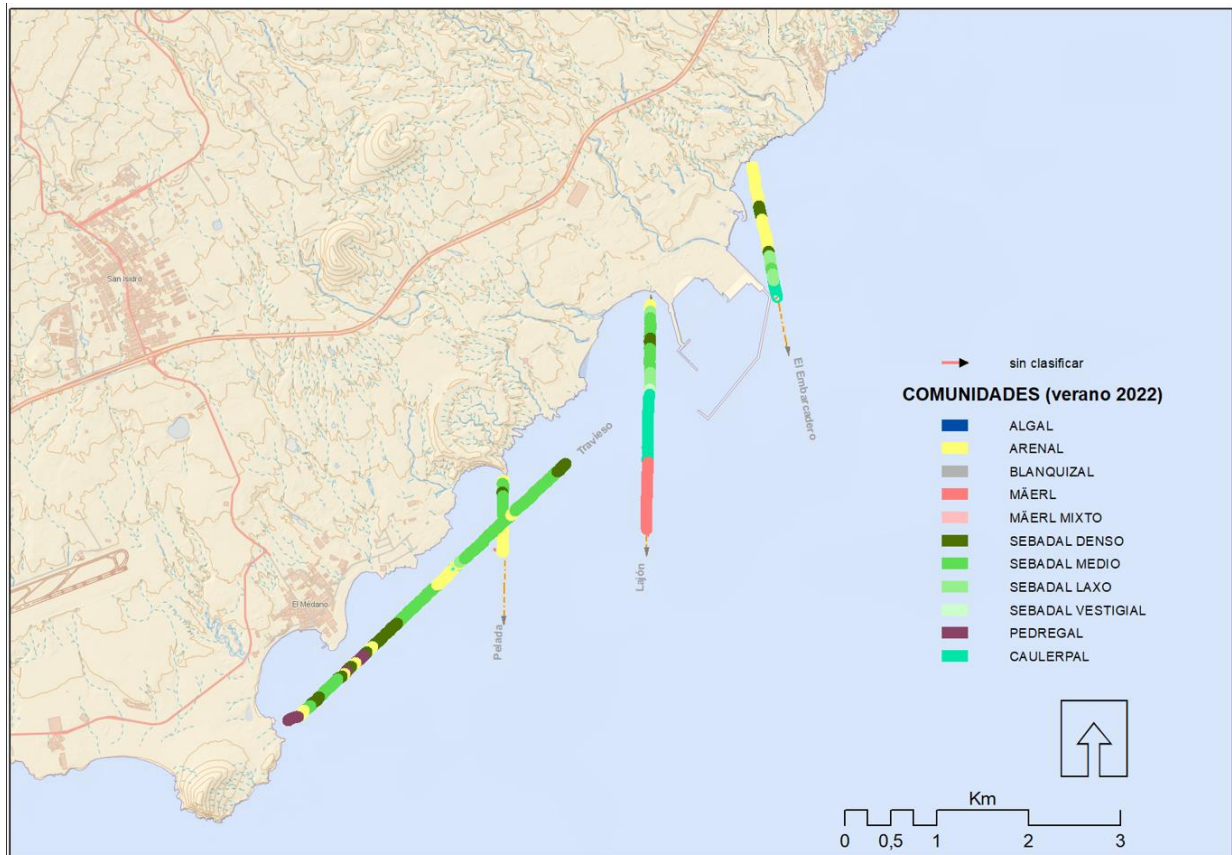


Figura 134. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2022 (octubre).

Desde el año 2019 el OAG usa 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.

Como se ha informado, desde 2019, los transectos llegan hasta la cota de los -30 metros. 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.

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 2022 se realizaron los transectos de invierno a lo largo del mes de marzo, y los de verano en el mes de octubre.

Tabla 42. Tipos de hábitats bentónicos y su código

Sigla	Descripción
AL	Algal: Esta unidad y el blanquizal pueden coexistir sobre sustrato rocoso, y se prioriza por dominio visual en la imagen.
BL	Blanquizal: La inclusión del pedregal como otra unidad bionómica no es posible al no poderse observar el contenido infralapidícola.
AR	Arenal: Sustrato granular con predominio de contenido mineral.
SV	Sebadal vestigial: Brotes dispersos sin estar conectados aparentemente.
SL	Sebadal laxo: Son las densidades de las praderas más frecuentes, cuya diferencia e identificación está condicionada por la extensión a lo largo del transecto y del campo de visión.
SM	Sebadal medio: En ocasiones puede estar en maërl, y se prioriza la especie dominante en la imagen.
SD	Sebadal denso: Su presencia suele ser restringida y difícil de diferenciar del sebadal medio según la altura de la pradera y el ángulo de visión.
MA	Maërl: Se presenta con varios niveles de granulometría, de escasos cm de diámetro, denominados confites, y de varios cm en general de conformación redonda, denominados rodolitos. Ambos pueden estar vivos, de ligero color rosa, o muertos, de color blanco. En este apartado no se consideran otras especies de carácter vestigial.
MM	Maërl mixto: Aquí el maërl actúa como sustrato o hábitat de otras especies, vegetales y animales, de las que se pueden determinar en imagen unas siete especies: - SV/SL (Sebadal vestigial o laxo de escasa presencia) - HD (<i>Halophila decipiens</i>) - CP (el alga verde <i>Caulerpa prolifera</i>) - BV (el sabélido <i>Bispira viola</i>) - OC (presuntos montículos del equiúrido <i>Ochetostoma</i>) - SG (el erizo <i>Sphaerechinus granularis</i>) - AJ (la anguila jardinera <i>Heteroconger longissimus</i>)
C	Caulerpal: Zonas dominadas por el alga verde <i>Caulerpa</i> . Principalmente suele 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 135. Las transiciones entre unos y otros pueden ser suaves y ofrecer todo tipo de combinaciones. Las especies se acomodan allí donde las circunstancias se lo permiten, al margen de las etiquetas que queramos poner al resultado final. Además, no siempre es fácil seguir el transecto teórico con precisión debido a las condiciones del mar (corrientes, mareas, etc.), por lo que se debe asumir un error de +/- 25 metros.

Los fondos en la zona objeto de estudio son, por lo general, blandos o granulares, no rocosos ni con pedregales significativos, salvo en las áreas más pegadas a la orilla. La naturaleza del sustrato comienza por ser volcánica pura (granulometría media) para ir adquiriendo con la profundidad (> -15 m) naturaleza calcárea debido a los bioclastos. A partir de los -20 m suele aumentar la granulometría notablemente con la presencia de elementos biológicos vivos de color rosa (anises) o blancos (confites y rodilitos, de varios centímetros de diámetro) (Figura 135).

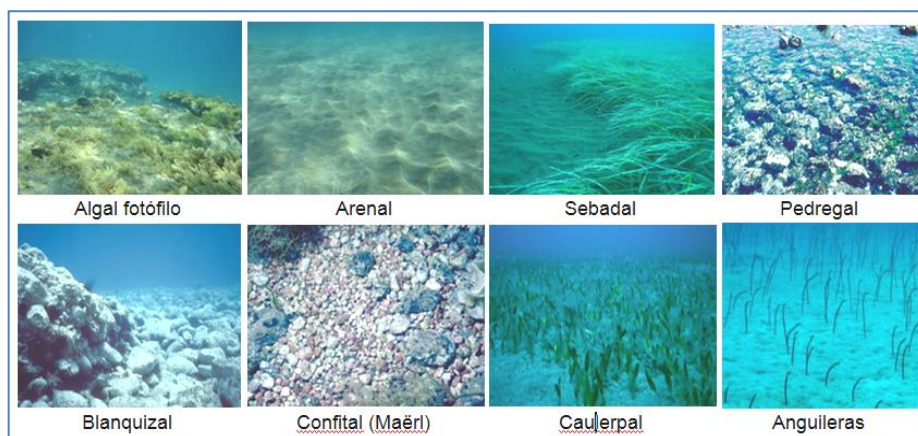


Figura 135. Aspecto de los distintos hábitats tipificados

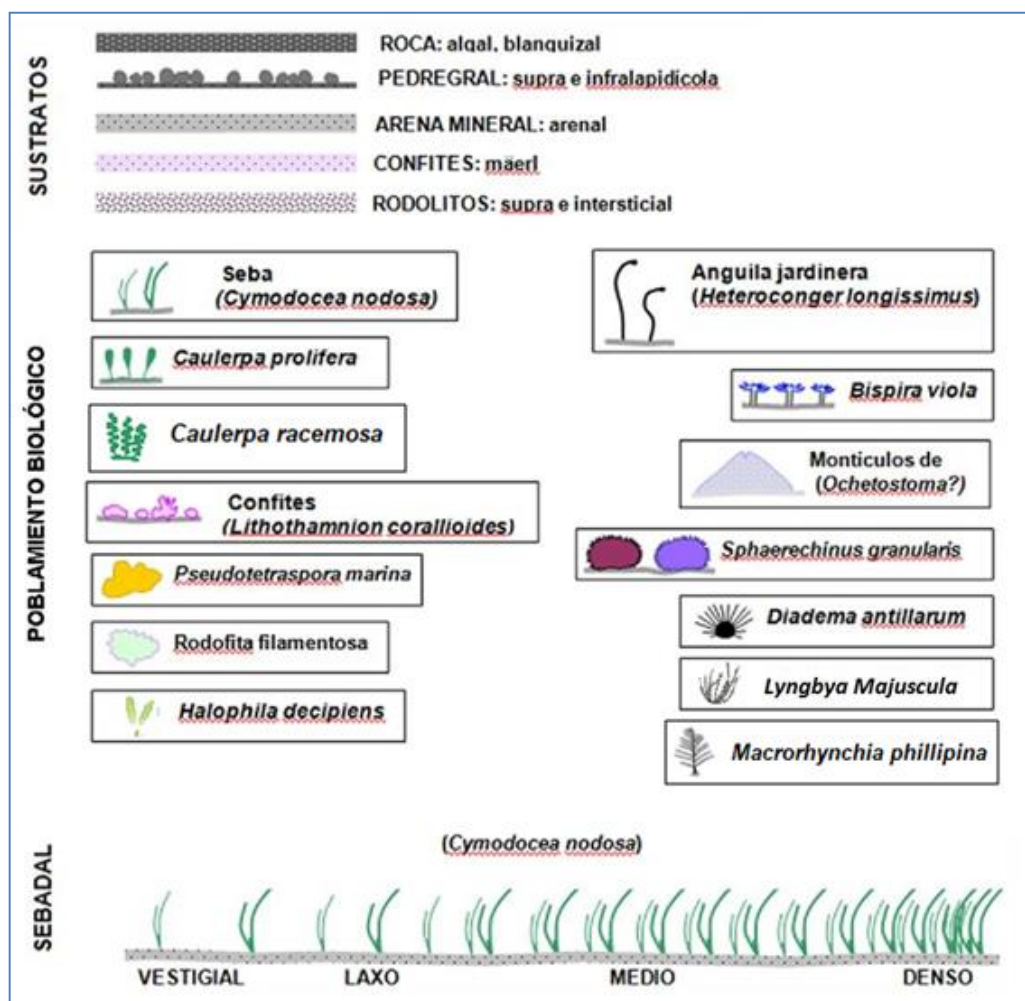


Figura 136. Simbología empleada en los diagramas bionómicos

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 136), 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.

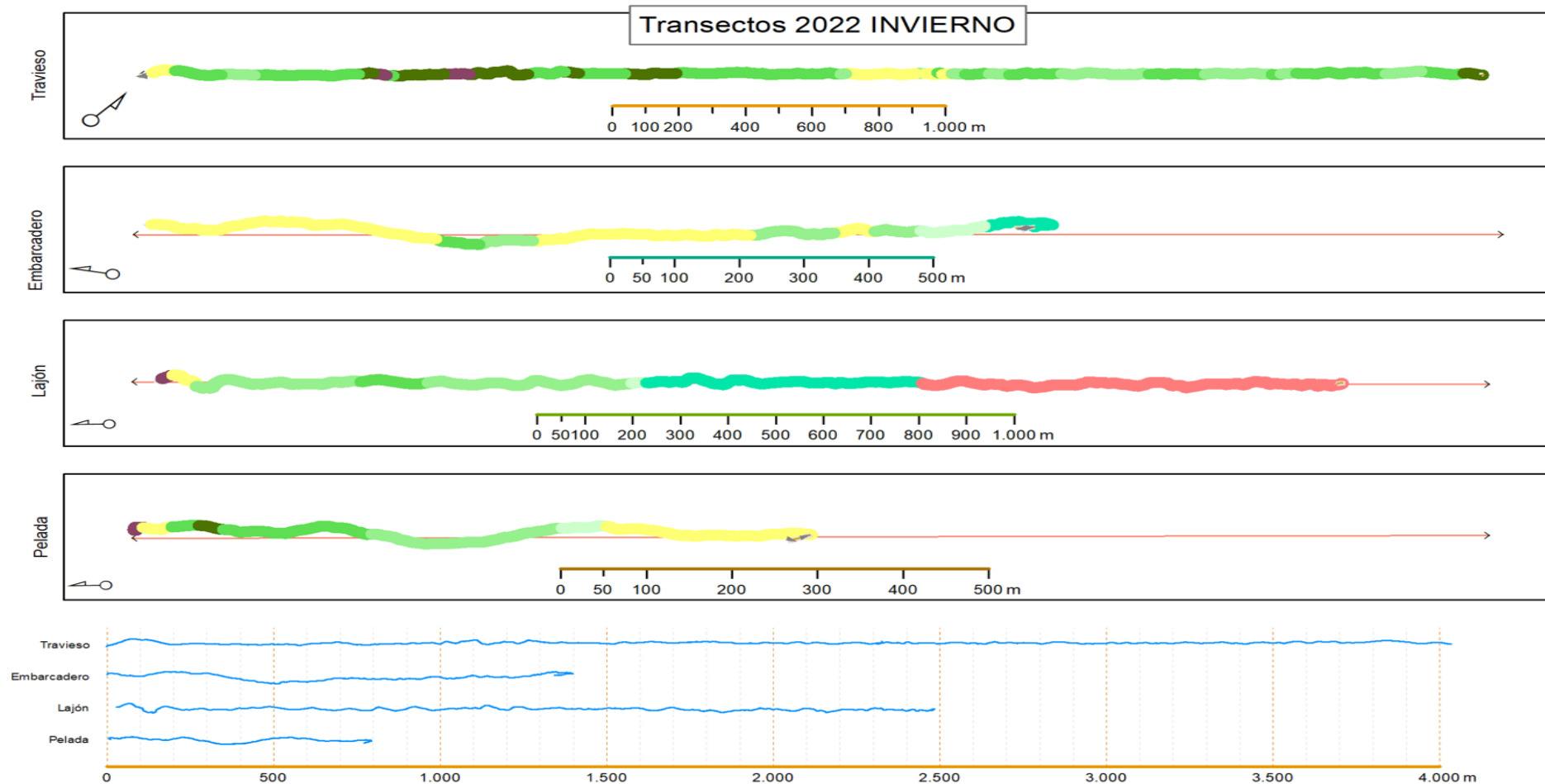
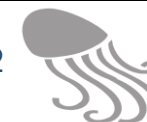


Figura 137. Espectros detallados con distancias de los transectos (invierno, marzo 2022)

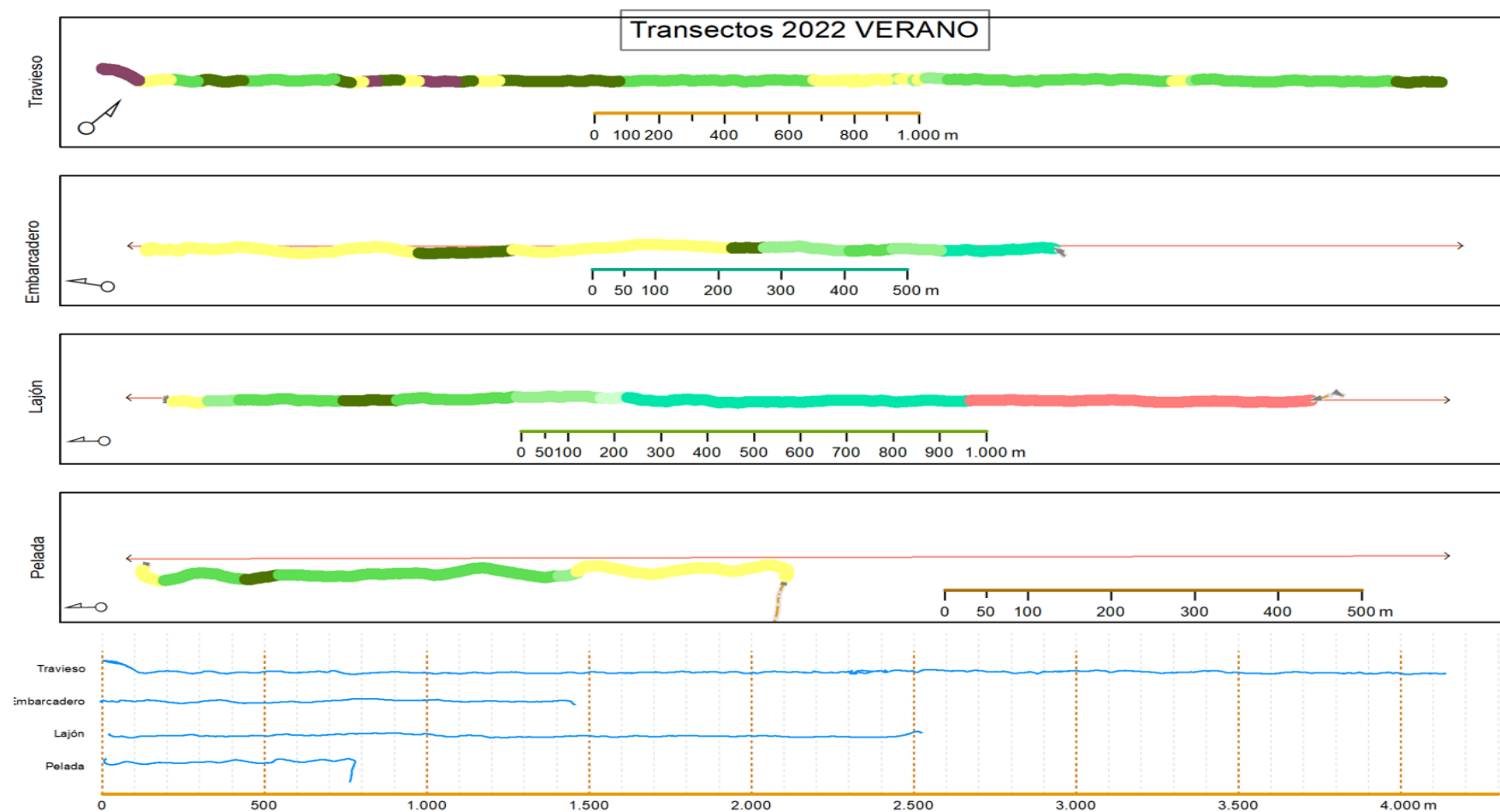


Figura 138. Espectros detallados con distancias de los transectos (verano, octubre 2022)

Transecto Pelada (863 m, rumbo 180°)

El transecto, en ambas estaciones, hasta unos -20 m, continúa presentando seabadales de densidad densa y media en arenales de distinta magnitud. Las calvas, escalones (o montículos), y los canales de bordes erosionados son bastante frecuentes. Sobre los -20 m disminuye la densidad del seabadal y comienza a aumentar progresivamente el contenido granular calcáreo de los arenales. También se comienzan a ver las anguilas jardineras.

