

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

Informe anual 2024

Octubre 2025

SANTA CRUZ DE TENERIFE



OAG (2025). *Seguimiento ambiental del puerto de Granadilla en fase operativa y de las tendencias de la biodiversidad local. Informe anual 2024.*- S/C de Tenerife: Observatorio Ambiental Granadilla, pp. 202 [no publicado].

TABLA DE CONTENIDO

INFORME ANUAL 2024	1
1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Objeto y alcance del presente informe.....	7
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.....	11
3 DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEDIDAS CONEXAS	12
3.1 Modificaciones y situación de las obras.....	12
3.1.1 Defensa y rellenos de explanada en el puerto de Granadilla.....	12
4 MEDIDAS COMPENSATORIAS	13
4.1 Medidas cumplimentadas.....	13
A.- Establecimiento de una fundación independiente y permanente.....	15
B1.- Declaración de un LIC para la piña de mar.....	15
B2.- Declaración de dos nuevos LIC para el hábitat 1110.....	15
4.2 Seguimiento de la tortuga boba (B3).....	15
5 MEDIDAS CORRECTORAS	16
5.1 Replantación de sebadales.....	16
5.2 Trasvase de arenas norte-sur.....	17
5.3 Recuperación de playas.....	19
5.4 Aguas residuales del puerto.....	19
6 SEGUIMIENTO AMBIENTAL	19
6.1 Vigilancia de las obras.....	19
6.1.1 Materiales de acopio externos.....	19
6.1.2 Rellenos y vertidos accidentales.....	20
6.1.3 Niveles sonoros y de polvo; medidas de mitigación.....	21
6.1.4 Mitigación lumínica.....	26
6.2 Integración paisajística.....	28
6.2.1 Adecuación cromática.....	28
6.2.2 Uso de flora local.....	29
6.2.3 Uso de bolos y callaos.....	29
6.2.4 Restauración de la zona de obras.....	30
6.3 Operaciones portuarias.....	31
6.3.1 Dragados.....	31
6.3.2 Derrame accidental de hidrocarburos.....	31
6.3.3 Residuos flotantes y basuras.....	35
6.3.4 Control de la prohibición de la pesca.....	37
6.3.5 Control de zonas verdes.....	37



6.3.6	Control zona de servicio del puerto	38
6.3.7	Control de residuos	38
6.3.8	Control de ruidos y luces de las embarcaciones atracadas.....	38
6.4	Geodinámica litoral.....	39
6.4.1	Episodios tormentosos	39
6.4.2	Nivel medio del mar y oleaje	39
6.4.3	Flujo de la corriente	39
6.4.4	Alteraciones batimétricas.....	40
6.4.5	Alteraciones en playas	57
6.4.6	Batimetría y perfil de las playas	70
6.4.7	Clima marítimo	72
6.5	Calidad del medio marino.....	72
6.5.1	Parámetros oceanográficos	73
6.5.2	Calidad del agua	80
6.5.3	Contaminación microbiológica.....	92
6.5.4	Calidad de los sedimentos.....	94
6.5.5	Evaluación general del medio físico	122
6.6	Biodiversidad marina.....	124
6.6.1	Comunidades intermareales y submareales	125
6.6.2	Comunidades de peces litorales	130
6.6.3	Perfiles y transectos bionómicos.....	133
6.6.4	Especies exóticas potencialmente invasoras	178
6.6.5	Efecto arrecife artificial	179
6.6.6	Estado fisiológico del sebadal.....	179
6.6.7	Evaluación general del sebadal.....	189
6.6.8	Evaluación general de la biodiversidad	190
6.6.9	Evaluación del estado de conservación de la ZEC ES7020116.....	191
7	RECOMENDACIONES	196
8	ANEXOS	204



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

Informe anual 2024

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, 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)” (Dictamen de la Comisión, en lo sucesivo), 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.*

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 al Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible a través del ente público Puertos del Estado y ejerce su protectorado el Ministerio de Cultura (Protectorado de Fundaciones).

El objetivo prioritario de la Fundación es la vigilancia ambiental del puerto industrial de Granadilla, al haber aceptado la Comisión [...] *los argumentos presentados por las autoridades españolas, a saber: que existen razones imperiosas de interés público de primer orden que pueden justificar la realización del proyecto, siempre que se garanticen las medidas compensatorias adecuadas.* Esta función propia, que emana de la voluntad del fundador (la Comisión Europea), para garantizar que el puerto de Granadilla se construya y gestione de manera respetuosa con el medio ambiente, la desarrolla como colaboración con la Autoridad



Portuaria de Santa Cruz de Tenerife (APSCTFE, en lo sucesivo), sin que medie por parte de la Fundación cesión alguna de sus competencias administrativas en la vigilancia ambiental ni de responsabilidades frente a terceros, y todo ello sin perjuicio de la correspondiente tutela de Puertos del Estado y del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

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 comenzó el “Plan de Vigilancia Ambiental en fase operativa y de las tendencias de la biodiversidad local” (PVAYTBD, en lo sucesivo) 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, aunque la última versión es la aprobada en la 32ª sesión de 20 de diciembre de 2024, al ser necesario incluir dentro de esta vigilancia global, la vigilancia ambiental del punto de reposición de arenas de la costa de Granadilla¹ y la del muelle de ribera²; dando así cumplimiento a los condicionantes impuestos por sendos informes de compatibilidad con la estrategia marina de la demarcación marina canaria.

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 los informes específicos pueden descargarse desde la página web del OAG.

¹ Proyecto de integración ambiental de un nuevo punto de vertido de reposición de arena en la costa de Granadilla (Tenerife).

² Proyecto de cierre y habilitación del muelle de ribera del puerto de Granadilla (T.M. de Granadilla de Abona, Santa Cruz de Tenerife).

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 2024. 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 2024, de la que se ha venido dando oportuna cuenta mediante la web del OAG.
- c) Presentar y explicar los dos nuevos planes de vigilancia ambiental mencionados en el apartado anterior, y su englobe en el plan de vigilancia ambiental global.
- d) Proponer ajustes al plan de vigilancia y de las tendencias de la biodiversidad local en fase operativa en función de los resultados obtenidos durante 2024 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:

Mayo 2024 Informe sobre consulta pública previa del proyecto de declaración de un parque nacional marino en las aguas del Mar de las Calmas, en el entorno de la Isla de El Hierro (Demarcación marina canaria).