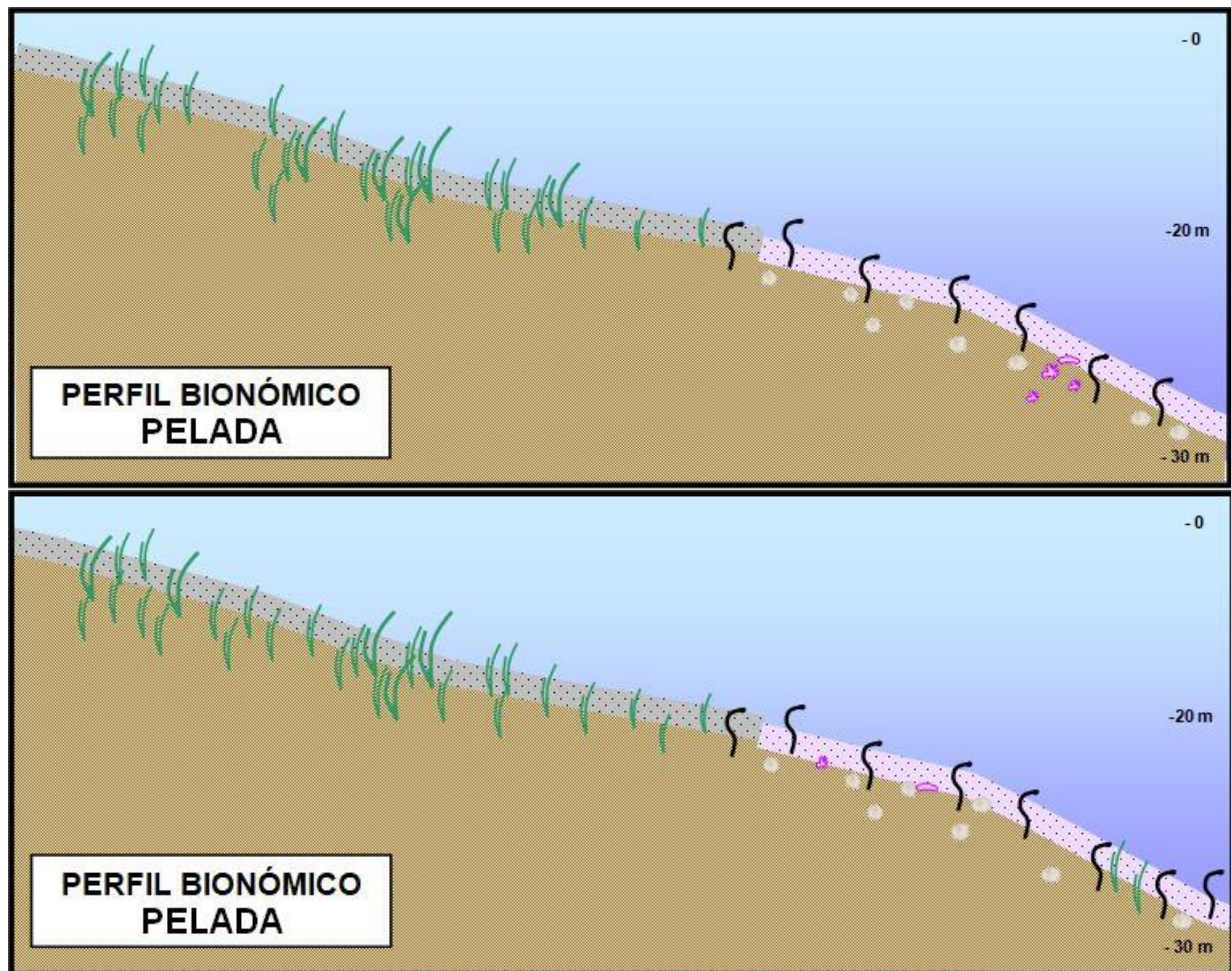


Figura 139. Transecto Pelada en 2022. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

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 años anteriores, la ausencia de *Lyngbya sp.* Los seabadales se extienden desde fondos someros de arenas (-5 m), hasta fondos más profundos de rodolitos (-23 m), en densidades variadas. Destaca la presencia, en esta misma zona, donde está presente *Caulerpa*, de algas bentónicas de diversos géneros (*Lophocladia trichoclados*).

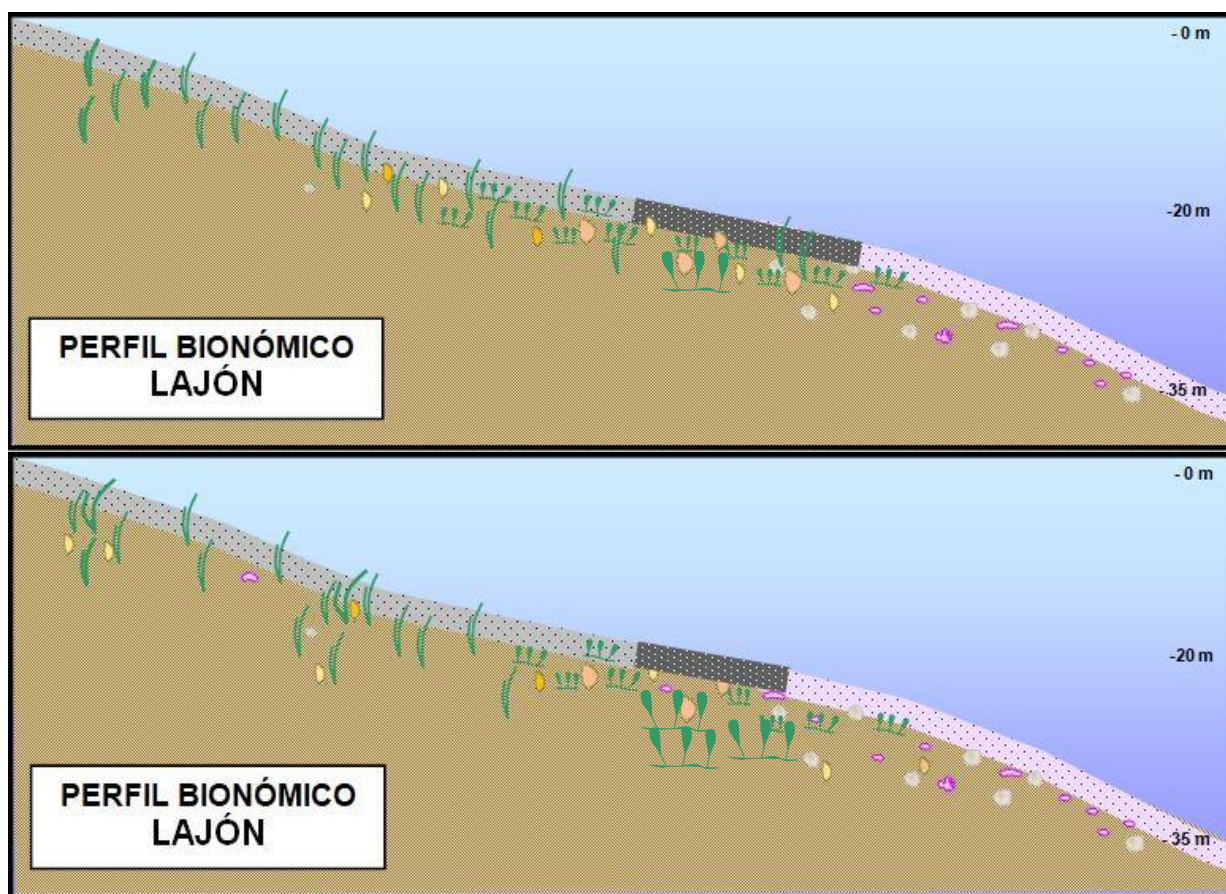


Figura 140. Transecto Lajón en 2022. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

Transecto Embarcadero (1.400 m, rumbo 168°)

De forma similar a años anteriores, en las dos estaciones los fondos someros son arenales 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 y densa. 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. A partir de los 25 metros se observa un caulerpal extenso (aproximadamente 140 metros de longitud).

En el periodo estival el fondo es similar en composición, siendo la densidad de haces de seba, al ser la época estival, superior.

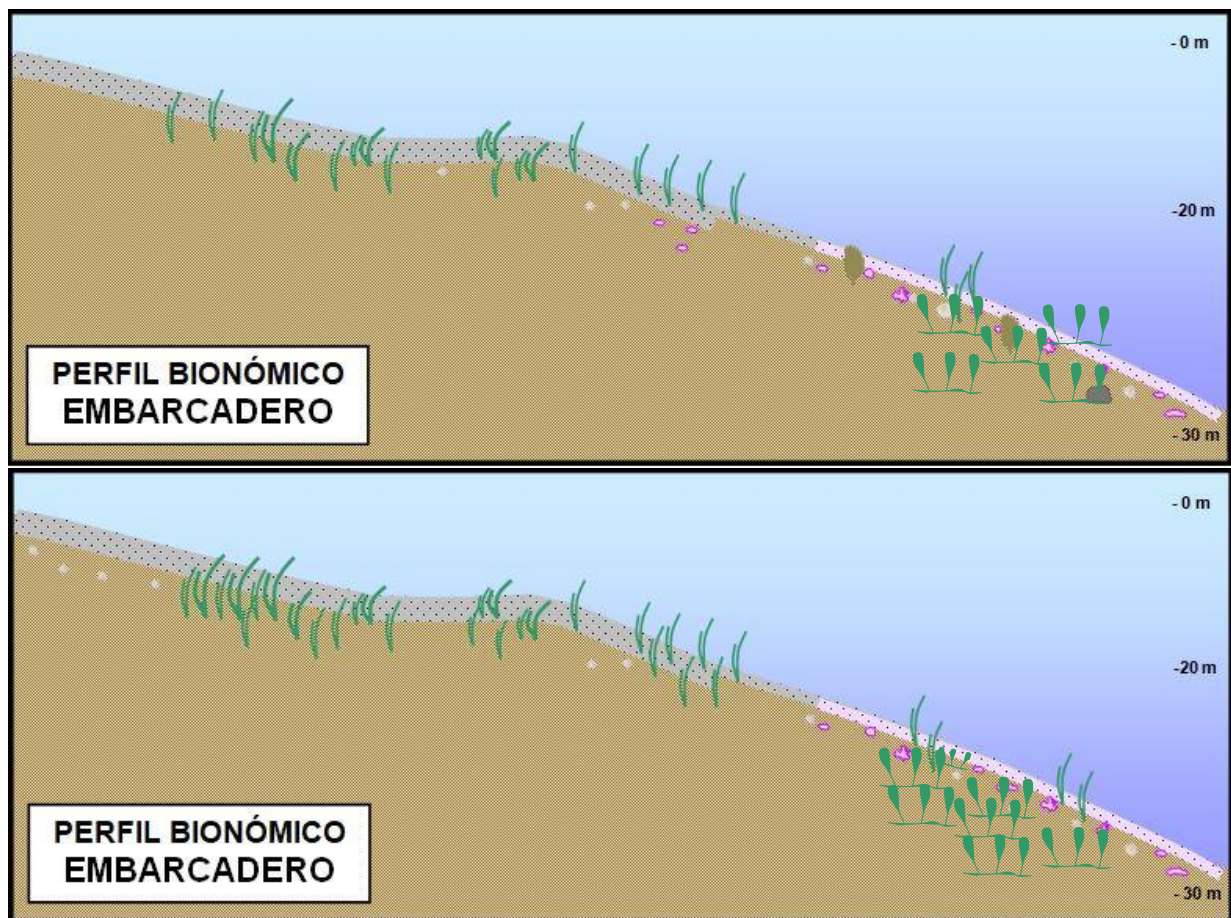


Figura 141. Transecto Embarcadero en 2022. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo)

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 seadales 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 142 a Figura 145).

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 142. Espectros bionómicos del transecto embarcadero realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2022)

En el transecto Embarcadero, destaca la sustitución del *caulerpal* y de los arenales localizados en 2017 y ahora en 2022 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 ligera recuperación en amplitud.

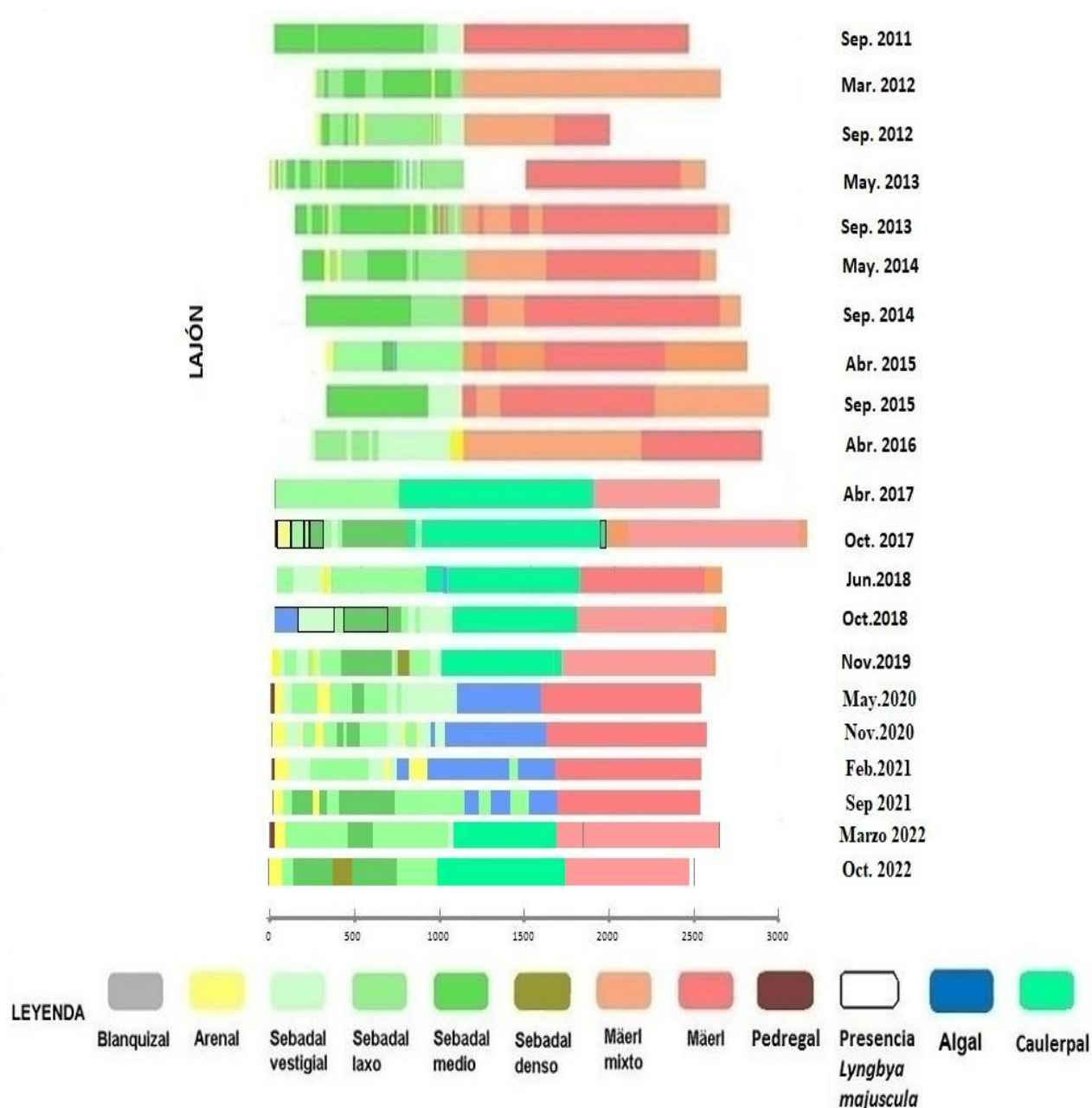


Figura 143. Espectros bionómicos del transecto Lajón al sur de Granadilla (2011-2022)

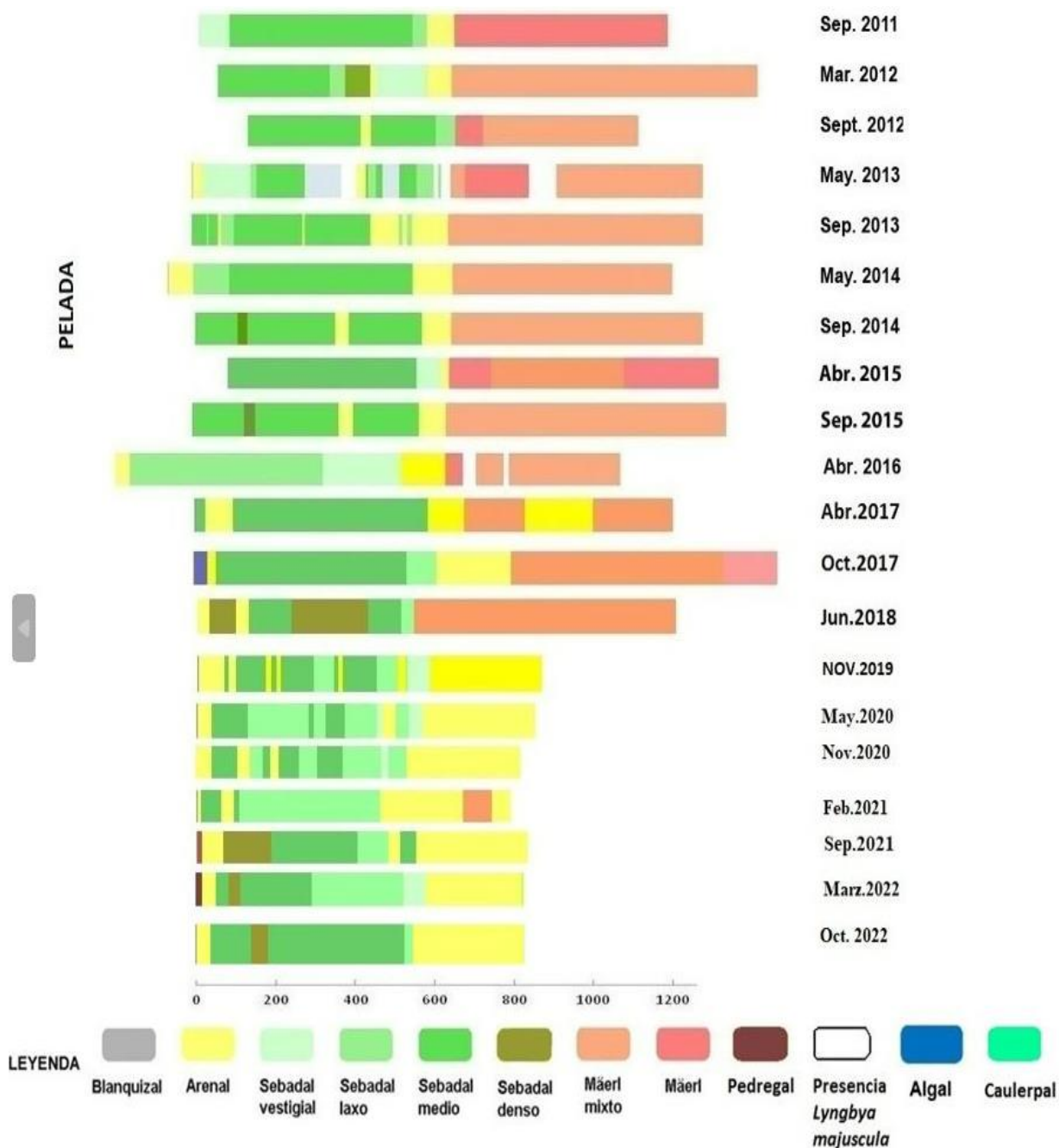


Figura 144. Espectros bionómicos del transecto Pelada al sur de Granadilla (2011-2022)

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, 2021 y más aún en 2022. 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. Ausente este fondo algal en medio del transecto para el 2022. En este fondo tampoco se ha encontrado *Lyngbya* sp., observada en el año 2018. El caulerpal reconocido en torno a los 900 m, detectado en, 2017, 2018 y 2019, vuelve a aparecer en este año 2022. Llevaba dos años sin detectarse como tal.

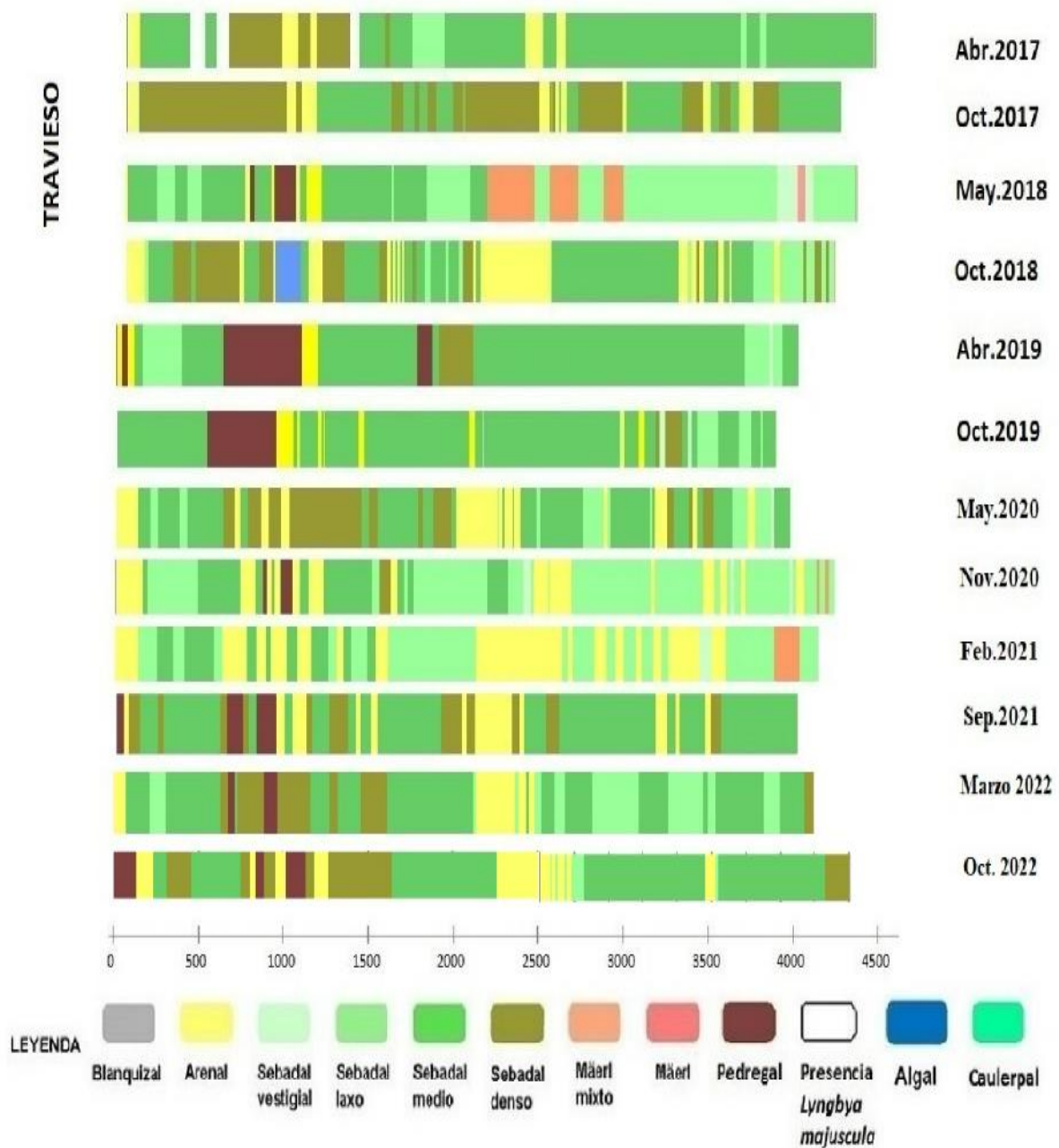


Figura 145. Espectros bionómicos del transecto Travieso (2017-2022)



El transecto Travieso, realizado por primera vez en 2017, está constituido casi en la totalidad de sus 4 500 m de longitud, por sebadales de distinta densidad. En comparación con la referencia del 2017, el estado general de todos los sebadales parece haber disminuido 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. En este año 2022 se sigue misma dinámica.

6.6.3.2 Mapa bionómico

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 hubiera. Ante la imprevisibilidad de obtener buen material, se optó por hacer encargos discrecionales en momentos de oportunidad meteorológica y de condiciones del mar.

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.

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 distribuidora ofrezca públicamente.

Como ya se expuso en la sección de la dinámica litoral, donde se abordan las alteraciones batimétricas, se ha reformulado el primer algoritmo de análisis de la imagen, desarrollado para WorlView2, que ya no trabajaba bien con las tomas de la nueva plataforma.

Una nueva aplicación se ha creado en sustitución de la primera, y debe facilitar la obtención de diversos productos de análisis de imágenes necesarios para la vigilancia, como son

- la concentración de Clorofila-A
- la turbidez del agua, la obtención de
- cálculo de la batimetría* y
- cartografía bionómica* ¹⁸

Para la consecución de esos resultados se han programado diversas herramientas de preparación (calibración radiométrica y atmosférica de las imágenes y la corrección de algunos defectos que sistemáticamente presentan, como un bandedo parásito). Igualmente se

¹⁸ *hasta profundidades de 25-30 m

incorporan herramientas para la extracción automática de la masa de agua que interesa estudiar, corrección del reflejo solar para atenuar el efecto radiativo del oleaje y filtros morfológicos para suavizar o corregir los valores de la escena antes de los tratamientos más exigentes con los que extraer diversos parámetros y mediciones. Algunas de esas herramientas pueden ser empleadas como tratamiento posterior de los resultados para facilitar posteriores usos.

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.

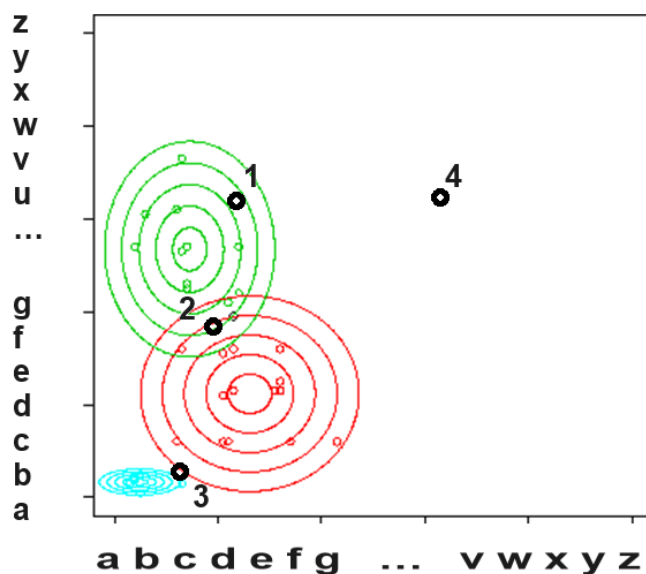


Figura 146 Representación del problema

En la clasificación de imágenes satelitales se emplean diversos métodos de muy diferente enfoque. Sin embargo, en todos es fundamental la posibilidad de distinción de las clases que se pretende encontrar o con las que se pretende dividir el área de estudio. Esa posibilidad de distinción recibe el nombre de separabilidad, o su inversa, la confundibilidad. Un píxel que no sea completamente igual a una de las clases,

pero que tome un valor en torno al 90% de similitud, puede ser también parecido

en un 90% a otra clase distinta. Esto supone que hay mucha incertidumbre para asignar ese píxel a una clase u otra. En este caso, esas clases son poco separables.

Normalmente ha de hacerse un análisis de la separabilidad de las clases pretendidas, cada una se compara con cada una de las demás, para saber qué esfuerzos y desarrollos necesita cada una para ser identificada y también para determinar si la pretensión está dentro del alcance de las metodologías. En la Figura 146 se tiene una representación del problema a resolver. Cada grupo de círculos representa el espacio (para palabras de 2 letras) en el que una combinación de letras concreta queda más cerca o más lejos del centro de cada grupo. Así, el punto 1 está dentro del área de pertenencia a la clase verde. El punto 4 no pertenece a ninguna clase, pero el



punto 2 podría pertenecer a la clase verde o a la clase roja, y el punto 3 casi que no se sabe si pertenece a la clase cian, a la roja o a ninguna. Una buena clasificación depende de una buena definición de clases, en la medida de lo posible.

En los años previos, el OAG ha ido incrementando el número de clases tratando de exprimir los algoritmos expresamente diseñados, para poder representar mejor la diversidad de las formaciones bentónicas y así conocer mejor los cambios y procesos en el fondo del mar. A pesar de ese empeño, en la nueva formulación del software se ha decidido prescindir de alguna clase y redefinir otras, puesto que no se está en condiciones, dadas las características de las imágenes, de superar la incertidumbre de la clase, cambios que se recogen en la Tabla 43.

Tabla 43 Tipología bentónicas anteriores a los nuevos algoritmos y actuales

Hasta 2022	Desde 2022
Algar	Algar
Arenal	Arenal
Blanquizal	Blanquizal - pedregal
Maërl	Maërl
Maërl mixto	Maërl mixto
Sebadal denso	Sebadal denso
Sebadal medio	Sebadal medio
Sebadal laxo	Sebadal laxo-vestigial
Sebadal vestigial	-----
Suelos calcáreos	Suelos calcáreos
Fondos profundos	Fondos profundos (superiores a 30 m)
Caulerpal	Caulerpal
Aguas turbias o fecales	Agua sucia, fangosa o limo

En la actualidad existen multitud de métodos para la clasificación de datos de teledetección. Los métodos no supervisados no necesitan una etapa preliminar de entrenamiento, pero sus precisiones son peores, por lo que habitualmente se utilizan clasificación supervisada.

En la última década, clasificadores supervisados basados en algoritmos de *machine learning* han demostrado prestaciones superiores y su utilización se ha generalizado en el ámbito de la teledetección. Recientemente, han surgido novedosos métodos basados en *deep learning* pero, dado que requieren ingentes cantidades de datos de entrenamiento, su utilización para la clasificación del fondo marino no es todavía una realidad. Durante la elaboración de la aplicación y en aras de asegurar que se daban pasos en la dirección correcta, se ensayaron múltiples combinaciones de métodos tanto de clasificación como de corrección de la imagen, determinándose que los más prometedores en términos de certidumbre y de tiempo de cómputo

eran los denominados SVM (*Support Vector Machine*)¹⁹ y KNN (*K-Nearest Neighbor*)²⁰, descartándose el GNB o *Gaussian Naive Bayes*, de la familia de clasificaciones supervisadas basadas en el Teorema de Bayes. Las correcciones consideradas fueron las que tratan de eliminar los efectos de la columna de agua, igual que se hizo con la atmósfera.

Dado que para la obtención de los mapas se aplicarán algoritmos de clasificación supervisados, durante la fase de entrenamiento es necesario disponer de datos etiquetados para cada una de las clases bentónicas consideradas. En la Figura 147 se muestran las regiones de interés (ROIs) seleccionadas para el entrenamiento y el control de calidad. Para este último cometido se reservan recintos del conjunto total y no se emplean para la clasificación. En un paso posterior a esa segmentación se compara la predicción del programa en esas zonas con lo que indica el recinto de test. En función del acierto conseguido se tiene un índice de bondad del análisis. El circuito trabajo puede usarse hasta profundidades de 25-30 m.

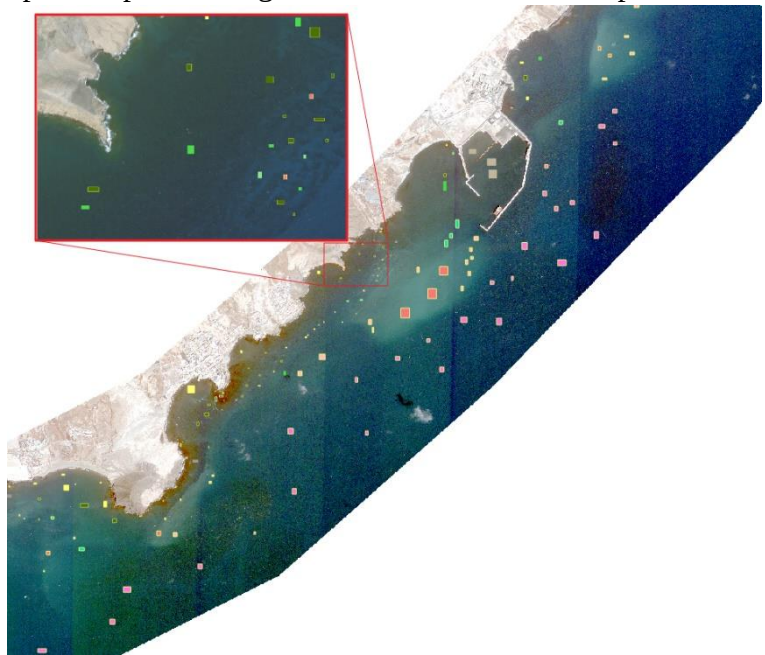


Figura 147 Recintos de entrenamiento para el proceso de clasificación

Como cierre a este preámbulo, se plasma seguidamente el resumen que redactó el equipo de la ULPGC acerca de este trabajo y de su aplicabilidad:

RESUMEN

La teledetección por satélite es una técnica económica para estudiar los fondos costeros, especialmente en aguas claras y poco profundas. Sin embargo, uno de los principales retos se basa en eliminar las perturbaciones causadas en la señal por la atmósfera, la superficie marina y la columna de agua.

En este trabajo se abordó un escenario complejo al tratar de identificar un elevado número de clases bentónicas con diferentes grados de densidad o mezcla y, principalmente, al intentar generar mapas hasta profundidades elevadas donde

¹⁹ Maulik, U.; Chakraborty, D. (2017). Remote Sensing Image Classification: A survey of support-vector-machine-based advanced techniques. *IEEE Geoscience & Remote Sensing Magazine*, 5(1), 33-52.

²⁰ Thanh Noi, P.; Kappas, M. (2018). Comparison of Random Forest, K-Nearest Neighbor, and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel-2 Imagery. *Sensors*, 18.



apenas llega radiación.

Se ha estudiado e implementado un algoritmo adicional (uso opcional) para eliminar el bandeo presente en los diferentes canales WorldView-2/3. Además, se analizó la idoneidad de la aplicación de los modelos de corrección de la columna de agua. Finalmente, se evaluaron tres familias de algoritmos de clasificación, dos de ellos basados en técnicas de machine learning.

Se demostró que, para el litoral de Granadilla, la corrección de la columna del agua no es adecuada y que los mejores resultados se obtuvieron mediante los algoritmos de clasificación KNN y SVM. Se obtuvieron, en general, precisiones razonables para todas las clases.

En cualquier caso, como se indicó con anterioridad, la teledetección espacial para cartografiar el fondo tiene ciertas limitaciones, y es crítico captar la imagen en el instante adecuado para garantizar que las condiciones del mar y la atmósfera sean favorables.

No debe quedar sin reflejar en este informe que este trabajo de investigación ha generado material para una publicación de un artículo en una revista del ramo de la teledetección (*Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (JAEORG)*), en el que se vuelcan todos los métodos, las pruebas, resultados y conclusiones, y donde se aborda una comparativa de la evolución del sebadal y otras clases en tres momentos a lo largo del proyecto del puerto.

A continuación, se incorporan los resultados de la clasificación con el método de 2013, que van desde 2011 a 2021, y al final se recoge el resultado de la clasificación de 23 de octubre 2022.

6.6.3.3 2011

Como situación de referencia se emplea mapa reelaborado con la imagen del 1 de diciembre de 2011 (Figura 148) 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 148. 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.

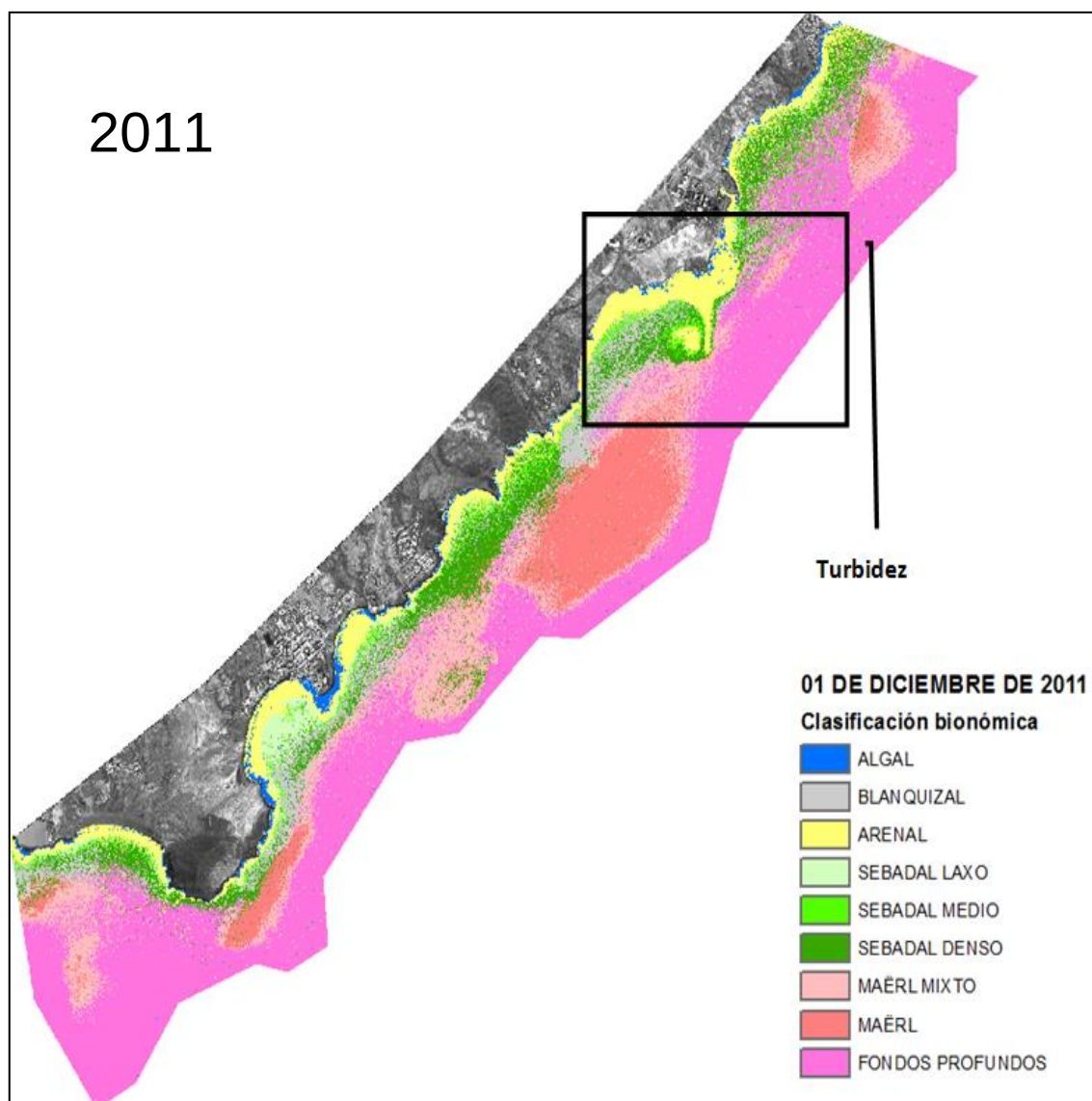


Figura 148 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)

6.6.3.4 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 (Figura 149). El algar fotófilo también parecía haberse desarrollado más ese año, descartando la sección al norte del puerto (afectada por nubes). En el maërl no se apreciaron mayores cambios.

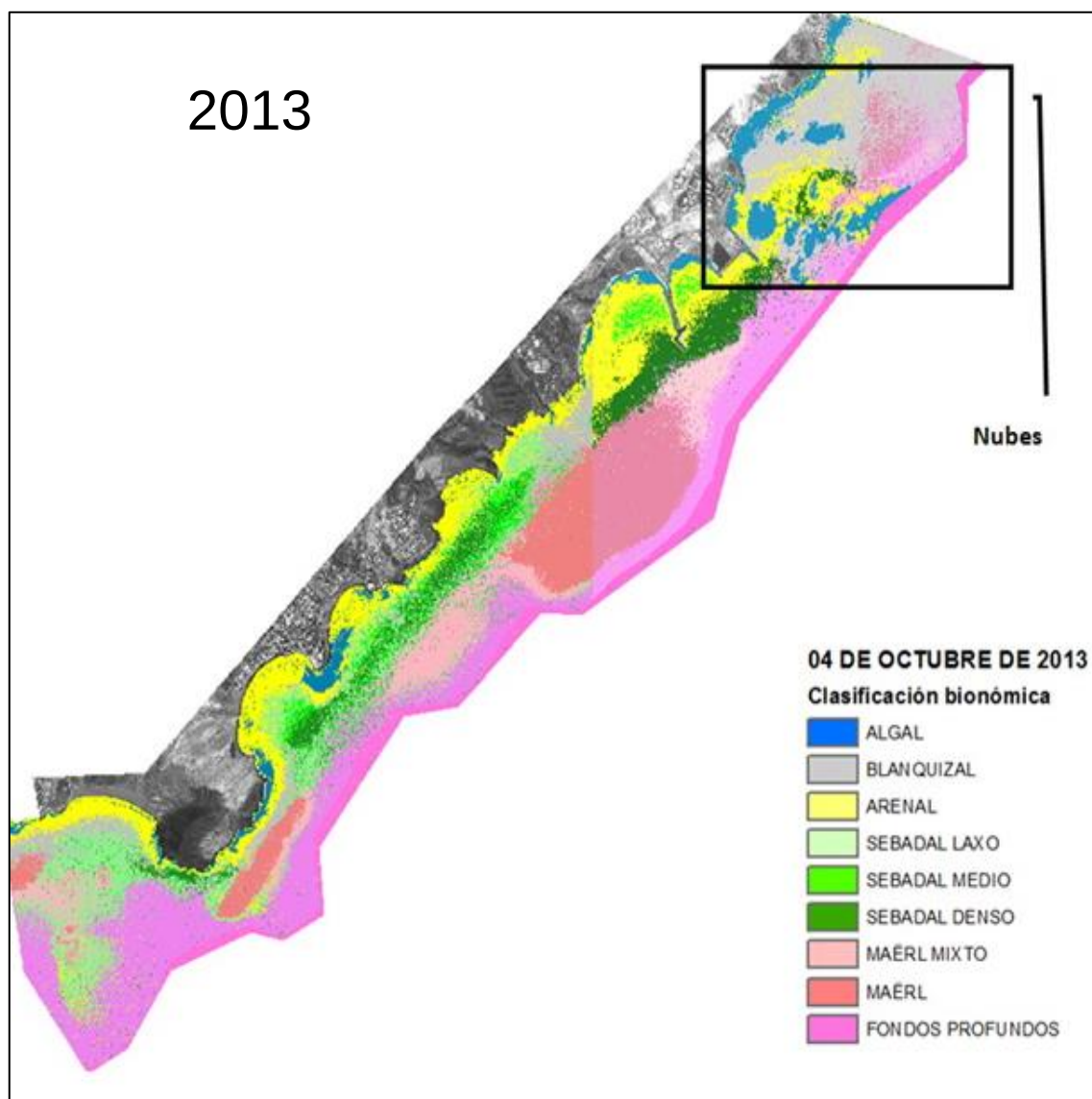


Figura 149 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG)

6.6.3.5 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 sebadal denso y laxo, salvo por fuera del puerto, donde disminuía considerablemente (Figura 150). Los blanquizales aparecían más reducidos, consecuencia probablemente del análisis más preciso (difíciles de separar de zonas con sedimento reciente, turbidez, etc.), y no de que en 2013 fueran realmente más extensos.