Octubre 2024 Informe de seguimiento preoperacional y caracterización de comunidades y hábitats del punto de vertido de la medida correctora “trasvase de arenas N-S”.

A lo largo del ejercicio no ha habido incidencias de importancia, pero el OAG si mostró su preocupación ante la Capitanía Marítima de Santa Cruz de Tenerife por haberse permitido, en abril de 2024, el trasvase de 70 000 toneladas de fueloil del petrolero “Sofía II” al petrolero “Nissos Paros” en la segunda alineación de la obra de abrigo, sin que el Plan Interior Marítimo



del puerto disponga de una barrera de longitud suficiente para cerrar la bocana del puerto, como así indica éste³.

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

2.1 Revisión de impactos potenciales

Como se ha comentado en informes anteriores, 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, viarios, rellenos 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. Sin embargo, como fue disertado y explicado en el informe anual de 2022, si las causas por las que fue declarado el puerto de Granadilla como de interés público de primer orden ya no son válidas, el impacto debe ser valorado desde otra perspectiva, tal y como se explicó en el mencionado informe y tal como recoge el Dictamen de la Comisión: [...] *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.*

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. 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

³ Este asunto es desarrollado en el apartado “6.3.2 Derrame accidental de hidrocarburos” de este informe.

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 estas 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.

Otro impacto potencial es la afección a la seba fuera de la ZEC *Sebadales del Sur de Tenerife*. Como es conocido, la especie *Cymodocea nodosa* se encuentra incluida tanto en el catálogo canario de especies protegidas (en la categoría de “interés para los ecosistemas canarios”) como en el catálogo español de especies amenazadas, en la categoría de “vulnerable”. Si bien el artículo 3.2 de la Ley 4/2010, de 4 de junio, del Catálogo Canario de Especies Protegido dice: [...] B.- *El régimen jurídico de protección de las especies de “interés para los ecosistemas canarios” será aplicable exclusivamente en el ámbito territorial de los espacios de la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos y de la Red Natura 2000;* la Ley 42/2007, de



13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad indica, en su artículo 57: *1.- La inclusión en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial de una especie, subespecie o población conlleva las siguientes prohibiciones genéricas:*

- a) Tratándose de plantas, hongos o algas, la de recogerlas, cortarlas, mutilarlas, arrancarlas o destruirlas intencionadamente en la naturaleza.*
- b) Tratándose de animales, incluidas sus larvas, crías o huevos, la de cualquier acción hecha a propósito de darles muerte, capturarlos, perseguirlos o molestarlos, así como la destrucción o deterioro de sus nidos, vivares y lugares de reproducción, invernada o reposo.*

[...] Estas prohibiciones se aplicarán a todas las fases del ciclo biológico de estas especies, subespecies o poblaciones. Prosigue la Ley (artículo 61): 1.- Las prohibiciones establecidas en este capítulo podrán quedar sin efecto, previa autorización administrativa de la comunidad autónoma o de la Administración General del Estado, en el ámbito de sus competencias, si no hubiere otra solución satisfactoria, y sin que ello suponga perjudicar el mantenimiento en un estado de conservación favorable de las poblaciones de que se trate, en su área de distribución natural, cuando concurra algunas de las circunstancias siguientes: [...] c.- Por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas las de carácter socioeconómico y consecuencias beneficiosas de importancia primordial para el medio ambiente. Esta excepción no será aplicable en el caso de las aves.

El puerto de Granadilla dispone ya de una autorización conforme al artículo 61.1.c de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de fecha 21 de febrero de 2017, que estipula: *Dado que las obras de construcción del puerto de Granadilla afectarán directamente a los haces de seba que todavía quedan dentro del puerto, no existiendo otra solución satisfactoria y dándose razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas las de carácter socioeconómico, esta Dirección General, en virtud de la competencia estatal sobre biodiversidad marina establecida en el artículo 6 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y en virtud de las facultades que le fueron conferidas por Real Decreto 401/2012, de 17 de febrero, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, resuelve que las prohibiciones establecidas en el artículo 57.1.a de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, quedan sin efecto en el caso de los haces de seba que persisten dentro del recinto portuario de Granadilla de acuerdo a la excepción recogida en el artículo 61.1.c de dicha ley siempre que se garantice el mantenimiento en un estado de conservación favorable de la población de Cymodocea nodosa en el exterior del puerto.*

Por lo tanto, cualquier fondeo o infraestructura que se pretenda instalar en la zona II de puerto del Granadilla, debe contar con esta excepción si existen haces de seba, siendo condición *sine*

qua non que no exista otra solución satisfactoria y dándose razones imperiosas de interés público de primer orden.

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. 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 hiciera falta (revisión).
2. Incorporar al seguimiento el control de las obras aún pendientes de realización o conclusión (muelle de ribera, explanada principal, viario, edificaciones, etc.) e informar sobre las concesiones administrativas solicitadas o concedidas y su compatibilidad ambiental y con el Dictamen de la Comisión.
3. Verificar, controlar y culminar la aplicación de las medidas compensatorias y de aquellos elementos que arbitran y, en su caso, la necesidad de acometer dichas medidas.
4. 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.
5. 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.
6. Proponer, en su caso, medidas correctoras o de contención de impactos negativos sobrevenidos.
7. 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 2024 se han incorporado al banco de fotos 2 685 imágenes (tomadas en 136 jornadas diferentes), con lo que el total disponible desde 2008 asciende a 57 203 instantáneas (incluidas también las fotos de la vigilancia y actividades conexas).

Las actuaciones que se resumen seguidamente han sido detalladas en informes anteriores, 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

En noviembre de 2024 concluyen los rellenos de la explanada (Figura 1) desde la zona de costa hasta aproximadamente la mitad de la distancia que queda todavía hasta la mota perimetral acabada en marzo de 2023 (Figura 2) y que tuvieron como punto de préstamo de materiales al Polígono Industrial de Granadilla.



Figura 1: Relleno de la explanada (15-05-2024)



Figura 2: Zona de la explanada sin rellenar (19-12-2024)

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, concluyendo la ejecución de la segunda fase de la restauración de Montaña Roja, tal y como se explicó en el Anexo I del informe anterior. A principios de año quedaban algunas útiles por retirar (Figura 3), quedando la zona totalmente limpia en febrero.