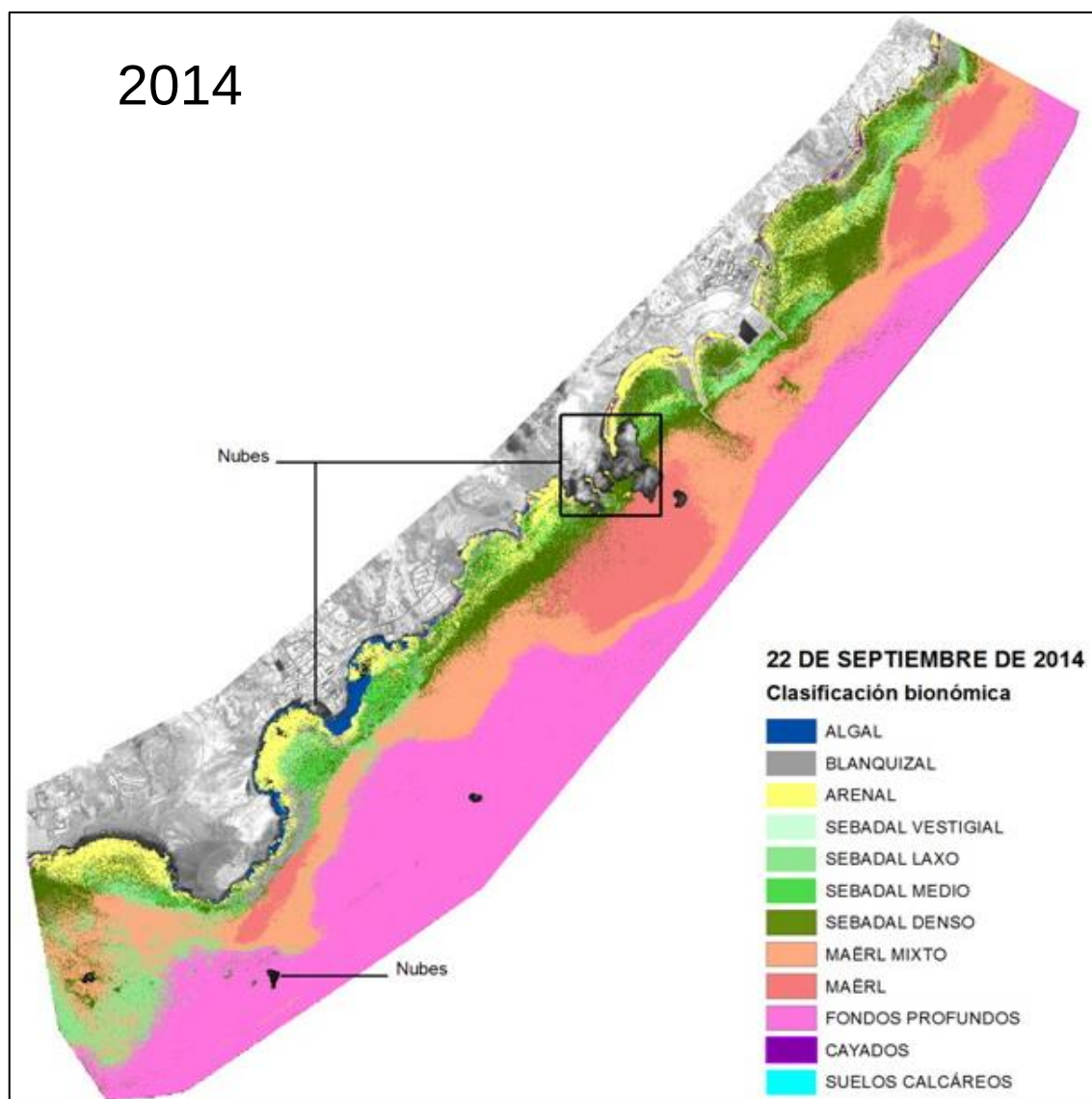


Figura 150 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG)

6.6.3.6 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 (Figura 151). No obstante, en 2015 el sebadal del interior de la dársena del puerto había reducido su desarrollo, mientras que en la zona externa se distribuía más uniformemente (menos zonas de arena) a cambio de pasar de densidad alta a media, o media a laxa.

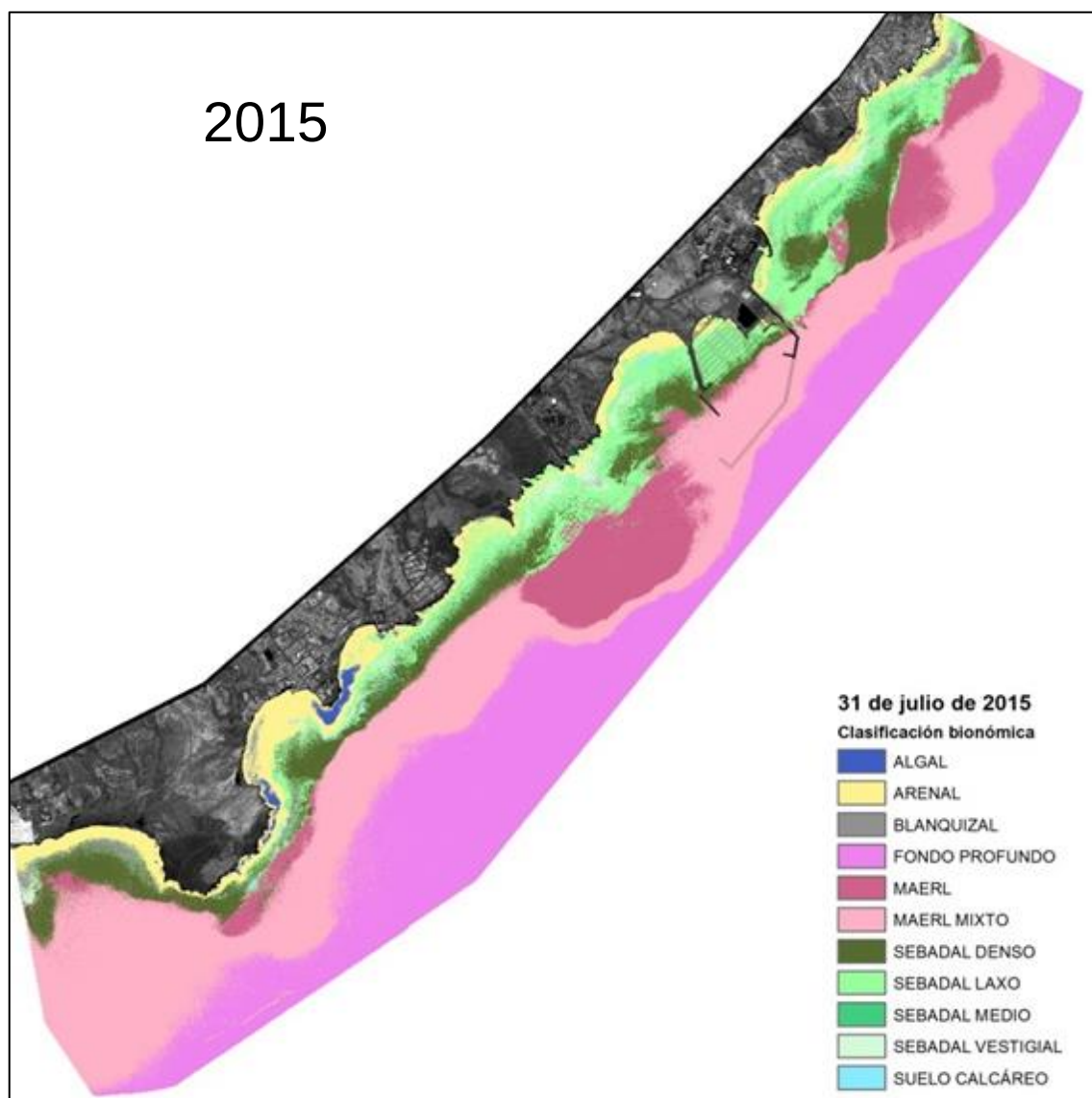


Figura 151 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG)

6.6.3.7 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 (Figura 152). 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 bentónicos que se venían empleando al verse afectados por la presencia de humo en la atmósfera, limo, y por oleaje superficial. Finalmente se analizó con la técnica iterativa previa a 2015 (25 repeticiones del análisis) hasta conseguir un resultado coherente con los diferentes muestreos (Figura 152). 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 sebadal (le roba intensidad) y es muy posible que la

merma en densidad registrada, que llega hasta Tajao, sea en parte engañosa.

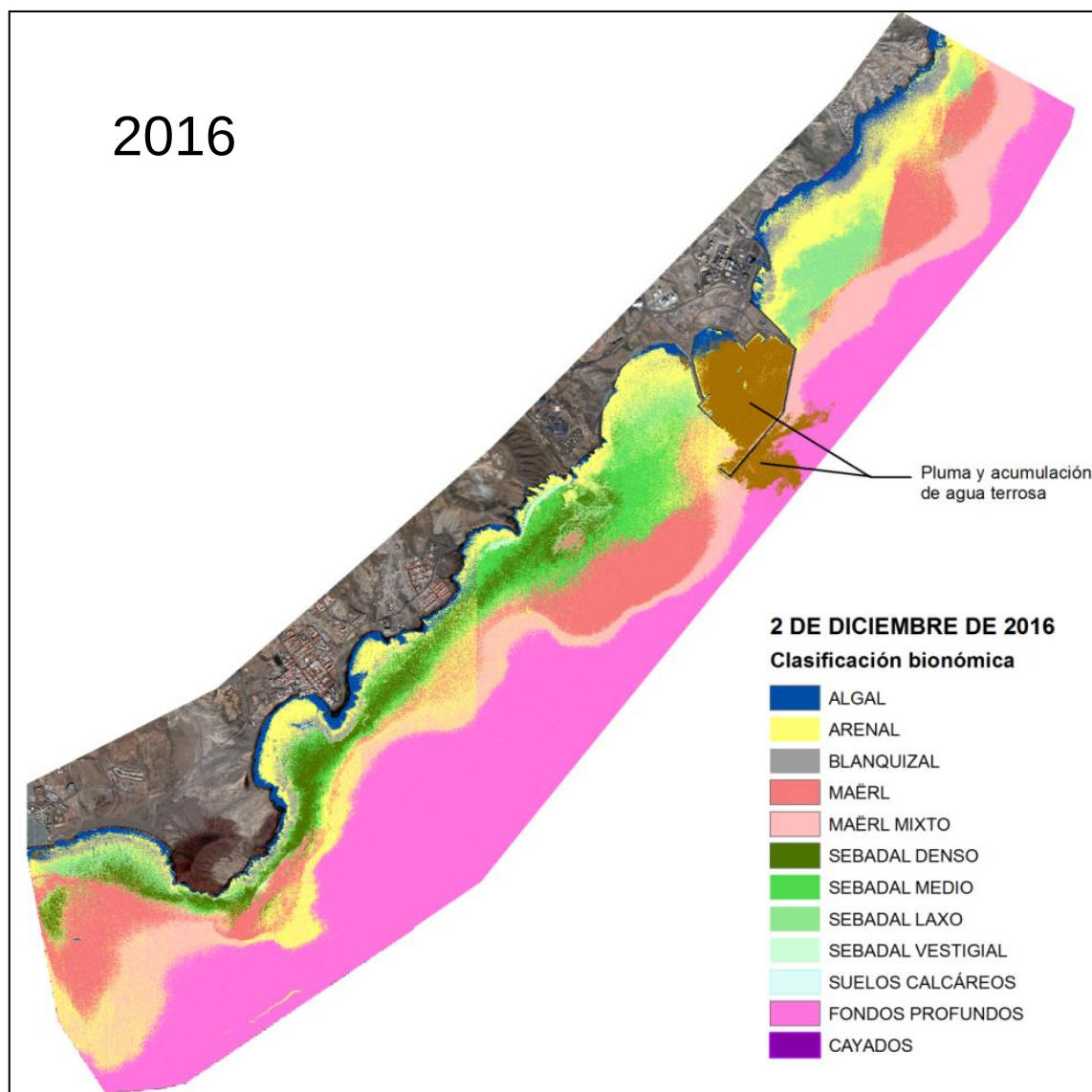


Figura 152 Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG)

6.6.3.8 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 elaboró el bionómico atribuido a 2017, considerando que la estacionalidad de calendario no corresponde a la del clima marino y existe un retraso del segundo. El 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 (Figura 153)



En este año 2017 se introdujo una nueva categoría, el “caulerpal”, comunidad constituida principalmente por *Caulerpa prolifera*, alga de carácter invasor en el Mediterráneo que se está extendiendo en la costa de Granadilla usualmente por debajo del sebadal (cota de -20 a -25 metros), en fondos de arena o maërl. Dicha expansión está posiblemente asociada al carácter termófilo de esta alga y al aumento global de la temperatura del agua en Canarias que se estima es consecuencia del cambio climático.

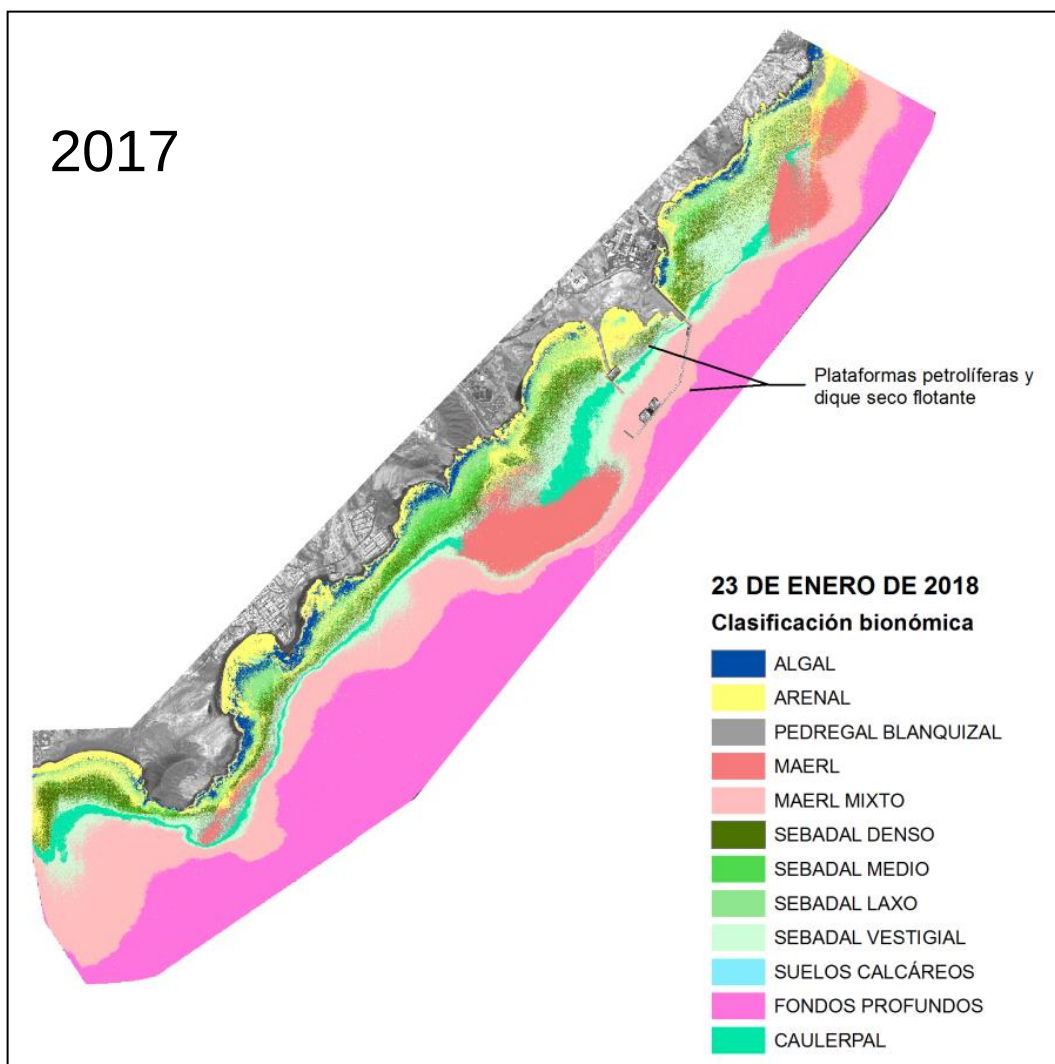


Figura 153 Mapa bionómico de "2017" (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG)

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 haberse depositado posteriormente 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. Véase en la Tabla 44 el resumen de las clases de sebadal en los años 2016, 2017 y 2018.

Tabla 44. 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 las clases no presenta signos preocupantes, salvo la situación de *Caulerpa*, que será tratada inmediatamente. El maërl, si bien oscila de año en año, por la experiencia del OAG, parece ser la tónica habitual a lo largo de los últimos años, siendo los algares y los suelos calcáreos bastante estáticos. Las clases Arenal y Blanquizal son problemáticas a la hora de discriminarlas por el procedimiento analítico, por la similitud de sus firmas espectrales.

6.6.3.9 2018

En el mapa correspondiente a abril del año 2018 (Figura 154) se observa que 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 la composición biológica del fondo.

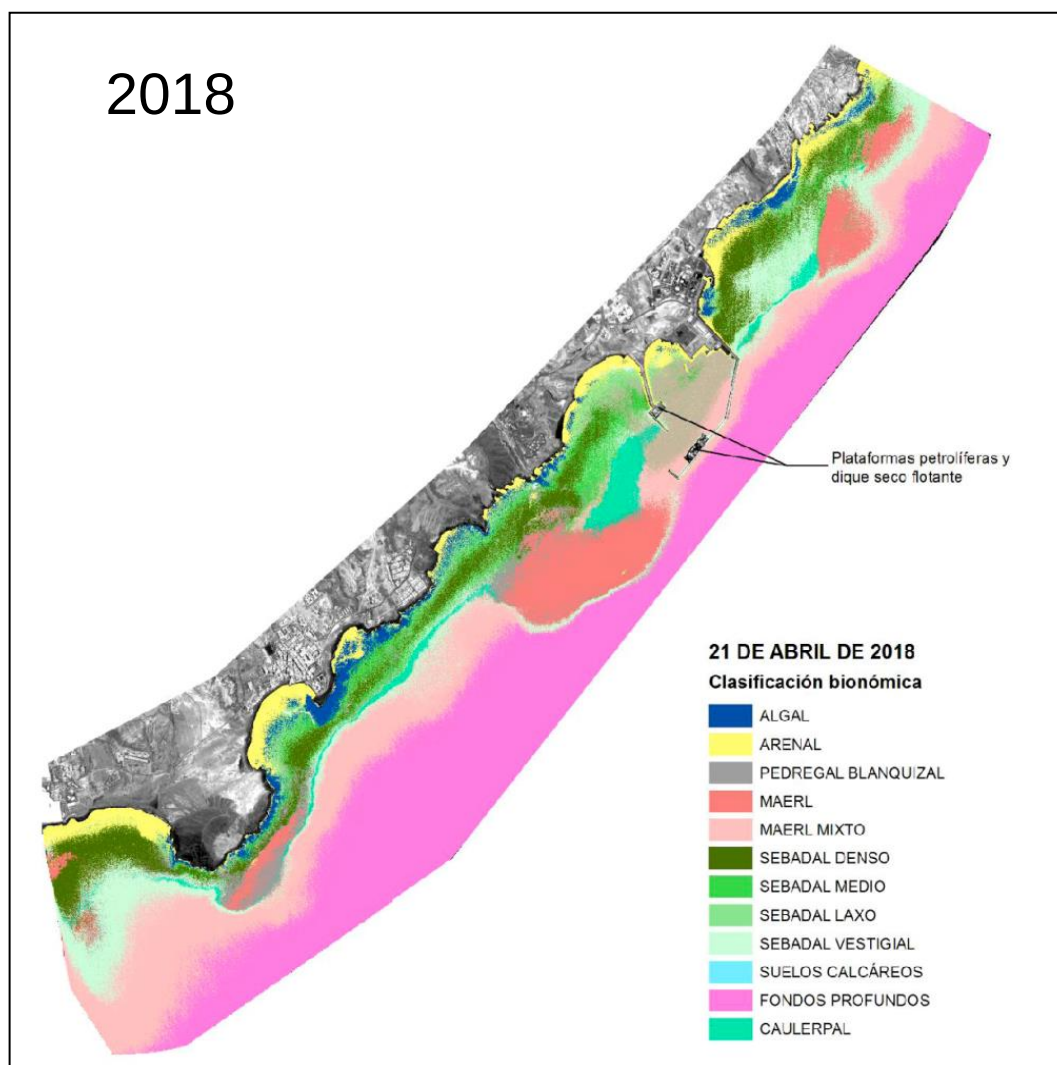


Figura 154 Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. (Fuente OAG)

6.6.3.10 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 incluida en la Figura 155; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

El resultado del estudio de este año 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.

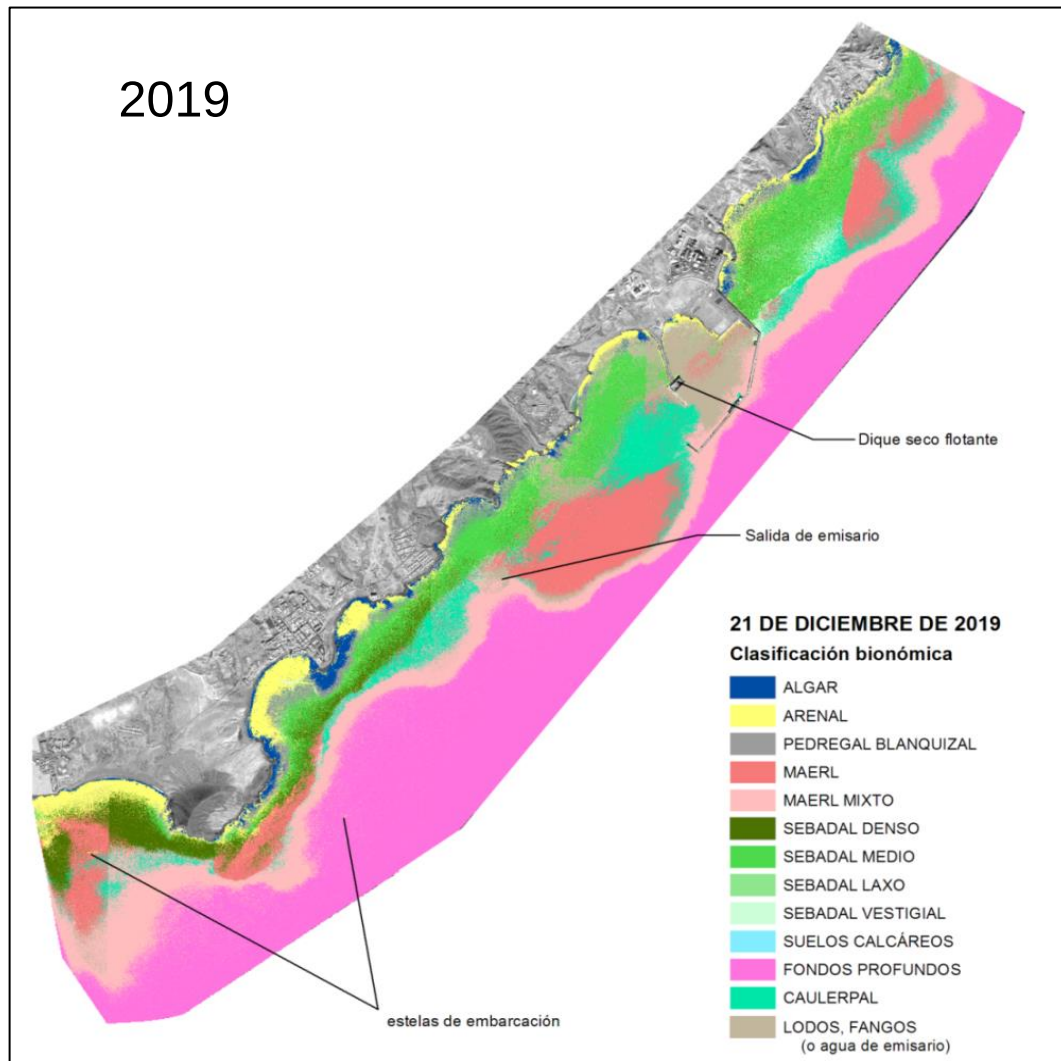


Figura 155 Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. (Fuente OAG)

En el caso de Granadilla y del estudio de GPIT se eligió un algoritmo llamado 6S²¹ y se hizo un desarrollo que proporciona una imagen corregida radiométricamente. Esa programación se

²¹ E. F. Vermote, D. Tanre, J. L. Deuze, M. Herman and J. . -J. Morcette, "Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 35, no. 3, pp. 675-686, May 1997, doi: 10.1109/36.581987.



realizó para las imágenes del satélite WorldView2 y las que se adquieren 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.

A la luz del trabajo se puede ver (Figura 155) que 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 45. 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.

6.6.3.11 2021

A finales de 2021 se obtuvo una versión operativa del software encargado a la ULPGC, con la cual se han procesado imágenes de archivo y la propia correspondiente al 30 de octubre de 2021. Existe igualmente un análisis de una imagen de diciembre de 2021 pero presenta algunas incertidumbres se decidió presentar el mapa de octubre (Figura 156).

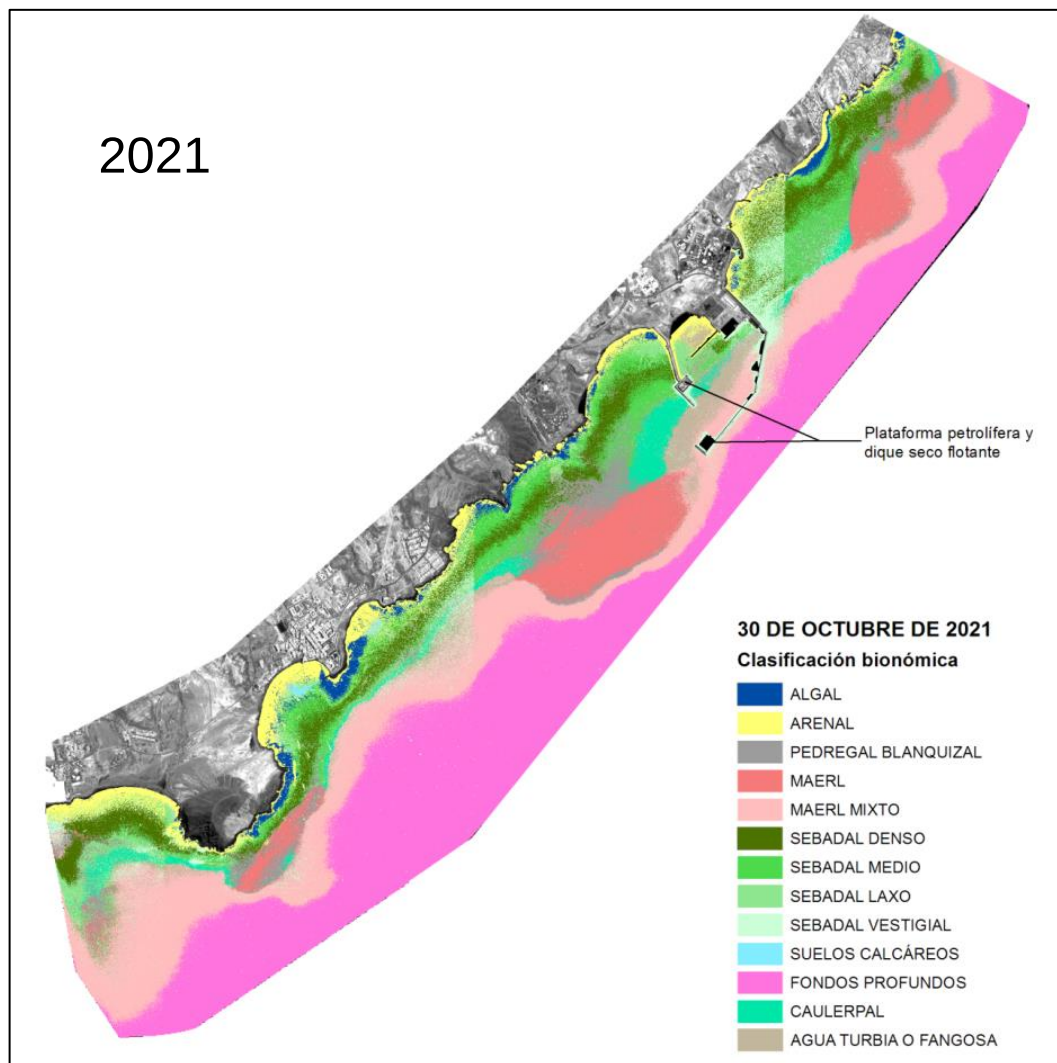


Figura 156 Mapa bionómico correspondiente al 30 de octubre de 2021 (Fuente OAG)

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 multiespectral. 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 este 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), se indica en la tabla que sigue el área de cada clase de sebadal por cada sector de la zona de vigilancia (empleando para ello el método “área tabulada”²² cruzando los sectores de vigilancia con el bionómico) y luego el total por cada clase:

Tabla 46. 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, la tabla comparativa referida a los años 2017, 2018, 2019 y 2021. Los valores expresan superficie en hectáreas:

Tabla 47. 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 del GPIT, el OAG producirá un informe que abarque todo el período de imágenes, analizadas

²² Ver “Área tabulada—Ayuda | ArcGIS Desktop”, <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.6/tools/spatial-analyst-toolbox/tabulate-area.htm>

con el nuevo método para no tener, como ahora, resultados conseguidos por procedimientos no homogéneos.

6.6.3.12 2022

Aunque más abajo se incluye una totalización de áreas ocupadas por las diferentes clases de sebadal, puede adelantarse que no podrán ser comparadas con los datos obtenidos anteriormente según el método de 2013, puesto que no tienen una homogeneidad suficiente. Sin embargo, es intención del OAG presentar en un informe aparte el estudio multitemporal del impacto de la construcción del puerto sobre los sebadales, tan pronto como sea posible. En el mapa de la Figura 157 se observa el resultado de la clasificación sobre la imagen de octubre de 2022.

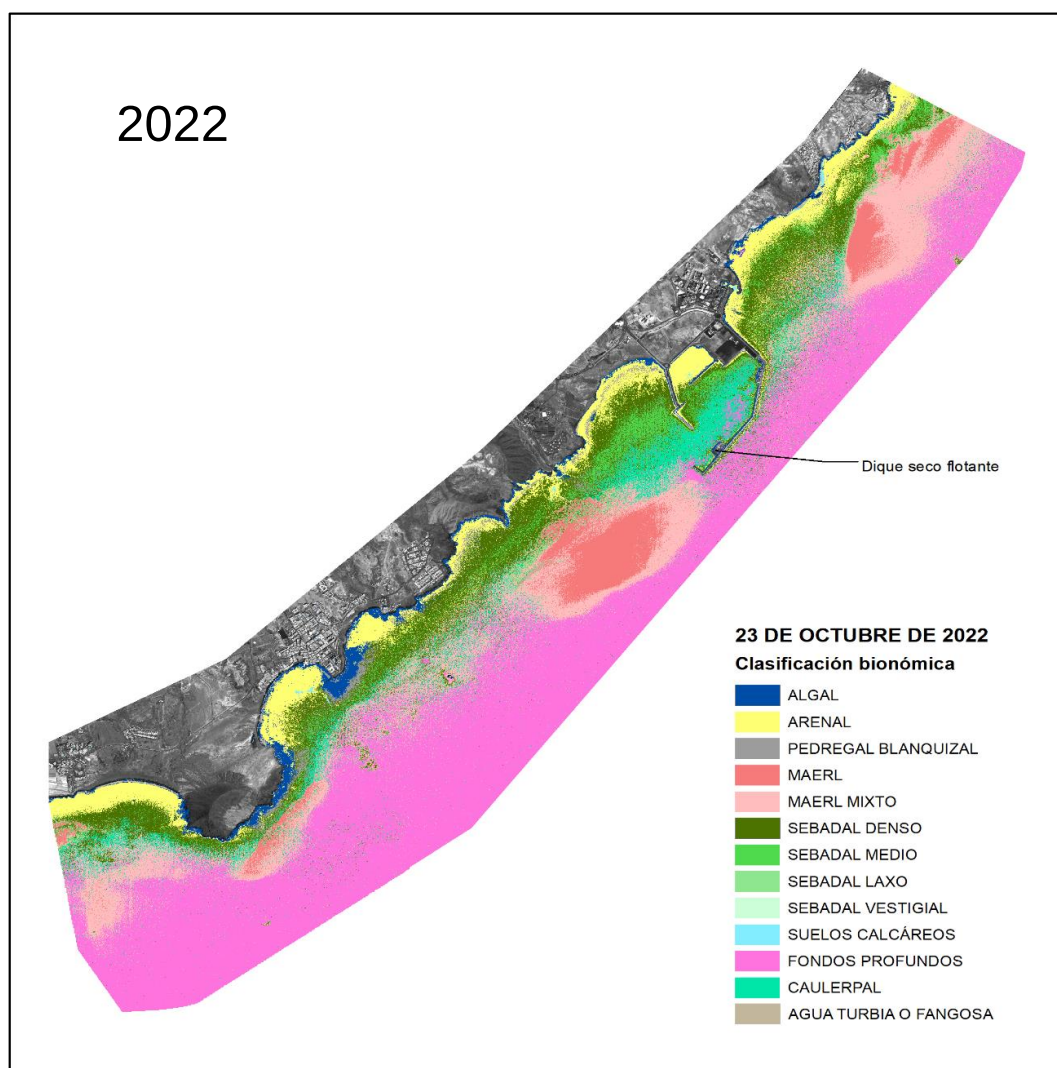


Figura 157 Mapa bionómico correspondiente al 23 de octubre de 2022 (Fuente OAG)

Es de destacar que la superficie que se monitorea finalmente se ve reducida en su porción interior del puerto, en lo que en el futuro debe suponer la explanada posterior al muelle de ribera. Por lo pronto se ha eliminado la sección que ya está dentro del recinto que será



sepultado, pues a diciembre de 2022 prácticamente se ha cerrado la mota construida a tal efecto.

Los datos totales (en hectáreas) de superficie de las clases se recogen en la siguiente tabla (Tabla 48) y se particularizan para la seba en la Tabla 49.

Tabla 48 Superficie de las distintas clases bionómicas por sector de vigilancia del PVA actualizados a la situación del muelle de ribera en 2023

SECTORES (superficies en hectáreas)									
CLASE	TAJAO	TARAJAL	M.PELADA	LA JAQUITA	EL MÉDANO	CAMELLO	LA TEJITA	PUERTO	TOTALES POR CLASE
ALGAR	4,23	4,77	1,90	15,55	18,98	1,46	2,29	8,08	57,26
ARENAL	34,45	33,62	11,20	35,58	36,66	14,80	31,80	35,67	233,78
BLANQUIZAL	2,66	1,04	2,55	11,72	13,33	1,18	0,76	13,38	46,63
MAERL	22,01	27,94	98,27	0,16	12,19	0,08	0,98	1,34	162,96
MAERL MIXTO	76,65	74,82	80,50	69,11	47,03	32,73	56,90	25,39	463,13
SEBADAL DENSO	19,86	45,77	32,46	78,87	38,33	32,37	39,19	67,34	354,18
SEBADAL MEDIO	17,66	11,09	8,33	12,63	7,98	8,37	3,27	41,47	110,80
SEBADAL LAXO	3,89	2,83	6,69	2,61	1,81	1,85	2,49	1,19	23,35
SUELOS CALCÁREOS	0,71	0,53	0,32	0,02	0,77	0,22	0,02	0,01	2,61
FONDOS PROFUNDOS	18,81	33,25	64,87	40,44	67,61	52,12	136,21	29,19	442,51
CAULERPAL	2,94	6,30	3,88	24,10	18,27	17,08	18,85	67,04	158,45
AGUA TURBIA O FANGO	0,93	1,54	4,46	0,50	2,45	0,09	1,55	0,45	11,96
TOTAL POR SECTOR	204,81	243,49	315,43	291,28	265,43	162,33	294,30	290,53	2.067,61

Tabla 49 Superficie de las distintas clases de sebadal por sector de vigilancia del PVA actualizados a la situación del muelle de ribera en 2023

CLASE	SEBADAL DENSO	SEBADAL MEDIO	SEBADAL LAXO	Total Sector
TAJAO	19,86 ha	17,66 ha	3,89 ha	41,41 ha
TARAJAL	45,77 ha	11,09 ha	2,83 ha	59,69 ha
MÑA PELADA	32,46 ha	8,33 ha	6,69 ha	47,48 ha
LA JAQUITA	78,87 ha	12,63 ha	2,61 ha	94,10 ha
EL MÉDANO	38,33 ha	7,98 ha	1,81 ha	48,12 ha
CAMELLO	32,37 ha	8,37 ha	1,85 ha	42,58 ha
LA TEJITA	39,19 ha	3,27 ha	2,49 ha	44,94 ha
PUERTO	67,34 ha	41,47 ha	1,19 ha	110,00 ha
Total clase	354,18 ha	110,80 ha	23,35 ha	488,33 ha

6.6.4 Especies exóticas potencialmente invasoras

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.

El OAG lleva a cabo inspecciones periódicas de los diques e instalaciones portuarias, pudiendo llevar a cabo pescas y toma directa de individuos si fuera necesario. Así mismo se presta especial atención durante los muestreos ordinarios de otros parámetros, para la localización de posibles especies nuevas.

Las dos especies encontradas en la costa de Granadilla a las que se les hace un seguimiento son, hasta ahora: *Macrorhynchia philippina* Kirchenpauer, 1872, 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). Dada la fuerte expansión detectada por toda la costa de Granadilla y en la ZEC Sebadales del sur de Tenerife, se está llevando a cabo una monitorización exhaustiva de la colonización y sus posibles consecuencias, al tener un origen claro en el puerto de Granadilla. La otra especie es *Carijoa risei* (Duchassaing & Michelotti, 1860), 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).

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.

6.6.5 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*), que siguen viéndose de forma frecuente durante los muestreos de “verano”.