Figura 3: Útiles pendientes de ser retirados en Montaña Roja (02-01-2024)

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.

B4.- Restauración de la ZEC ES7020049 Montaña Roja.

4.2 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 continúa realizando tres censos anuales (Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife) que implica el plan de seguimiento (Figura 4), y hará una evaluación quinquenal. La última realizada corresponde al período 2013-2017⁴ 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”.

⁴ 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.



Figura 4: Mapa de las tres áreas de muestreo establecidas en el archipiélago

Las campañas de censo relativo de 2024 se realizaron en junio (Tenerife), septiembre (Gran Canaria) y octubre (Fuerteventura), con avistamientos de 5, 3 y 1 ejemplares de tortuga boba, respectivamente.

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 seabadal 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 contem-*

plará 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. Han transcurrido 14 años desde entonces y las técnicas de replantación parecen haber mejorado mucho, por lo que el OAG, tal y como se expondrá en el apartado dedicado al estado del sebadal, lo estudiará en profundidad, una vez cuente con los datos bionómicos de 2025, junto con la toma de decisiones.

5.2 Traspase 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. Urge el cumplimiento de esta medida.

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 anticiclónicas generadas por la obra de abrigo. Se han llevado a cabo varios ensayos de aporte (Tabla 1) 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 1: 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. La Figura 5 muestra el punto de vertido de “Punta Brava”, descartado; y el punto de estudio actual, “Punta del Risco”.



Figura 5: Punta Brava y Punta del Risco. Zona de caracterización

Como ya se informó, 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. El proyecto ya está terminado y cuenta con Informe de Compatibilidad con la Estrategia Marina de la Demarcación Canaria positivo, aunque condicionado. De hecho, el PVAYTBL del puerto de Granadilla, incorporará el PVA del punto de vertido, al ser ésta una medida correctora del propio puerto, encargándose el OAG de su seguimiento.

El OAG continuará informando de la evolución de esta importante medida, tan pronto comience la ejecución del proyecto y se inicien los vertidos de arena, que no se han iniciado por problemas administrativos con la ejecución de las obras.

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.

Como en años anteriores, 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.

La construcción de dicha infraestructura ha finalizado, estando pendiente el inicio operativo de las aguas del puerto de Granadilla.

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 2024 no se han producido aportes externos de material (Figura 6).

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 determinados por 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.

En caso de utilizarse puntos de préstamos de materiales distintos al del Polígono Industrial de Granadilla, se llevará a cabo un seguimiento bimensual de los puntos de préstamo, tal como se vino realizando durante la fase de obras. En esta sección se mostrarán las cantidades extraídas en cada periodo así como una etiqueta de color que indica si las extracciones se realizan ajustadas a derecho y de modo correcto (no se desvían de sus fines y limitaciones).

Azul	Pendiente de verificación
Verde	Correcto: extracción acorde con la autorización
Rojo	Incorrecto: sin autorización o no se ajusta a los términos de la autorización
Naranja	Comprobando términos del proyecto

Tabla de materiales 2024

Origen	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

NOTAS:
La tabla de materiales hace referencia a metros cúbicos de material de préstamo.
Durante el año 2024 no han habido aportes de materiales de puntos externos de préstamo, exceptuando el polígono industrial de Granadilla.

Figura 6: Tabla de materiales de 2024 publicada en la web del OAG

6.1.2 Rellenos y vertidos accidentales

Estaba previsto, y así se ha ejecutado, 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. Además:

- a) Al persistir ejemplares de seba en la zona de relleno es preciso contar con la prescriptiva autorización del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 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.

Los trabajos de relleno han concluido en 2024, quedando todavía un importante volumen por concluir (Figura 2 y Figura 7).

Vertidos de materiales y rellenos																			
Una vez concluidas las obras de abrigo, no se producirán más vertidos de materiales en aguas abiertas, sino en el recinto del puerto. Antes de acometer el relleno de la explanada del muelle de ribera, deberá cerrarse dicho recinto a fin de que la turbidez que se genera quede contenida en él. Desde el punto de vista ambiental, dicho cierre podrá sustentarse sobre todo-uno, pues la zona se encuentra al abrigo del dique exterior y ya no precisa de una berma de escollera																			
Durante el relleno de la cubeta de la futura explanada se controlará que no se emplea como material de relleno residuos tales como chatarras, ruedas, bidones o restos vegetales. Se mantiene el seguimiento semanal implantado en la fase de obras.																			
Año 2024																			
Semana	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Inadecuado																			
Mejorable																			
Adecuado	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
Inadecuado																			
Mejorable																			
Adecuado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Semana	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52					
Inadecuado																			
Mejorable																			
Adecuado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Incidencias																			
Año 2024:																			
Semana 48: terminan los rellenos de la explanada hasta la mota del cargadero.																			

Figura 7: Extracto de lo informado en la web del OAG

6.1.3 Niveles sonoros y de polvo; medidas de mitigación

El PVAYTBL 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.

Tabla 2: 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

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 muestran en la Tabla 2.

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.



Figura 8: Estaciones de medición de partículas en suspensión (GrAT) y de ruido (Er)

Las estaciones de muestreo se representan en la Figura 8. 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 9).
- 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 de 73,5 db en un minuto, sólo se ha superado una vez en 2024, en la estación R2.



Tabla 3: veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto/quincena) en 2019-2024

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%
2023 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	64	5	7,81%	0	0%	0	0%
ER2 – Casetas	65	2	3,08%	0	0%	0	0%
ER4 - Polígono	65	11	16,92%	0	0%	90	0%
Promedio 1 min	64,6	6	9,27%	0	0%	0	0%
2024 NS máx	Total de medidas	Superan 65 db	Proporción	Superan 73,51 db	Proporción	Superan 80 db	Proporción
ER1 – Rotonda	69	4	5,80%	0	0%	0	0%
ER2 – Casetas	69	5	7,25%	1	1,45%	0	0%
ER4 - Polígono	69	17	26,64%	0	0%	0	0%
Promedio 1 min	69	8,67	12,56%	0,33	0,48%	0	0%

Al igual que año 2023, la disminución del ruido, a juicio del OAG, se debe a que existe menos maquinaria trabajando en la obra (Figura 9).