6.6.6 Estado fisiológico 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.

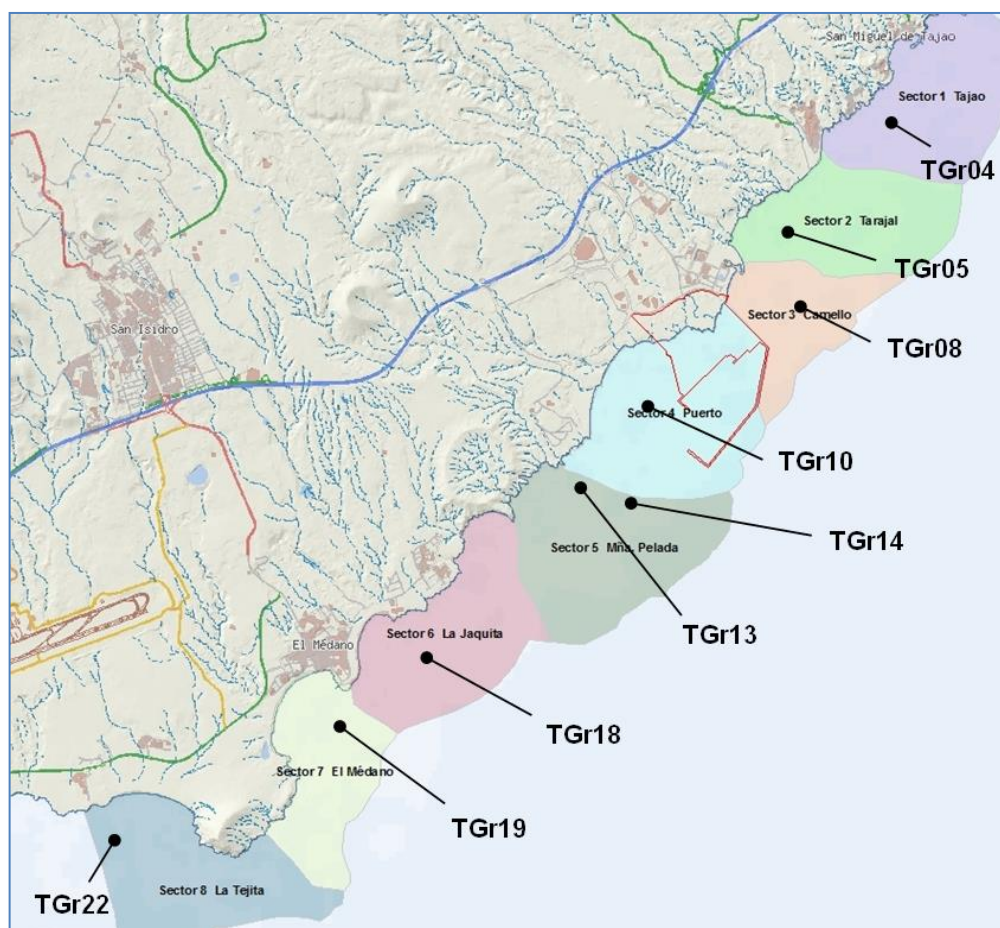


Figura 158. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas

Para hacer un seguimiento del estado de desarrollo de los sebadales y conocer sus variaciones naturales y aquéllas atribuibles a las obras del puerto de Granadilla, se ha establecido una estación de muestreo en cada sector ambiental, a excepción del sector 5 “Montaña Pelada”, donde se han ubicado dos estaciones (TGr13 y TGr14) junto al límite oriental de la ZEC “Sebadales del Sur de Tenerife” (Figura 158). 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 2022 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 50).

Tabla 50. Tipificación de los parámetros descriptivos del seabdal

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

Al ser la seba una fanerógama, sus hojas carecen de las protecciones propias de las algas y son colonizadas por 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.

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 colapso²³.

Tabla 51. Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011)

Estación	Densidad de haces / m ²	Densidad de hojas / m ²	Altura de hojas (cm)	Área foliar (cm ²)	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 51 se han incluido los datos del 2º semestre de 2011 que son los de referencia, y en la Tabla 52 se muestran los datos 2022, 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 las fases invernal y estival de 2021 con las de 2022 (Tabla 53), se aprecia un aumento generalizado de todos los parámetros indicadores en invierno, y una disminución preocupante, en todas las estaciones menos en la TGr04 en verano. Dado que esta estación es la estación control, ubicada al norte del puerto, habrá que estar vigilante en el control de la seba y determinar si es una disminución pasajera o el sebadal se encuentra el declive. Más aún cuando, comparando el año de referencia (2011) con 2022 (verano), también disminuyen

²³ **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,

muchos de los parámetros de control en las estaciones más cercanas al puerto (TGr08, TGr10 y TGr13).

Tabla 52. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2022. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo

Ene. 2022	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	837,33	1.333,33	12,92	0,40	25,325	1	1	3	2	1
TGr. 05	293,33	506,67	14,90	0,42	12,034	1	1	3	1	1
TGr. 08	357,33	618,67	14,20	0,47	17,869	1	1	3	2	1
TGr. 10	864	1.349,33	13,06	0,35	23,871	1	1	3	2	1
TGr. 13	1.114,67	1.850,67	15,44	0,51	44,055	2	1	3	3	1
TGr. 14	1.157,33	1.898,67	13,09	0,44	35,782	1	1	3	2	1
TGr. 18	853,33	1.333,33	13,10	0,37	24,782	2	1	3	3	1
TGr. 19	944	1.674,67	17,46	0,57	46,923	2	1	3	3	1
TGr. 22	997,33	1.530,67	15,37	0,49	42,901	1	1	3	3	1

Oct. 2022	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epifitismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	906,67	1.072	15,06	0,65	29,222	2	1	3	3	1
TGr. 05	586,67	1.114,67	23,41	1,20	65,853	1	1	3	1	1
TGr. 08	400	640	23,26	1,08	29,332	3	2	3	3	1
TGr. 10	624	901,33	25,28	1,17	38,757	2	1	3	2	1
TGr. 13	880	3.616	21,05	0,96	38,112	3	3	3	2	1
TGr. 14	1.354,67	4.101,33	19,25	0,89	65,908	3	1	3	2	1
TGr. 18	1.360	2.970,67	30,94	1,35	72,082	3	1	3	3	1
TGr. 19	826,67	1.050,67	25,56	1,14	61,957	3	2	3	3	1
TGr. 22	336	1.146,67	17,80	0,80	44,654	1	1	3	3	1

Se retomarán los controles de sebadal cada dos años, por acuerdo expreso del Patronato de la Fundación, para continuar monitorizando la seba; puesto que, por un lado, es una especie y constituye un hábitat prioritario; y, por otro lado, su restauración implicaría grandes costos económicos, toda vez que sería necesario un nuevo estudio de su viabilidad.



Tabla 53. Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2021 con 2022.
Verde = aumenta; rojo = disminuye; gris = cambio no significativo

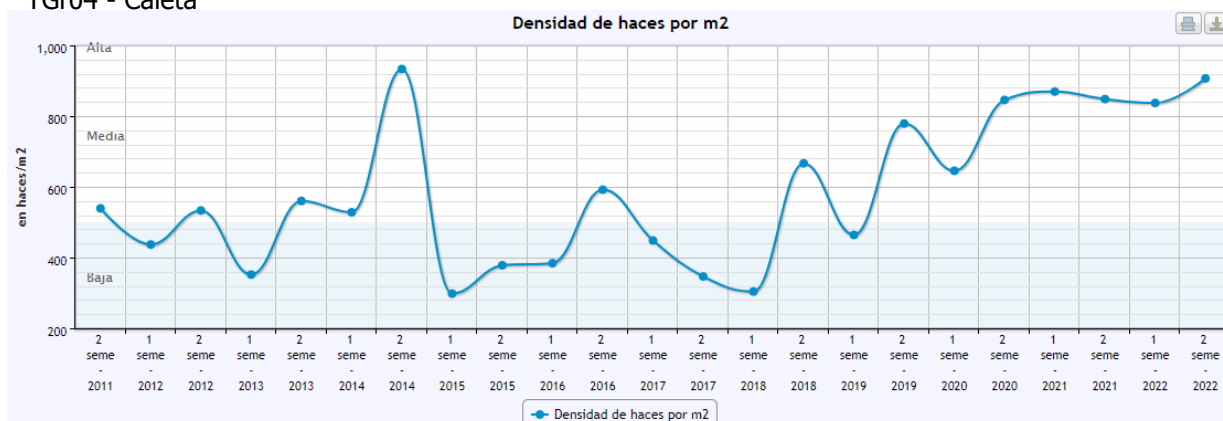
INVIERNO	TGr04	TGr05	TGr08	TGr10	TGr13	TGr14	TGr18	TGr19	TGr22
Densidad de haces	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑
Densidad de hojas	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↑
Altura foliar		↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑
Longitud del peciolo	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓
Área foliar	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑
Biomasa foliar	↓	↑	↑	↑	↑		↓	↑	↑
VERANO	TGr04	TGr05	TGr08	TGr10	TGr13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

Aguas arriba del puerto, el sebadal se siguen manteniendo en muy buen estado, de forma generalizada, pero 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.

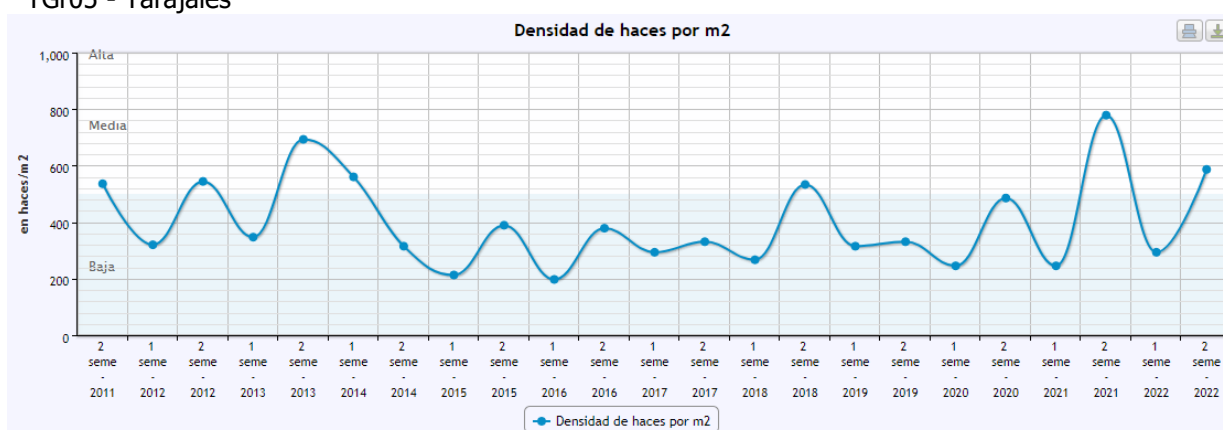
Utilizando el principal factor de referencia, la densidad de haces por metro cuadrado, se resume la evolución del sebadal, desde 2011 a 2022 en las Figura 159, Figura 160 y Figura 161.

La estación TGr04, usada como control, manifiesta un crecimiento importante en este parámetro. La TGr05, más próxima al puerto, se mantiene más o menos estable, con un ligero incremento; siendo la estación más próxima, la TGr08, la que manifiesta un descenso.

TGr04 - Caleta



TGr05 - Tarajales



TGr08 - Lajón

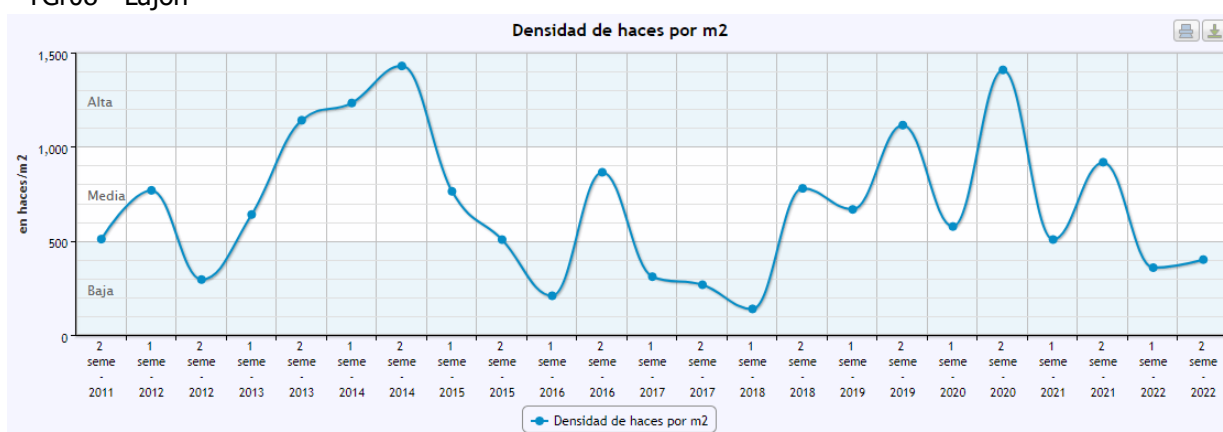


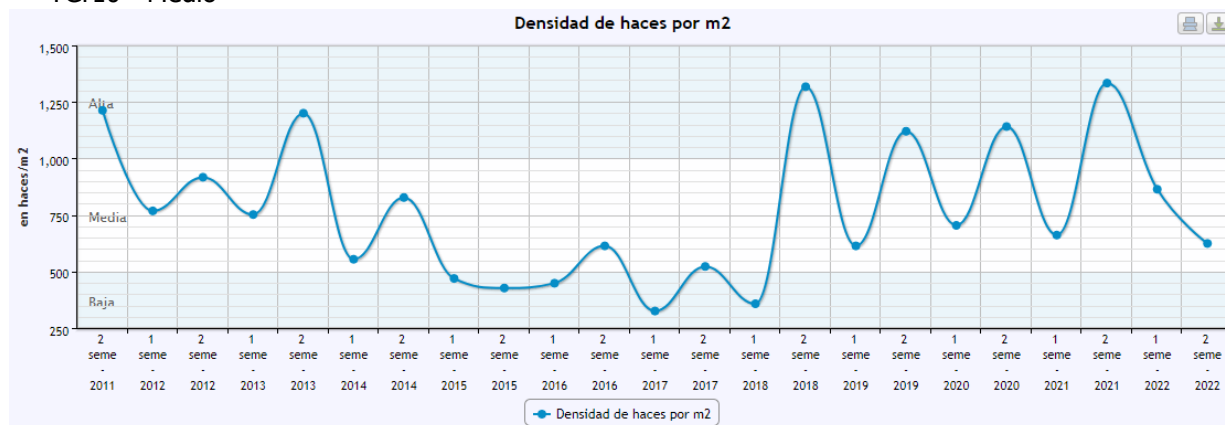
Figura 159. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto

Al Sur del puerto, las estaciones TGr10 y TGr13 son las que se mantienen por debajo de los valores de referencia con respecto a este parámetro, siendo la disminución de la TGr10 la más

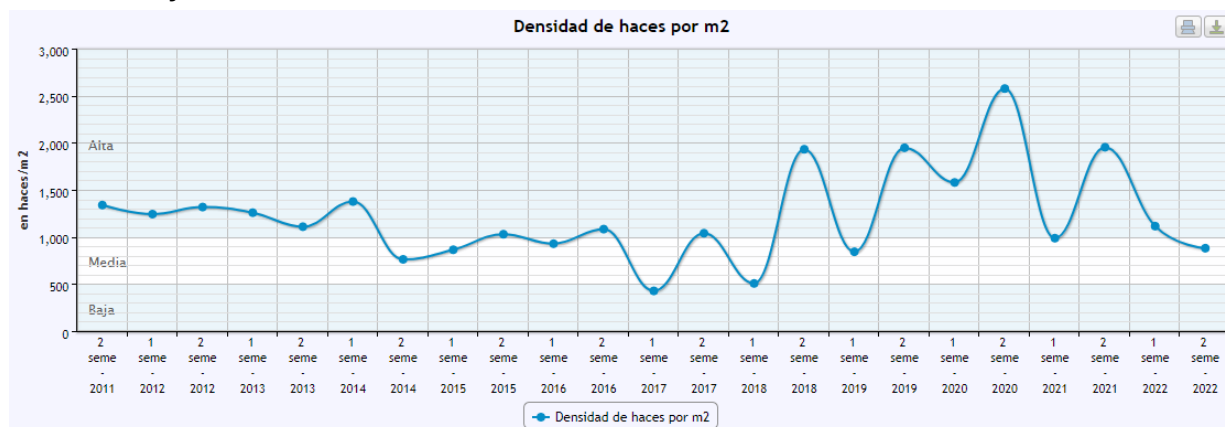


preocupante. La estación TGr14, parece mantenerse ligeramente por encima de los valores de referencia.

TGr10 - Medio



TGr13 - Abejera



TGr14 - Charcón

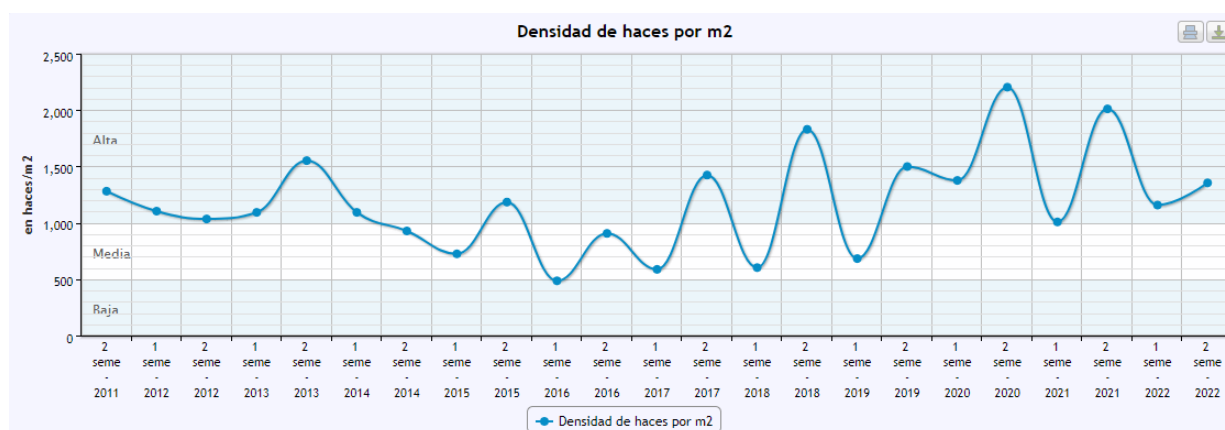
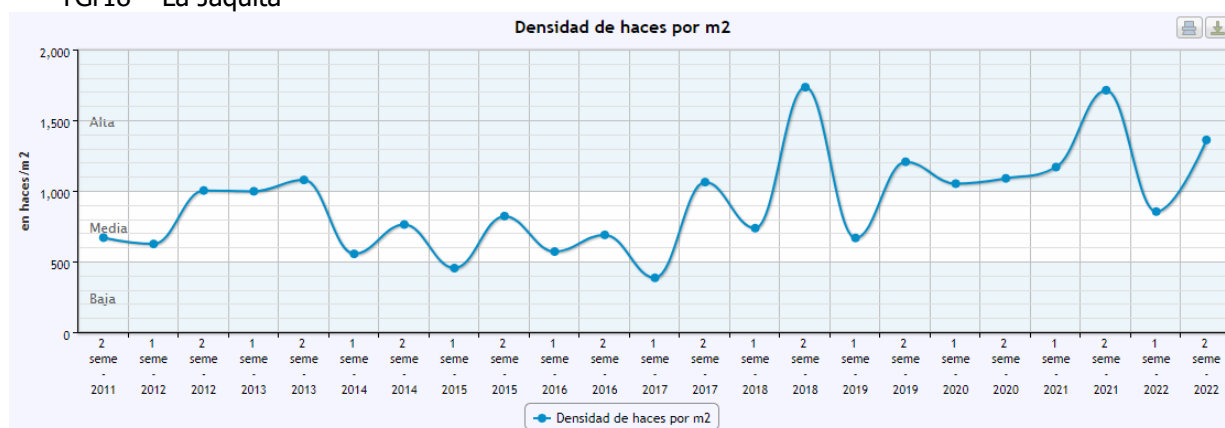


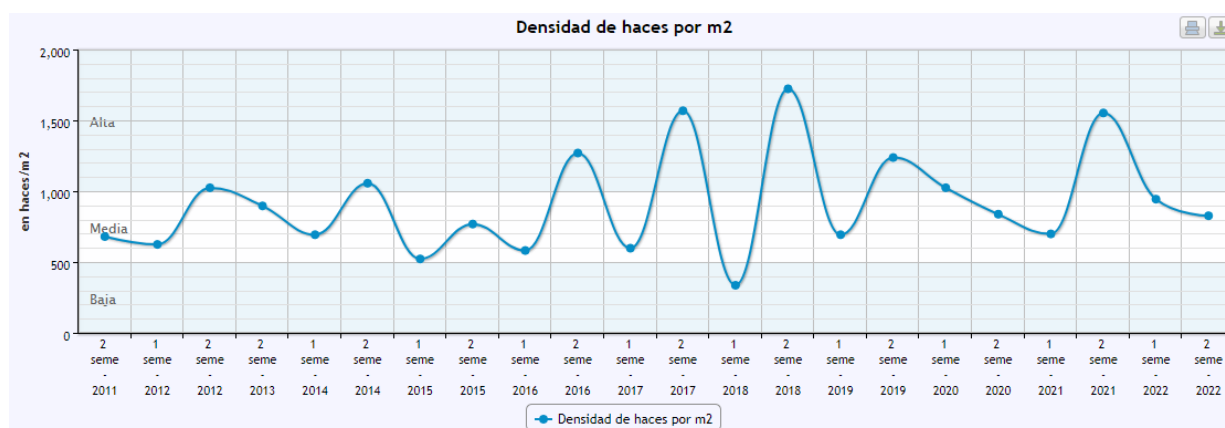
Figura 160. Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto

En las estaciones de la ZEC, también al Sur del puerto, las estaciones TGr18 y TGr19 mantienen buena salud, siendo la TGr22 la que manifiesta una disminución fuera de lo común. No sólo con valores inferiores a los de referencia, sino a los de invierno de este mismo año 2022; hecho realmente extraño.

TGr18 – La Jaquita



TGr19 – El Médano



TGr22 – Tejita

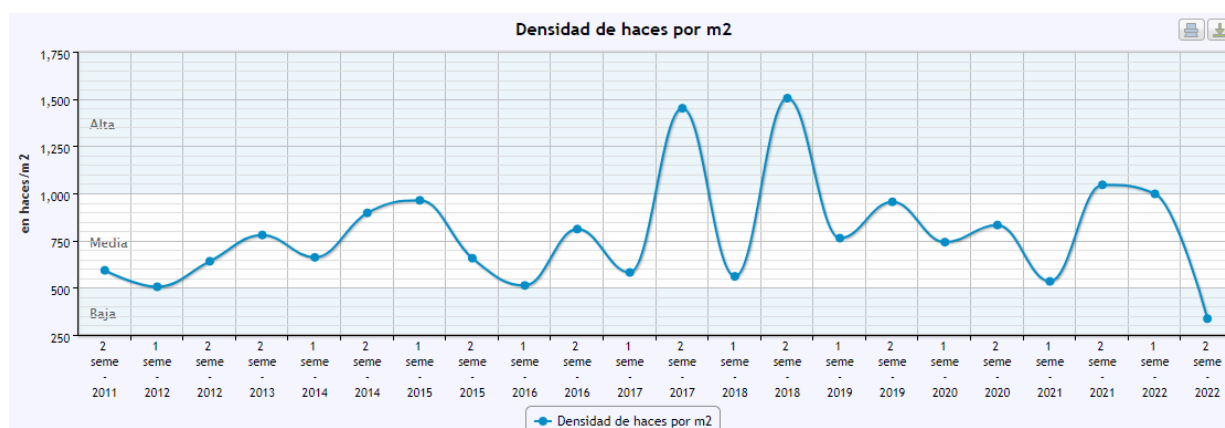


Figura 161. Evolución de la densidad de hacs por m² en las estaciones de la ZEC



La biomasa foliar (epígea) se continúa analizando separadamente de la biomasa hipógea formada por el rizoma y las raíces. En la Tabla 54 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 0,077 - 1,037 en invierno y 0,142 - 2,069 en verano; el índice RWR varía entre 0,214 - 0,733 en invierno y 0,168 - 0,561 en verano.

Tabla 54. Biomasa de la campaña de 2022 en gramos de peso seco/m² 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	25,325	68,555	258,313	326,868	352,193	0,077	0,733
	TGr05	12,034	23,781	14,834	38,614	50,648	0,312	0,293
	TGr08	17,869	45,685	28,206	73,892	91,761	0,242	0,307
	TGr10	23,871	52,038	91,601	143,638	167,510	0,166	0,547
	TGr13	44,055	44,180	40,932	85,113	129,167	0,518	0,317
	TGr14	35,782	19,497	15,009	34,506	70,288	1,037	0,214
	TGr18	24,782	53,383	63,335	116,718	141,500	0,212	0,448
	TGr19	46,923	41,933	41,454	83,387	130,309	0,563	0,318
	TGr22	42,901	67,284	44,491	111,774	154,675	0,384	0,288

Estaciones		A	C	D	B	E	A/B	RWR
Fase estival	TGr04	29,222	74,078	131,822	205,900	235,123	0,142	0,561
	TGr05	65,853	35,534	56,564	92,099	157,951	0,715	0,358
	TGr08	29,332	45,582	32,932	78,514	107,847	0,374	0,305
	TGr10	38,757	33,471	33,114	66,585	105,342	0,582	0,314
	TGr13	38,112	44,487	45,350	89,837	127,949	0,424	0,354
	TGr14	65,908	49,554	41,433	90,986	156,894	0,724	0,264
	TGr18	72,082	75,096	78,140	153,236	225,318	0,470	0,347
	TGr19	61,957	22,971	41,441	64,412	126,369	0,962	0,328
	TGr22	44,654	10,442	11,141	21,582	66,236	2,069	0,168

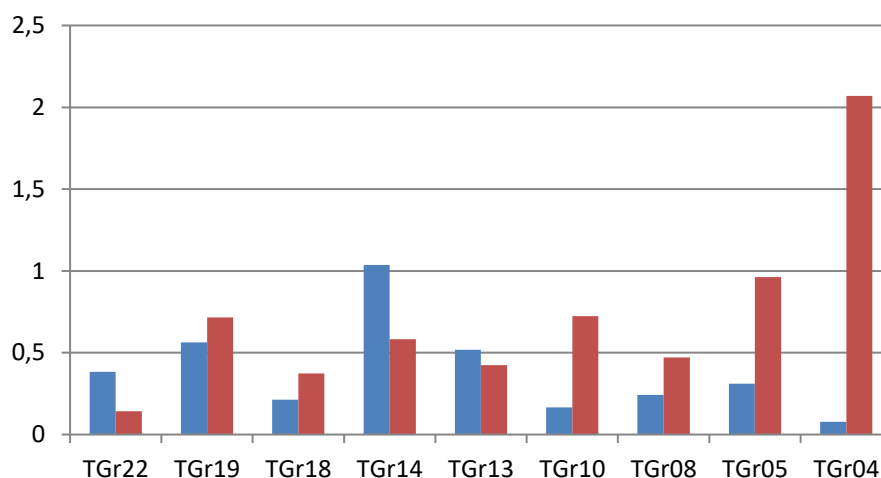


Figura 162. Relación de masa epígea/hipógea (A/B) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2022

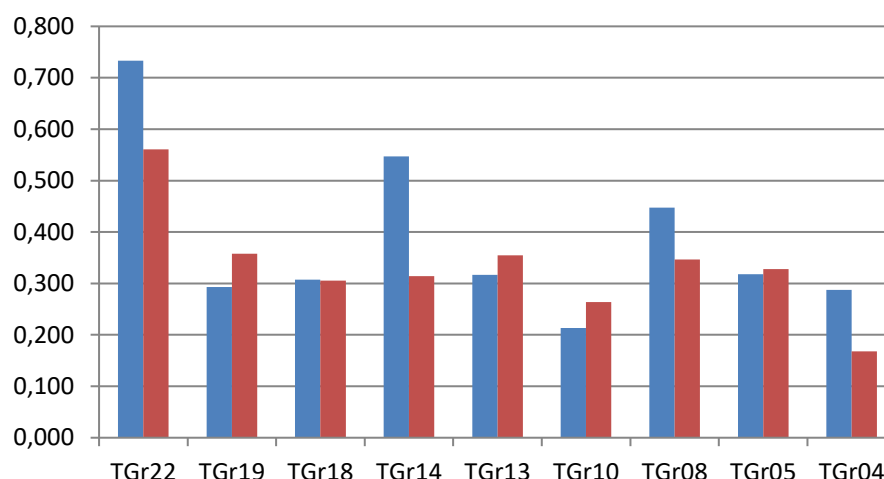


Figura 163. Relación de masa epígea/total (RWR) de seba según las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla en invierno (azul) y verano (rojo) de 2022

6.6.7 Evaluación general del sebadal

El mapa de la Figura 164 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 de 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.

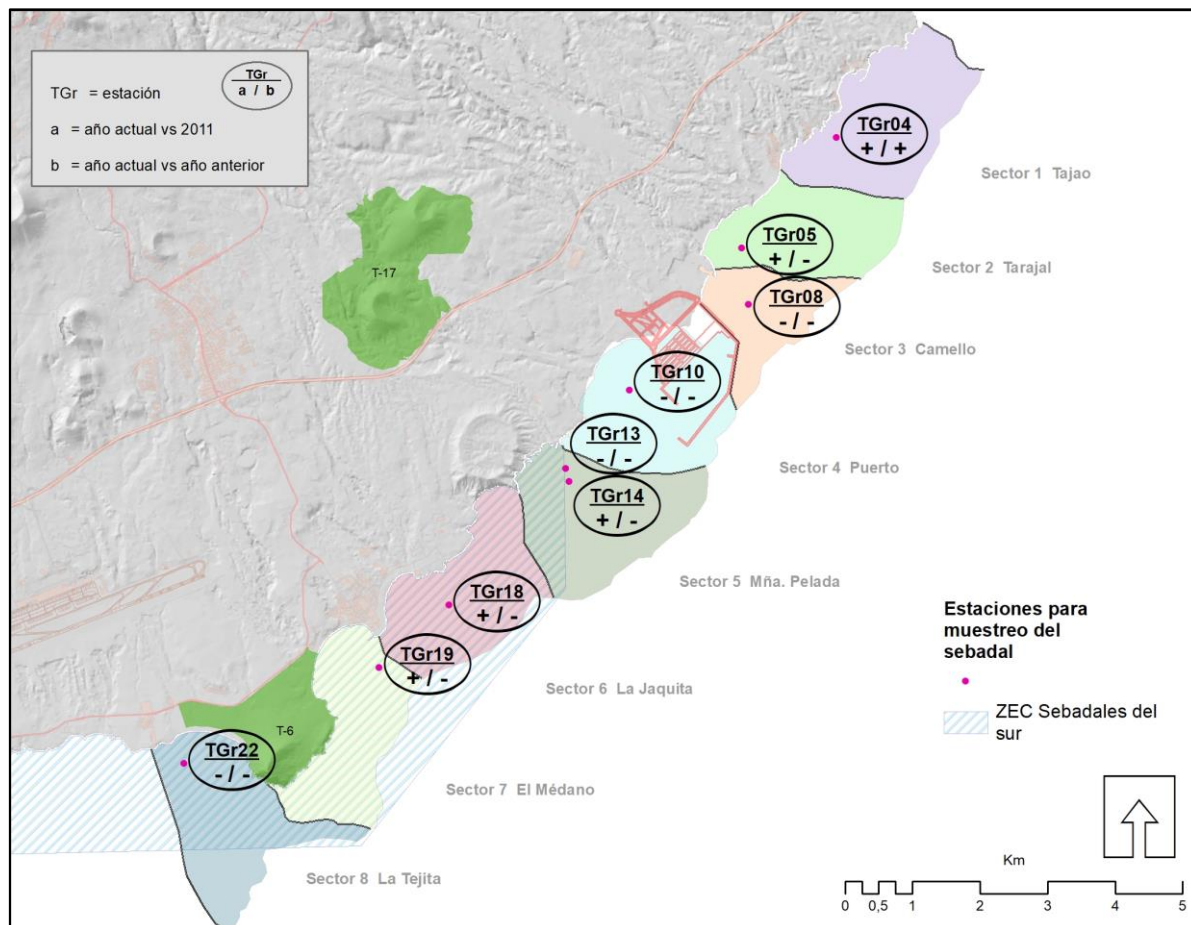


Figura 164. Valoración general de los sebadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2022 en relación con 2011 (referencia) / y la situación de 2021 en relación con 2022

En 2022, tres estaciones se mantienen con valores medios de muchos de los parámetros de control por debajo de los iniciales de referencia: TGr08, TGr10 y TGr13. Al ser las estaciones más próximas al puerto, es necesario su seguimiento exhaustivo.

Con respecto al año pasado y de forma generalizada, todas las estaciones presentan un decremento en los parámetros de estudio, salvo la TGr04, en la que aumentan. Este hecho, junto con lo anteriormente expuesto, hacen necesario, como ya se ha comentado, retomar los muestreos de sebadal, de forma bianual.

6.6.8 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 y por el decremento en muchos de los parámetros de control de la seba con respecto al año pasado, y en el caso de la TGr22, incluso con los valores de referencia. 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. Si el declive de la seba se mantiene en el próximo muestreo, lo más probable es que pase a desfavorable en declive, siendo necesario la toma de medidas correctoras. 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 165). El sector “Camello” se ha catalogado como con biodiversidad “desfavorable sin cambios”, porque hay determinadas zonas donde el sebadal se mantiene, habiendo disminuido aún más en otras. El sector “Camello” se ha catalogado como con biodiversidad “desfavorable sin cambios”, porque hay determinadas zonas donde el sebadal se mantiene, habiendo desaparecido o disminuido en otras de manera acusada.

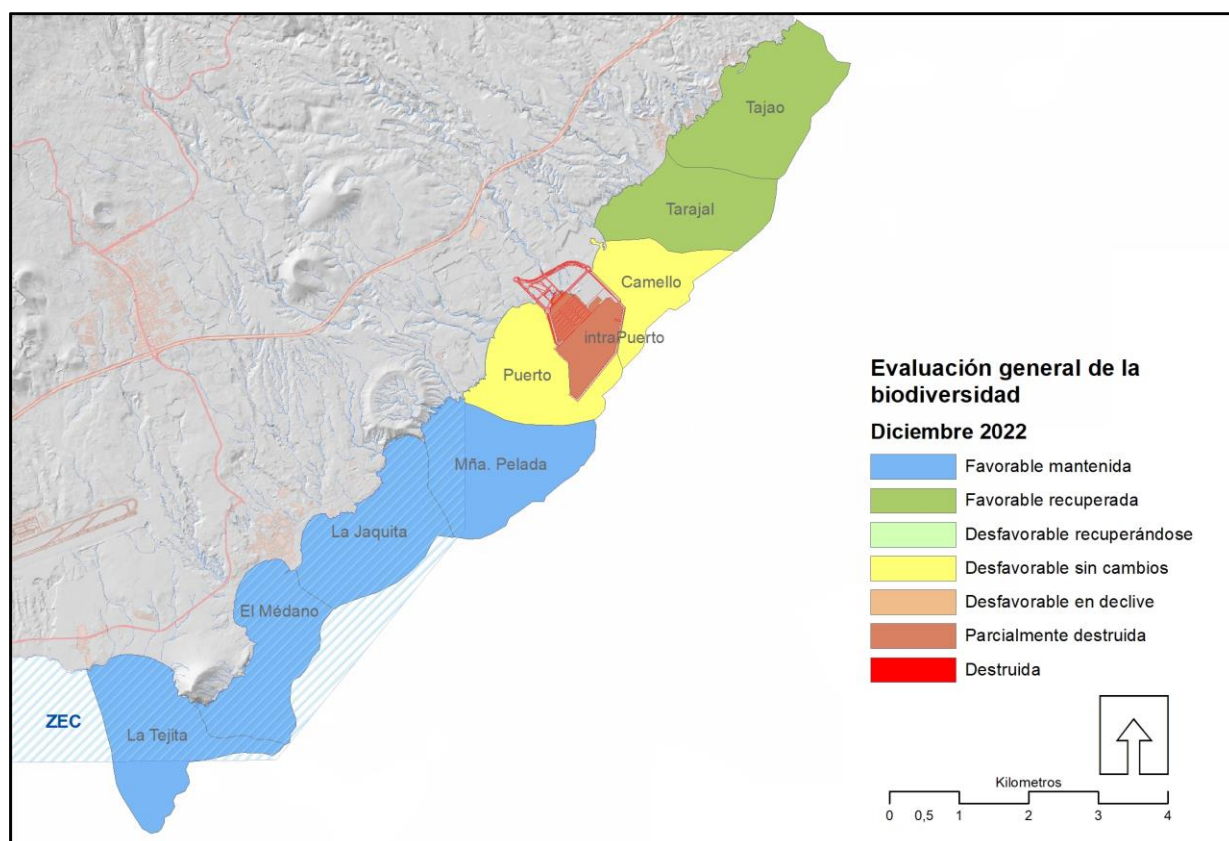


Figura 165. Valoración general de la biodiversidad de 2022



6.6.9 Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116

El estado de conservación de la ZEC Sebadales del Sur de Tenerife antes del inicio de las obras no fue determinado, pero, como referencia, se cuenta con el levantamiento bionómico de 2008 y las analíticas de aguas que recoge el OAG en su informe de 2010. Los datos reflejan condiciones de naturalidad alta, con perturbaciones menores asumibles por la resiliencia del medio: su estado de conservación correspondería a: **favorable mantenido**. La disminución en muchos de los parámetros de control del sebadal en este 2022, hace necesario un control y seguimiento exhaustivo.



Figura 166. 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:

- 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 vita-



lidad de las plantas es buena. En La Jaquita y El Médano no se habían registrados valores tan bajos desde 2011. Interesa saber si esta reducción marca tendencia o no.

Año 2017 Favorable mantenido: Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en fosfatos y metales pesados, sin superar los valores que suponen un peligro para el medio ambiente. Los seabadales de la ZEC han perdido en cobertura pero ganado en densidad, obteniéndose en la campaña estival de 2017 los valores más altos hasta ahora registrados en las tres estaciones que se ubican dentro de ésta. La valoración del año pasado concluyó (ver más arriba) con que habría que ver si la reducción marcaba tendencia o no. Obviamente no marca tendencia, denotando una vez más la compleja dinámica del seabadal.

Año 2018 Favorable mantenido: Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en metales pesados en algunas estaciones del norte (TGr14, TGr18, TGr19 y TGr22 para el níquel (ICQ/ERL) y TGr14, TGr18 y TGr22 para el arsénico (ICQ/ERL)). Los seabadales 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 seabadal 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 seabadal 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 seabadal únicamente está constituido por “islas” de seba, y estolones o *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 seabadal 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 seabadal al Norte del puerto se ha recuperado considerablemente. El seabadal 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 seabadales 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.

Año 2022 **Favorable mantenido:** Los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados. Los seabadales de la ZEC han disminuido en densidad de hojas y de haces con respecto al año pasado, e incluso por debajo de los valores de referencia en la TGr22. Al contrario del año pasado, durante el invierno se produce un incremento en casi todas las estaciones y con respecto a todos los parámetros, que luego decrece drásticamente en el periodo estival. Continúa la preocupación por la expansión de un hidrozoo potencialmente invasor por la ZEC, si bien se mantiene en determinadas áreas y con portes de pequeño tamaño, muy alejados de los del interior del puerto, que pueden llegar a los 60 cm.



7 RECOMENDACIONES

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

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

- 1) **“3.2.- Nuevos usos portuarios”**: dado que la Comisión Europea fundó el OAG *para garantizar que el puerto de Granadilla se construya y gestione de forma respetuosa con el medio ambiente*, se debe mejorar el flujo de información de la APSCTFE a éste, incluso solicitando informes en relación a las concesiones administrativas a otorgar, de cara a cumplir con la legislación vigente y con el Dictamen de la Comisión.
- 2) **“6.14.- Mitigación lumínica” y “6.3.8.- Control de ruidos y luces de las embarcaciones atracadas”**: aunque el puerto cuenta con sus propias medidas de mitigación lumínica, es necesario mantener e incrementar el control sobre las embarcaciones atracadas. El personal al servicio de la APSCTFE debe actualizar su formación con respecto al tratamiento de fauna (pardelas), a la par que debe incrementar sus visitas a todas las zonas del puerto, especialmente de octubre a diciembre para la detección de pollos de pardela.
- 3) **“6.3.2.- Derrame accidental de hidrocarburos”**: aunque todavía no se llevan a cabo repostajes de buques en el puerto de Granadilla, el Plan Interior Marítimo está vigente, siendo necesario, según éste, el cierre total de la bocana mediante barrera anticontaminación si fuera necesario. Tal y como ha dado cuenta el OAG en su web, y ha informado a la APSCTFE en varias ocasiones, la barrera de la que se dispone en el contradique no es lo suficientemente larga para llevar a cabo este cierre. Además, deben actualizarse el resto de medios con los que debe contar el puerto, muy deteriorados o no funcionales actualmente.
- 4) **“6.3.3.- Residuos flotantes y basuras”**: se sigue sin disponer de la embarcación necesaria para llevar a cabo la limpieza de la dársena.
- 5) **“6.4.- Geodinámica litoral”**: es necesario disponer, a la mayor brevedad posible, del punto de vertido para la reposición de arena en la costa de Granadilla.
- 6) **“6.6.4.- Especies exóticas potencialmente invasoras”**: este apartado pasó desapercibido en el estudio de evaluación ambiental y en la DIA del puerto de Granadilla. No así en el Dictamen de la Comisión, por lo que se debe elaborar un plan de contención para el Puerto de Granadilla.