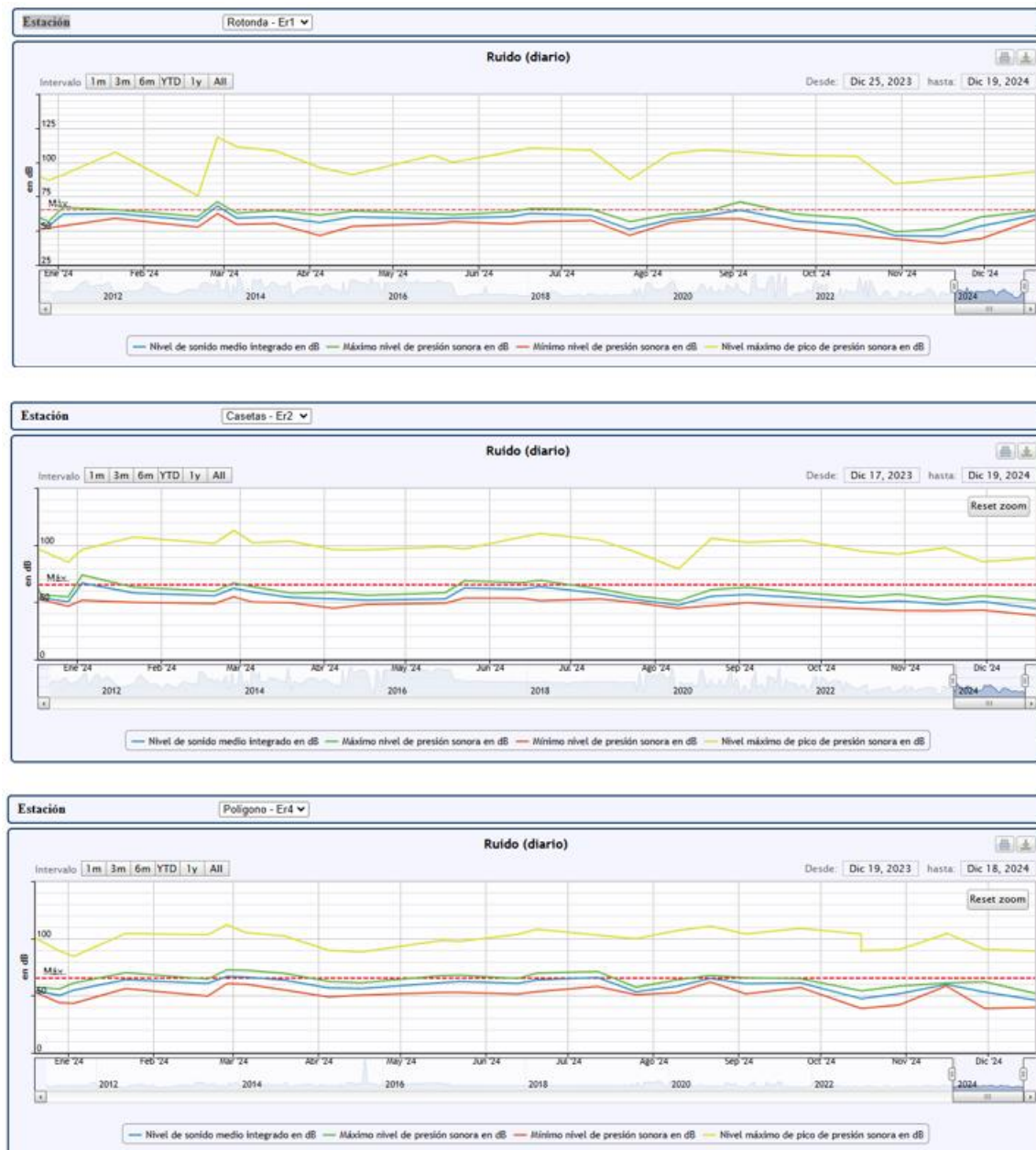


Figura 9: medición de ruido en 2024 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones

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 posibles anomalías acústicas.



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 por irrupciones de polvo africano arrastrado por el viento. Las obras de un puerto en construcción son una fuente importante de polvo dado el continuo trasiego, carga y vertido de materiales. De enero a octubre de 2024, con motivo de la reanudación del vertido de áridos para relleno de la explanada con materiales del Polígono Industrial de Granadilla, fue retomado el muestreo de partículas PM10.

El OAG informa en su web www.oag-fundacion.org (vigilancia de obras) (Figura 10), tanto de la concentración de partículas como de las medidas de refuerzo.

Año 2024	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-octubre de 2024: continua el relleno de la explanada con materiales provenientes del polígono industrial de Granadilla.

Noviembre de 2024: finalizan los rellenos.

Figura 10: 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 11).

Año 2024																					
Semana	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Verificación A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Verificación B	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Verificación C	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Verificación D	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

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

Semana	43	44	45	46	47	48	49	50	51	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:

Febrero 2024: En la visita llevada a cabo el 22/02/2024 parpadeaba la luminaria 1507 y no funcionaban las número: 145E, 146E, 14C9, 142F, 1490, 148C, 1470, 14AD, 14F1, 14CC y 14C6.

Diciembre 2024: En la visita llevada a cabo el 13/12/2024 no funcionaban las luminarias con códigos: 146F, 142F, 14C9, 14F6, 1501 y 14FE.

Figura 11: 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 imprescindibles. La policía portuaria continúa llevando a cabo labores de inspección de todo el puerto desde primera hora de la mañana, pudiéndose así localizar pollos de pardela que hayan podido caer en la noche.



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

Adecuación cromática

En las fachadas de las naves 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 no reflejen excesivamente la luz natural. En general, se busca no generar contrastes cromáticos disonantes con el entorno paisajístico.

Año 2024

Trimestre	Observaciones
Enero-marzo	No hay nuevas edificaciones.
Abril-junio	No hay nuevas edificaciones.
Julio-septiembre	No hay nuevas edificaciones.
Octubre-diciembre	No hay nuevas edificaciones.



En 2023 es entregado el edificio de usos portuarios, con fachada en colores de la gama del ocre y de tierra.

Figura 12: Seguimiento web de la adecuación cromática de los edificios portuarios

6.2.2 Uso de flora local

Los ejemplares de las especies de flora nativa que se recogieron al comienzo de los trabajos de desbroce de la zona portuaria fueron llevadas al vivero del Cabildo Insular de Tenerife, ubicado en el Municipio de Fasnia. Las plantas que sobrevivieron al trasplante (aprox. la mitad) han sido empleadas en jardinería en diversos puntos de la isla hasta agotar existencias. 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 2024 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 13).

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 Santa Cruz 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.	
Año 2024	
Trimestre	Observaciones
Enero-marzo	No hay jardines.
Abril-junio	No hay jardines.
Julio-septiembre	No hay jardines.
Octubre-diciembre	No hay jardines.

Figura 13: Seguimiento del uso de la flora local en la web

6.2.3 Uso de bolos y callaos

Los bolos y callaos acopiados se emplearán en labores de integración paisajística. Estos bolos y callaos deberán servir para poner en valor el recurso estético y geológico, bien empleándolo en restauración o mejora de playas homólogas, o en integración paisajística costera, evitando en todo caso su enterramiento o machaqueo.

Se comprueba quincenalmente su ubicación y volumen, y se verificará finalmente su destino y uso (Figura 14).



Uso de bolos y callaos

Verificar que los callaos de la playa de La Caleta son retirados antes de que comience, como parte de la futura explanada del muelle de ribera, el relleno de esta zona.

Los bolos y callaos acopiados o por retirar se emplearán en labores de integración paisajística.

El sobrante de bolos y callaos deberá destinarse a un uso que los ponga en valor como recurso estético y geológico, bien empleándolo en restauración o mejora de playas homólogas, o en labores de integración paisajística costera, evitando en todo caso su enterramiento o machacado. Se verificará el destino y su uso.

Año 2024

Trimestre	Observaciones
Enero-marzo	Los callaos se encuentran en su ubicación a la espera de ser utilizados.
Abril-junio	Los callaos se encuentran en su ubicación a la espera de ser utilizados.
Julio-septiembre	Los callaos se encuentran en su ubicación a la espera de ser utilizados.
Octubre-diciembre	Los callaos se encuentran en su ubicación a la espera de ser utilizados.

Notas:

Figura 14: Seguimiento web del uso y ubicación de los callaos

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). 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 15 muestra el seguimiento web del OAG.

Restauración de la zona de obras

La instalaciones de obra deberán ser desmanteladas una vez finalicen las obras y el terreno ocupado por ellas devuelto, en lo posible, a su estado inicial. Esta medida corresponde a la fase de obras, 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 abandonados.

Año 2024

Trimestre	Observaciones
Enero-marzo	El edificio de usos portuarios y la zona aledaña han sido transformados a su aspecto actual.
Abril-junio	El edificio de usos portuarios y la zona aledaña han sido transformados a su aspecto actual.
Julio-septiembre	El edificio de usos portuarios y la zona aledaña han sido transformados a su aspecto actual.
Octubre-diciembre	El edificio de usos portuarios y la zona aledaña han sido transformados a su aspecto actual.

Figura 15: Seguimiento web de la restauración de la zona de obras

6.3 Operaciones portuarias

6.3.1 Dragados

El observatorio vigila que los dragados cumplan con la normativa y las recomendaciones vigentes. De realizarse estos dragados u otros vinculados al puerto, en zonas donde hubiera algún ejemplar de seba, el OAG verificará que existe la preceptiva autorización del Ministerio competente (en 2024, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) y que se cumple.

La arena restante del fondo que debiera ser dragada en el propio recinto portuario, habrá de destinarse preferentemente a su acopio para el programa de reposición del flujo costero de arena. En 2024 no ha habido dragados en el puerto de Granadilla.

Sí se han previsto dragados en la zona del futuro muelle de ribera, por lo que el OAG ha prestado su ayuda para la obtención de informe de compatibilidad con la estrategia marina de la demarcación Canaria, preceptivo y vinculante para esta actuación.

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 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 fue 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 2024 se han llevado a cabo los siguientes controles y visitas:

1.- 10/03/2024: 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. Aunque se mantiene el orden de los materiales, se sigue sin poder identificarlos convenientemente o determinar su ubicación o existencia.

2.- 30/09/2024: 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. Aparecen en el inventario cinco unidades de anclajes de barreras móviles. Dos se encuentran en el almacén de Santa Cruz de Tenerife y otros dos han sido llevados al contenedor ubicado en el contradique del puerto de Granadilla. Así mismo, se identifica un panel de maniobra *multiskimmer* MS10, un compensador de marea pequeño y varios anclajes de barrera en un contenedor ubicado en el exterior.

3.- 16/10/2024: visita al puerto de Granadilla y asistencia como observadores de práctica de contaminación marina llevada a cabo por la APSCTFE, con la asistencia técnica de NOVOTEC. Se detectan las siguientes deficiencias y opciones de mejora, que quedan reflejadas en el informe de la asistencia técnica:

- La longitud actual de la barrera (250 metros) resulta insuficiente para cerrar la bocana del puerto. Desde el contradique hasta el morro del dique exterior hay, aproximadamente, 430 metros en línea recta, a lo que se debe sumar el seno formado por la barrera una vez desplegada.

- *La embarcación utilizada durante el simulacro se ubica en el Puerto de Los Cristianos, debiendo contabilizarse este traslado en una situación real. Resulta necesario contar con una embarcación fija en el puerto de Granadilla.*
- *El contenedor debe contar con iluminación, para ello se debe valorar la posibilidad de que, en el propio contenedor o en las cercanías, se cuente con suministro eléctrico, así como suministro de agua.*
- *Se deben colocar perfiles para la conexión de los compensadores de marea en diferentes puntos del puerto que permitan el cerco de un posible vertido con el cierre de alineaciones y contradique.*
- *Durante el simulacro realizado, entre los participantes, se propone colocar en el borde del muelle una estructura frente al contenedor, del mismo tamaño que éste, y que cuente con un rodillo central para facilitar el despliegue de la barrera.*
- *Todo el personal asistente debe disponer de EPIs: cascos, chalecos y guantes.*
- *La comunicación con la Sala de Control por radio no resulta satisfactoria durante el simulacro, ya que se solapan las comunicaciones al no disponer de un canal único de trabajo.*