- 7) Por último, es necesario retomar los muestreos del estado del sebadal en las mismas estaciones donde se venía haciendo, pero de forma bianual y de la ZEC7090129 Piña de Mar de Granadilla. Esta modificación del PVA y de las tendencias de la biodiversidad local ya ha sido aprobada por el Patronato del OAG.

— o O o —

EN SANTA CRUZ DE TENERIFE, A 31 DE OCTUBRE DE 2023

DOCUMENTO FIRMADO ELECTRÓNICAMENTE



EL EQUIPO DE TRABAJO:

Dr. José María Espinosa Gutiérrez
Biólogo marino

Víctor Barrios Padilla
Biólogo marino

Alejandro Moreira Reyes
Biólogo marino

José Andrés Sevilla Hernández
Experto GIS

Revisión y maquetación

Gema de La Rosa Medina
Lcda. en periodismo



Índice de tablas

Tabla 1. Especies avistadas durante las últimas campañas de tortuga boba T = Tenerife, C = Gran Canaria y F = Fuerteventura	24
Tabla 2 Fechas y volúmenes vertidos en las distintas pruebas hasta final de 2022.....	26
Tabla 3 Valores de referencia para el ruido	29
Tabla 4 Veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto/quincena) en 2019-2022	31
Tabla 5 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 de 2013 y el 23 de octubre de 2022 con respecto a julio de 2011	60
Tabla 6 Ángulos de basculamiento. Valores positivos en el sentido de las agujas del reloj. En la playa de La Pelada se considera solo una alineación (ángulo Sur)	68
Tabla 7 Distribución de ganancias y pérdidas por encima de 0,5 m	72
Tabla 8 Resumen de la comparativa llevada a cabo.....	74
Tabla 9 Rangos de cambio que incluyen el 90% de los datos.....	83
Tabla 10 Límites inferior y superior de los intervalos (para cada comparación) que reúne el 90% de las celdas del raster obtenido tras la operación de resta.....	86
Tabla 11 Volúmenes totales de todos los emparejamientos batimétricos posibles	88
Tabla 12 cantidades y tasas de volúmenes en la playa de La Tejita.....	91
Tabla 13 Cantidades y tasas de volúmenes en la playa de Pelada.....	93
Tabla 14 Volúmenes de la playa de La Jaquita	96
Tabla 15 Volúmenes de la playa de El Médano.....	100
Tabla 16 Campañas de muestreo.....	103
Tabla 17 Valores oceanográficos	104
Tabla 18 Valores de temperaturas medias, máximas y mínimas obtenidas en las distintas anualidades	105
Tabla 19 Valores de pH medios, máximos y mínimos obtenidos en las distintas anualidades	106
Tabla 20. Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla	108
Tabla 21. Extracto Anexo IV.A RD 817/2015 Normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y otros contaminantes.	127
Tabla 22. Resumen del análisis de sedimentos de la costa de Granadilla: 2015-2022. Se resaltan en rojo los valores que se han incrementado con respecto al año anterior	128
Tabla 23. Evolución de la concentración de materia orgánica en sedimentos a en la costa de Granadilla.	131
Tabla 24. Evolución de la concentración de hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos en la costa de Granadilla.	131
Tabla 25. Evolución de la concentración de nitrógeno total en sedimentos en la costa de Granadilla.	133
Tabla 26. Evolución de la concentración de fósforo total (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla	133
Tabla 27. Evolución de la concentración de fosfatos (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla.	134
Tabla 28. Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018-2022 (mg/kg).....	136
Tabla 29. Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2022	137
Tabla 30. Valores recomendados en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).....	144
Tabla 31. Extracto Anexo V.A RD 817/2015 Normas de calidad ambiental para las sustancias preferentes.	145
Tabla 32. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2018.....	147
Tabla 33. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2019.....	148
Tabla 34. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2020.....	149
Tabla 35. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2021.....	150
Tabla 36. Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2022	151
Tabla 37 Información básica a recoger en la base de datos espaciales	162



Tabla 38. Campaña de peces litorales primer semestre (pelágicas) (2022).....	168
Tabla 39. Campaña de peces litorales segundo semestre (pelágicas) (2022)	169
Tabla 40. Campaña de peces litorales primer semestre (demersales) (2022).....	170
Tabla 41. Campaña de peces litorales segundo semestre (demersales) (2022)	170
Tabla 42. Tipos de hábitats bentónicos y su código	174
Tabla 43 Tipología bentónicas anteriores a los nuevos algoritmos y actuales	188
Tabla 44. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2018, en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea nodosa</i>	197
Tabla 45. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea nodosa</i>	200
Tabla 46. 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.	202
Tabla 47. Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea</i>	202
Tabla 48 Superficie de las distintas clases bionómicas por sector de vigilancia del PVA actualizados a la situación del muelle de ribera en 2023	204
Tabla 49 Superficie de las distintas clases de sebadal por sector de vigilancia del PVA actualizados a la situación del muelle de ribera en 2023	204
Tabla 50. Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal	207
Tabla 51. Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011)	208
Tabla 52. Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2022. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011; gris = cambio no significativo	209
Tabla 53. Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2021 con 2022. Verde = aumenta; rojo = disminuye; gris = cambio no significativo	210
Tabla 54. Biomasa de la campaña de 2022 en gramos de peso seco/m ² 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	214



Índice de figuras

Figura 1 Mota de cierre perimetral.....	11
Figura 2 Erosión por oleaje en la mota de cierre perimetral (19/01/2022).....	11
Figura 3 Centro de Inspección Portuario del puerto de Granadilla en construcción (12/01/2022)	12
Figura 4 Centro de Inspección Portuaria del puerto de Granadilla finalizado (30/12/2022)	12
Figura 5 Viario en contradique del puerto de Granadilla	13
Figura 6 Edificio de servicios del puerto de Granadilla	13
Figura 7 Distribución de superficies solicitadas en la concesión. Tomado del documento ambiental	18
Figura 8 Parque de almacenamiento. Tomado del proyecto de ejecución de éste.....	21
Figura 9 Mapa de las tres áreas de muestreo establecidas en el archipiélago. Se muestran los polígonos creados considerando una distancia desde tierra de 3mn (polígono menor) y 6mn (polígono mayor)	23
Figura 10 Punta Brava y Punta del Risco. Zona de caracterización	26
Figura 11 Extracto de lo informado en la web del OAG	29
Figura 12 Estaciones de medición de partículas en suspensión (GrAT) y de ruido (Er).....	30
Figura 13 Medición del ruido diario en 2022 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones	32
Figura 14 Camión acopiando materiales (marzo de 2022).....	33
Figura 15 Extracto de lo informado en la web del OAG	34
Figura 16 Extracto de lo informado en la web del OAG	35
Figura 17 Pardelas encontradas en el contradique (12/01/2022).....	35
Figura 18 Seguimiento web de la adecuación cromática de edificios portuarios.	36
Figura 19 Seguimiento web del uso de flora local.	37
Figura 20 Rotonda del polígono industrial con uso de los bolos según condicionante ambiental.	38
Figura 21 Seguimiento web del uso y ubicación de los callaos	38
Figura 22 Evolución de los acopios de residuos asfálticos en la parcela de los acopios de callaos, hasta su retirada final. Izquierda: 12/01/2022. Centro: inicio de la limpieza (1/12/2022). Derecha: parcela ya limpia (13/12/2022)	39
Figura 23 Seguimiento web de la restauración de la zona de obras	39
Figura 24 Izquierda: contenedor de la barrera anticontaminación. Derecha: medios de lucha contra la contaminación marina del puerto	41
Figura 25 Extracto de lo informado en la web del OAG	42
Figura 26 Extracto de lo informado en la web del OAG	43
Figura 27 Imagen del puerto durante la noche, con una única embarcación.....	44
Figura 28 Cambios en el oleaje inducidos. A la izquierda: dirección, sentido (pequeños vectores) y altura significativa media (Hs) de las olas antes y después. A la derecha: variación de Hs tras la construcción del puerto. IHC, 2012	47
Figura 29 Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en las cercanías del Puerto de Granadilla, en un instante del periodo de simulación (marea vaciante): a) previo; b) posterior.....	48
Figura 30 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, visibles en escenas satelitales.....	48
Figura 31 Rebotes de ola y derivaciones (02/06/2017)	49
Figura 32 Ejemplo de georreferenciación. Puntos de control y resultado final de la técnica sobre el mapa de la IDE Canarias Ortoexpress del Gobierno de Canarias.....	50
Figura 33 Toma satelital del 17 de julio de 2020	51
Figura 34 Diferencias batimétricas (> -2m) entre 2011 y 2015	52
Figura 35 Resultados de batimetría con: a) <i>Stumpf</i> ; b) <i>Sigmoide</i> ; c) <i>KNN</i> ; d) ruido.....	54
Figura 36 Ejemplo de batimetría sin ruido. Batimetría obtenida a partir de isóbatas del estudio de Aemon en 2008 para la APSCTFE	55
Figura 37 Diferencias (2011-2022) arrojadas por la aplicación IprSat elaborada expresamente para la obtención de la batimetría a partir de imágenes de WorldView. En la parte superior, sendos modelos batimétricos de cada imagen	56
Figura 38 Histograma de pérdidas y ganancias en el estudio preliminar de alteraciones entre 2011 y 2022.....	57
Figura 39 Esquema del oleaje de una playa, tomado de Ortíz, Idalí and Mónica Galicia Jiménez, 2012	58

Figura 40 Playa de Tarajales en marea baja	59
Figura 41 Playa de Tarajales en marea alta.....	59
Figura 42 Playa de Los Tarajales (23/10/2022)	61
Figura 43 Playa de La Caleta (23/10/2022).....	61
Figura 44 Playa de El Medio (23/10/2022).....	62
Figura 45 Playa Punta del Vidrio (23/10/22)	62
Figura 46 Playa de Pelada (23/10/2022)	63
Figura 47 Playa de La Jaquita (23/10/2022)	63
Figura 48 Playa de El Médano (23/10/2023)	64
Figura 49 Playa de La Tejita (23/10/2023)	64
Figura 50 Nuevo modelo de playa con articulación para medir basculamiento. Playa de El Medio: 2011 (rojo) y 2019 (norte amarillo y sur púrpura). El ángulo a medir en rojo	66
Figura 51 Playa Punta del Vidrio: 2011 (amarillo discontinuo). La rompiente de 2011 en azul claro. Sucesivas mediciones en tonos de malva a rojo según antigüedad. 2022 en verde.	67
Figura 52 Cambios en la orientación en el eje de las playas en 2022	67
Figura 53 Evolución de los ángulos de basculamiento	68
Figura 54 Playas objeto del levantamiento batimétrico	69
Figura 55 Buque oceanográfico Calima e instalación de equipos de navegación	71
Figura 56 Ejemplo de la pantalla del sistema de navegación Hypack Max, en los que se puede observar tanto el proyecto de líneas como las marcas o fixes que genera.....	71
Figura 57 Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2018. Arriba izquierda: Pelada; arriba derecha: La Jaquita; abajo izquierda: El Médano y abajo derecha: La Tejita	73
Figura 58 Planos de las diferencias entre los barridos de 2018 y 2019. Arriba izquierda: Pelada; arriba derecha: La Jaquita; abajo izquierda: El Médano y abajo derecha: La Tejita	73
Figura 59 Planos de las diferencias entre los barridos de 2017 y 2019. Arriba izquierda: Pelada; arriba derecha: La Jaquita; abajo izquierda: El Médano y abajo derecha La Tejita.....	74
Figura 60 Modelo digital con "abancalamiento" (izquierda) y sin él (derecha)	75
Figura 61 Modelización de elevaciones en forma de ráster. Tomado de Humboldt State University, OR	76
Figura 62 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de Pelada.....	77
Figura 63 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de La Jaquita	77
Figura 64 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de El Médano.....	78
Figura 65 MDB de cada uno de los conjuntos de datos espaciales de la playa de La Tejita	78
Figura 66 Ejemplo de histograma de diferencias	80
Figura 67 Distribuciones espaciales y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en la playa de La Pelada	80
Figura 68 Distribuciones espacial y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en La Jaquita	81
Figura 69 Distribuciones espacial y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en la playa de El Médano.....	82
Figura 70 Distribuciones espacial y de frecuencias de ganancias (azul) y pérdidas (rojo) en la playa de La Tejita.....	82
Figura 71 Esquema de pérdida - ganancia por superposición de un perfil más reciente (azul) a otro más antiguo (rojo).....	84
Figura 72 Agrupamiento de los valores mínimos y máximos de los respectivos intervalos que recogen el 90% de las celdas del raster de variaciones en cada comparación.....	85
Figura 73 Sentido de los valores Cut/fill (corte/relleno) del método en ArcGIS	87
Figura 74 Distribución de frecuencias de los cambios en La Tejita.....	89
Figura 75 Máximos locales llamativos en La Tejita	90
Figura 76 Diferencias en la playa de La Tejita	90
Figura 77 Volúmenes de la playa de La Tejita.....	91
Figura 78 Diferencias en la playa de La Pelada	92
Figura 79 Volúmenes en la playa de Pelada.....	94
Figura 80 Diferencias en la playa de La Jaquita	95
Figura 81 Volúmenes de la playa de La Jaquita.....	97
Figura 82 Diferencias en la playa de El Médano	98



Figura 83 Volúmenes de la playa de El Médano.....	101
Figura 84 Sectores y estaciones de muestreo de aguas desde comienzo del PVA	102
Figura 85 Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (medición con sonda) 2011 - 2022	105
Figura 86. Registro del pH en la estación Dársena (TGr09) (2012-2022)	106
Figura 87. Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde julio de 2016 a octubre de 2022	107
Figura 88. Arriba: evolución de la concentración de clorofila proveniente de análisis de laboratorio entre 2011 y 2022 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila a lo largo del 2022	108
Figura 89. Evolución 2011-2022 de la clorofila <i>a</i> en la estación TGr08 Lajón (arriba), TGr09 Dársena (medio) y TGr40 Martillo (abajo). Equivalencia 1 µg/l = 1 mg/m ³ de clorofila A.....	109
Figura 90 Extracto del Anexo II.F.2. del RD 817/2015. Tipo de aguas: puertos	111
Figura 91 Extracto del Anexo II.E.1 y E.2 del RD 817/2015. Tipo de aguas: aguas costeras	112
Figura 92 Concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla y desde 2011 hasta 2022, inclusive.....	113
Figura 93. Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2022 según las estaciones. Abajo: datos del 2017 a 2022.....	114
Figura 94. Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012 -2022).....	115
Figura 95. Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2022.....	115
Figura 96. Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2022)	116
Figura 97. Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2022).....	116
Figura 98. Evolución de hidrocarburos totales 2011-2022 en la costa de Granadilla	117
Figura 99. Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017 - 2022 a lo largo de la costa de Granadilla	117
Figura 100. Extracción Anexo V.A del RD 817/2015. Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes	119
Figura 101 Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (I)	120
Figura 102 Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (II).....	121
Figura 103 Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (III)	122
Figura 104. Evolución de concentraciones de <i>Escherichia coli</i> y de <i>Enterococos</i> fecales en la TGr50-Dique.	123
Figura 105 Evolución de concentraciones de <i>E. Coli</i> y de <i>Enterococos</i> fecales en la TGr51-Pantalán	123
Figura 106. Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)	124
Figura 107. Clasificación D50 de los sedimentos muestreados en 2022. Arriba: 1 ^{er} semestre. Abajo: 2 ^o semestre.....	125
Figura 108. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia).....	125
Figura 109. Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2022. Arriba: 1 ^{er} semestre. Abajo: 2 ^a semestre.	126
Figura 110. Variación temporal (2011-2022) de la materia orgánica en sedimentos, en la costa de Granadilla.....	131
Figura 111. Variación temporal (2011-2022) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla.....	132
Figura 112. Variación temporal (2014-2022) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla.....	132
Figura 113. Variación temporal (2011-2022) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla	133
Figura 114. Variación temporal (2011-2022) del fósforo total en las estaciones en Granadilla	133
Figura 115. Variación temporal (2020-2022) del fósforo total en las estaciones en Granadilla	134
Figura 116. Variación temporal (2011-2021) de fosfatos en sedimentos Granadilla	134
Figura 117. Variación temporal (2020-2022) de fosfatos en sedimentos Granadilla	135
Figura 118. Concentración de cadmio, plomo y cinc en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022.....	140
Figura 119. Concentración de cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022.....	141
Figura 120. Concentración de mercurio, arsénico y cobalto en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022	142
Figura 121. Concentración de estaño y vanadio en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2022.....	143
Figura 122. Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2022.....	152

Figura 123. Mapa de calidad de sedimentos a 31 de diciembre de 2022	154
Figura 124 Mapa de estaciones y transectos de muestreo	155
Figura 125 Logros de reconstrucción del fondo marino en ensayos del OAG a partir de fotogramas de vídeo submarino. Izquierda: perspectiva en 3D del modelo generado. Derecha: fotograma del vídeo original; Error! Marcador no de	
Figura 126 Uno de los mejores ensayos de estos transectos bionómicos, el de Bocinegro en verano de 2016. El recuadro rojo indica el tramo reconstruido con las imágenes seleccionadas en la parte superior	158
Figura 127 Cámaras centradas en la pértiga. En el recuadro, momento de comprobación de la equidistancia al centro de ambas unidades	159
Figura 128 Tendido del cabo guía que marcará el recorrido del transecto. Punta Brava, TGr17. Verano de 2022.....	159
Figura 129 Ejemplo de Ground Control Point o GCP. en el centro, listón de aluminio de 1 m graduado cada 10 cm. A la derecha, trayectoria de la cámara en ida y vuelta, denotada por posiciones de fotogramas	160
Figura 130 Ejemplo de depuración de errores. La pared azul es el resultado de la interpretación errónea por el programa del fondo de imagen distnate dado el encuadre oblicuo de la cámara. A la derecha, el modelo corregido.....	161
Figura 131 Fases de construcción del modelo 3D a partir de fotogramas extraídos del vídeo. De abajo a arriba, nube de puntos, nube densa de puntos, malla de triangulación, modelo coloreado, modelo texturizado	163
Figura 132 a) Clasificación TGr16, La Rajita. b) Clasificación de TGr12, Tancón	165
Figura 133. Transectos con su espectro bionómicos; invierno de 2022 (marzo).	172
Figura 134. Transectos con su espectro bionómicos en verano de 2022 (octubre).	173
Figura 135. Aspecto de los distintos hábitats tipificados	175
Figura 136. Simbología empleada en los diagramas bionómicos	176
Figura 137. Espectros detallados con distancias de los transectos (invierno, marzo 2022)	177
Figura 138. Espectros detallados con distancias de los transectos (verano, octubre 2022)	178
Figura 139. Transecto Pelada en 2022. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)	179
Figura 140. Transecto Lajón en 2022. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)	180
Figura 141. Transecto Embarcadero en 2022. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo)	181
Figura 142. Espectros bionómicos del transecto embarcadero realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2022).....	182
Figura 143. Espectros bionómicos del transecto Lajón al sur de Granadilla (2011-2022).....	183
Figura 144. Espectros bionómicos del transecto Pelada al sur de Granadilla (2011-2022)	184
Figura 145. Espectros bionómicos del transecto Travieso (2017-2022)	185
Figura 146 Representación del problema.....	187
Figura 147 Recintos de entrenamiento para el proceso de clasificación	189
Figura 148 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)	191
Figura 149 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG)	192
Figura 150 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG)	193
Figura 151 Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG).....	194
Figura 152 Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG).....	195
Figura 153 Mapa bionómico de "2017" (correspondiente al 22 de enero de 2018. Fuente OAG).....	196
Figura 154 Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. (Fuente OAG)	198
Figura 155 Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. (Fuente OAG).....	199
Figura 156 Mapa bionómico correspondiente al 30 de octubre de 2021 (Fuente OAG).....	201
Figura 157 Mapa bionómico correspondiente al 23 de octubre de 2022 (Fuente OAG).....	203
Figura 158. Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas	206
Figura 159. Evolución de la densidad de haces por m ² en las estaciones al norte del Puerto	211
Figura 160. Evolución de la densidad de haces por m ² en las estaciones próximas al sur del puerto	212
Figura 161. Evolución de la densidad de haces por m ² en las estaciones de la ZEC	213
Figura 162. 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 2022	215
Figura 163. 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 2022	215



Figura 164. Valoración general de los seabadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2022 en relación con 2011 (referencia) / y la situación de 2021 en relación con 2022	216
Figura 165. Valoración general de la biodiversidad de 2022	217
Figura 166. Extremo NO de la ZEC “Sebadales del Sur de Tenerife” (en verde).....	218

8 ANEXOS