Como el OAG ha dejado patente en varias ocasiones:

- 1.- No se dispone de la embarcación necesaria para el puerto⁵.
- 2.- El PIM del puerto de Granadilla contempla el cerramiento completo de la bocana mediante una barrera anticontaminación de 9 tramos de 50 metros cada uno, con boyas para fondeo con cadena, pero la barrera que se encuentra en el contradique sólo mide 250 metros. Este hecho continúa siendo especialmente grave y no sólo no se le ha puesto solución, sino que se permitió el trasvase, en abril de 2024, de 70 000 toneladas de fueloil del petrolero “Sofía II” al petrolero “Nissos Paros” en la segunda alineación de la obra de abrigo (Figura 16). El OAG mostró su preocupación a la Capitanía Marítima de Santa Cruz de Tenerife, sin que se recibiera contestación alguna al escrito presentado.

⁵ Ver apartado 6.3.3 Residuos flotantes y basuras



Figura 16: Trasvase "Ship to ship" llevado a cabo en abril de 2024

Los compensadores de marea sí que han sido agrandados, pero la falta de terminación de la superestructura en los cajones que constituyen el martillo de la obra de abrigo (Figura 17), hace intransitable el paso de una grúa que permita el anclaje de la barrera al compensador. No solo no llega la barrera hasta aquí, sino que, de hacerlo, no podría ser insertada en su correspondiente compensador de marea⁶.

Tampoco se dispone de material absorbente en el puerto de Granadilla y las puertas del contenedor de la barrera continúan sin disponer de un anclaje para que se mantengan abiertas durante la operación en condiciones de fuerte viento, ni se ha dotado a la zona o al contenedor de iluminación.

⁶ A no ser que la embarcación que desplegara la barrera tuviera unas dimensiones considerables y dispusiera de grúa a bordo con capacidad suficiente para elevar la barrera e introducirla en el compensador de marea.



Figura 17: Cajones al descubierto del martillo de la obra de abrigo

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 18).*
- b) Verificará que los residuos son debidamente tratados por gestor autorizado.*



Residuos flotantes y basuras

Las aguas de la dársena portuaria han de mantenerse limpias y libres de residuos y basuras como plásticos, botellas, maderas, ruedas, cabos, etc. El puerto contará con una embarcación diseñada para poder acceder a todos los rincones de la dársena y acondicionada para retirar la basura flotante, realizando inspecciones cada día. Por su parte, el OAG:

A) **Control de residuos flotantes.** Comprobación semanal (modo no regular) de presencia de residuos flotantes, de ejecución de las labores de inspección y limpieza (Si/No), y en su caso, verificación de que los residuos sólidos son debidamente tratados por gestor autorizado.

Año 2024

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

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	X

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

Comentarios:

Marzo 2024: aparecen manchas de algas del género *Sargassum* de forma generalizada en todas las costas Canarias, concentrándose en el puerto en el martillo de la obra de abrigo y en el contradique, por el viento y la corriente predominante.

Mayo-junio: vuelven a aparecer manchas de *Sargasusum fluitans* y *S. natans*.

Figura 18: Extracto de lo informado en la web del OAG

En 2024 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, al tiempo que permitiría al puerto de Granadilla contar con un medio para el despliegue urgente de la barrera si fuera necesario. Como se ha indicado en anteriores informes, en caso de vertido se debe esperar a la llegada de la embarcación desde el puerto de Santa Cruz de Tenerife o desde Los Cristianos.

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 blanquizal, por lo que se ha determinado la prohibición de pesca para evitar la captura de especies depredadoras de erizos. También es conocido el incremento de especies pelágicas que se produce alrededor de las infraestructuras portuarias. El OAG verifica semanalmente la presencia eventual de pescadores dentro de las instalaciones portuarias.

En ninguna de las visitas de 2024 se observó a pescadores deportivos dentro de las instalaciones, sí a sotavento del contradique (Figura 19).

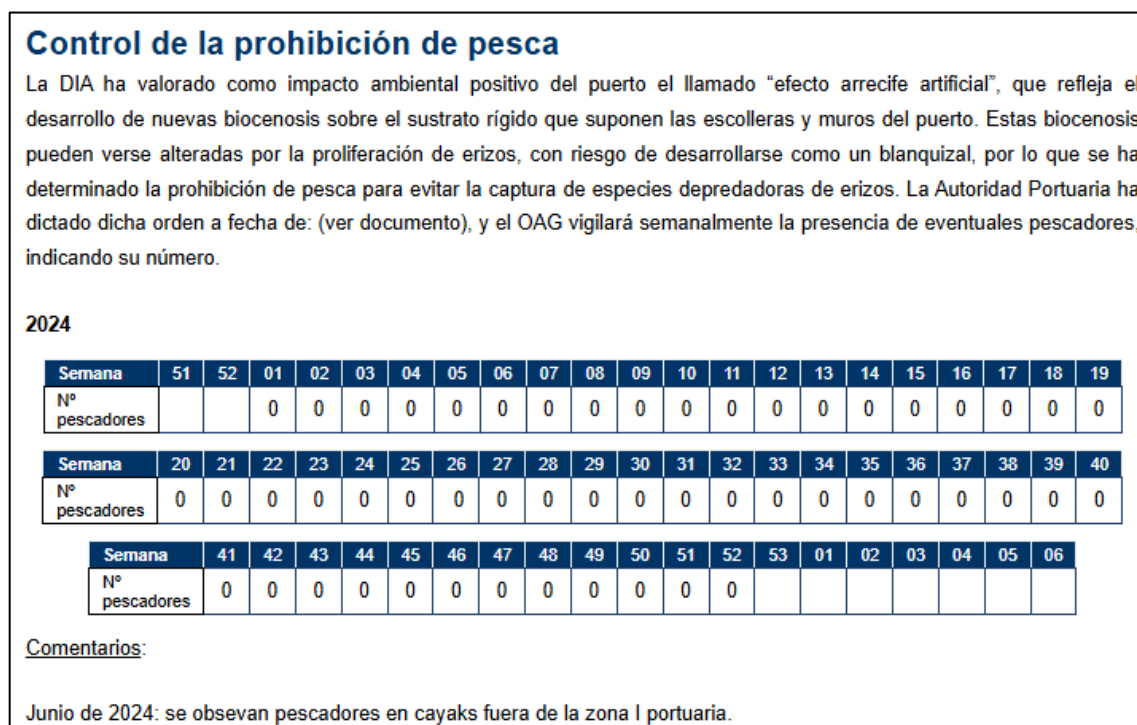


Figura 19: Extracto de lo informado en la web del OAG

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. A pesar de ello, se sugiere a la APSCTFE el establecimiento de un plan de prevención, control y eventual erradicación de esta (y otras) especies exóticas invasoras con potencial de asentamiento en la zona portuaria.

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 ha comprobado que se lleva a cabo la limpieza periódica de las distintas zonas portuarias.

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.

El flujo de información entre las empresas adjudicatarias y la APSCTFE y la asistencia técnica de ésta, ha mejorado muchísimo, facilitándose al OAG la documentación de comprobación necesaria.

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.

6.4 Geodinámica litoral

El esquema general de la dinámica litoral y sedimentaria de la costa de Granadilla se conoce 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 marina, porque se incorporan al sistema costero grandes masas de material sólido (nutrientes, basuras, contaminantes, etc.) desde la costa. Estos fenómenos han de quedar registrados para poder interpretar bien los datos generados por el seguimiento. El OAG mantiene una estación meteorológica en la zona, equipada con pluviómetro y además se registran las ocasiones en que corren los barrancos, con una evaluación general del 1 al 5. Siguiendo la tendencia de los últimos años, durante 2024 ha habido muy pocas precipitaciones.

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 2024. 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 Cendrero⁷ 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 estaciones⁸ 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 intervención⁹. 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

⁷ Uceda, Antonio Cendrero N.d. 11. IMPACTOS SOBRE LAS ZONAS COSTERAS: 56.

⁸ 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.

⁹ Granadilla_es.Pdf N.d.

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

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 peculiar¹⁰. Bajo la superficie del mar, cambios en la dinámica marina pueden provocar variaciones en los lugares y en las intensidades de deposición de sustrato, alimento, larvas, etc., que pueden dar al traste con determinadas biocenosis en ciertas áreas. El último eslabón, desde el punto de vista humano, es precisamente la viabilidad del entorno natural del que dependen las poblaciones y las actividades económicas de los habitantes de la isla, pues estos impactos causarán cambios en los aprovechamientos que dependen de la salud ambiental del litoral^{11 12 13}.

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

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 21) que recogen la variación de las velocidades de la corriente a profundidades medias (en marea vaciante).

¹⁰ 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.

¹¹ United Nations N.d. “La biodiversidad y los ecosistemas marinos mantienen la salud del planeta y sostienen el bienestar social” | Naciones Unidas. United Nations. United Nations. “<https://www.un.org/es/chronicle/article/la-biodiversidad-y-los-ecosistemas-marinos-mantienen-la-salud-del-planeta-y-sostienen-el-bienestar>”, accessed August 4, 2022.

¹² J, Cortes, Alicia Villamizar, Gustavo Nagy, et al., 2020 Ecosistemas Marino-Costeros. In Pp. 132–160.

¹³ Claudet, Joachim, Laurent Bopp, William W. L. Cheung, et al. 2020A Roadmap for Using the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development in Support of Science, Policy, and Action. *One Earth* 2(1): 34–42.

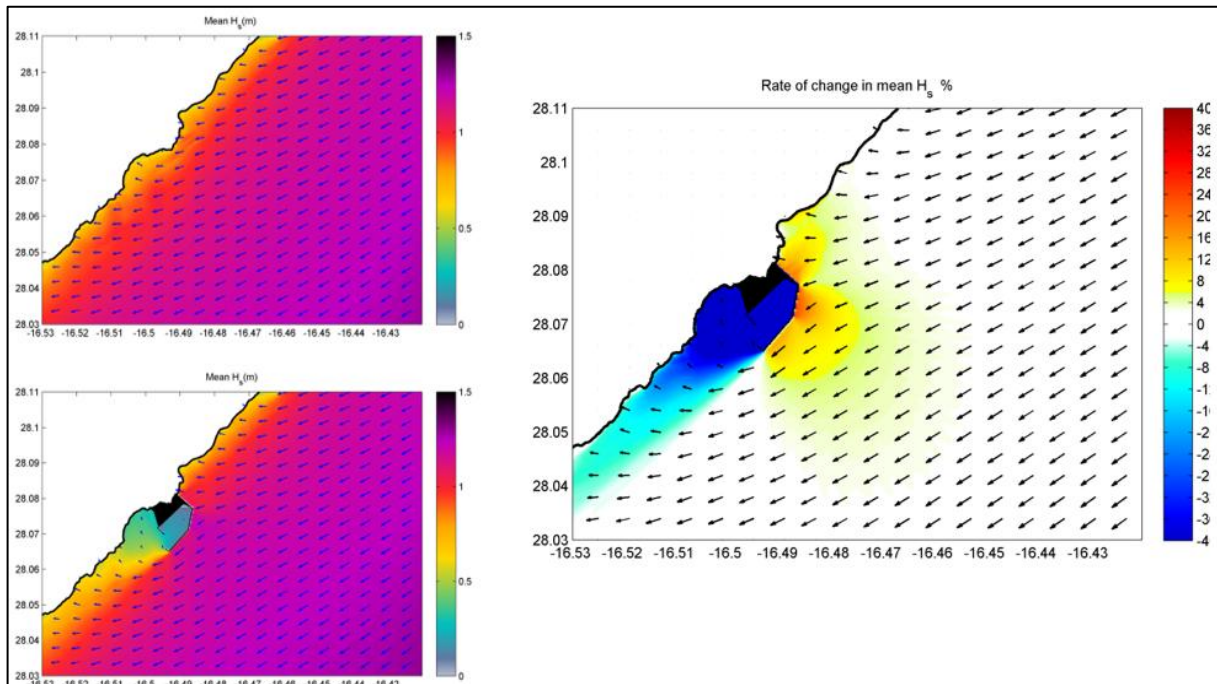


Figura 20: Cambios en el oleaje inducidos. A la izquierda: dirección, sentido (pequeños vectores) y altura significativa media (H_s) de las olas antes y después. A la derecha: variación de H_s tras la construcción del puerto. IHC, 2012

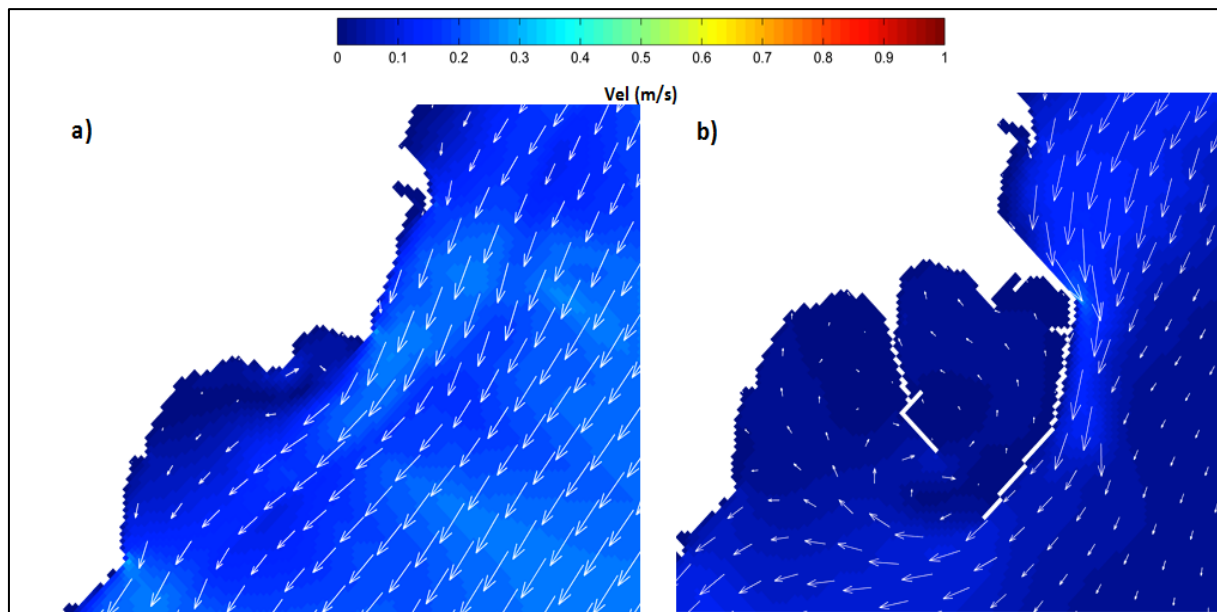


Figura 21: Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en las cercanías del Puerto de Granadilla, en un instante del periodo de simulación (marea vaciante): a) previo; b) posterior

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 22) y las mediciones de las playas.

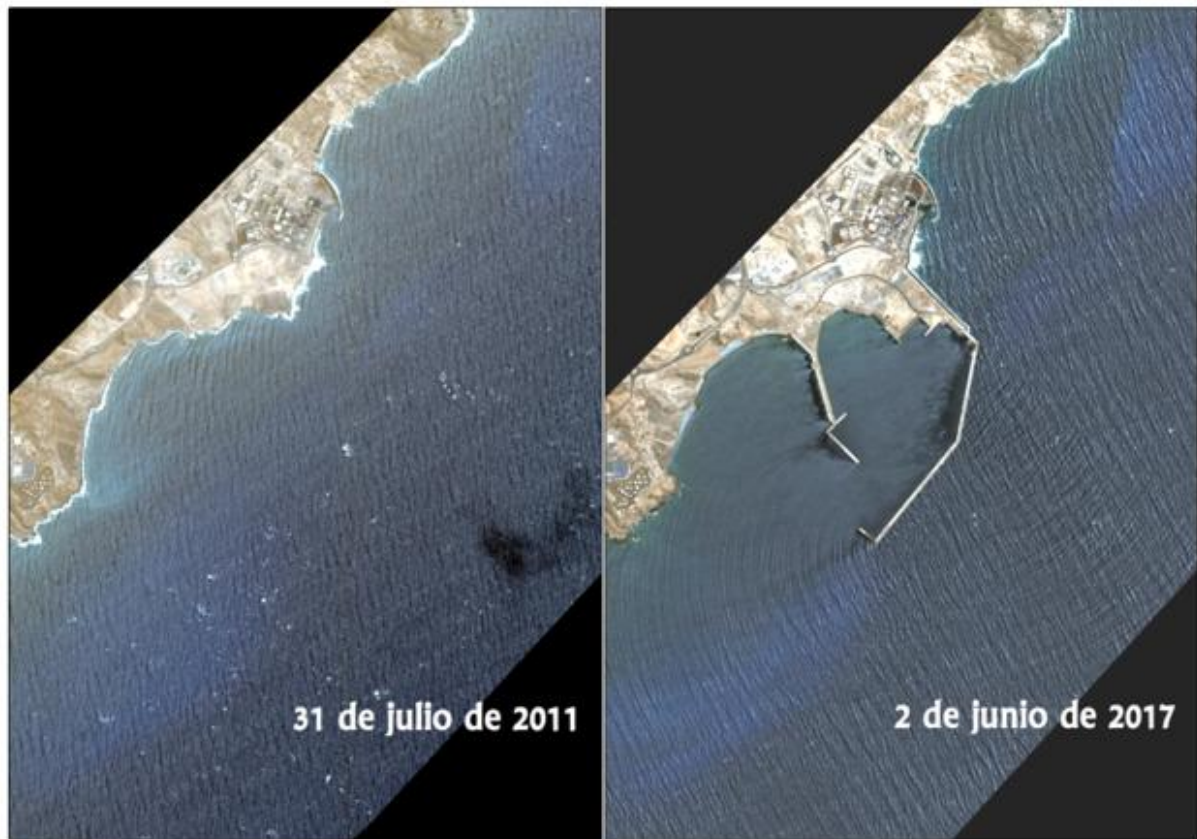


Figura 22: Efecto de las obras de abrigo en el régimen de olas y en su incidencia en la costa. Se aprecian cambios en la dirección y en la energía de las olas, visibles en escenas satelitales

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 23 se remarcan estas derivadas, así como la dirección del tren de olas en distintos puntos de la ensenada.

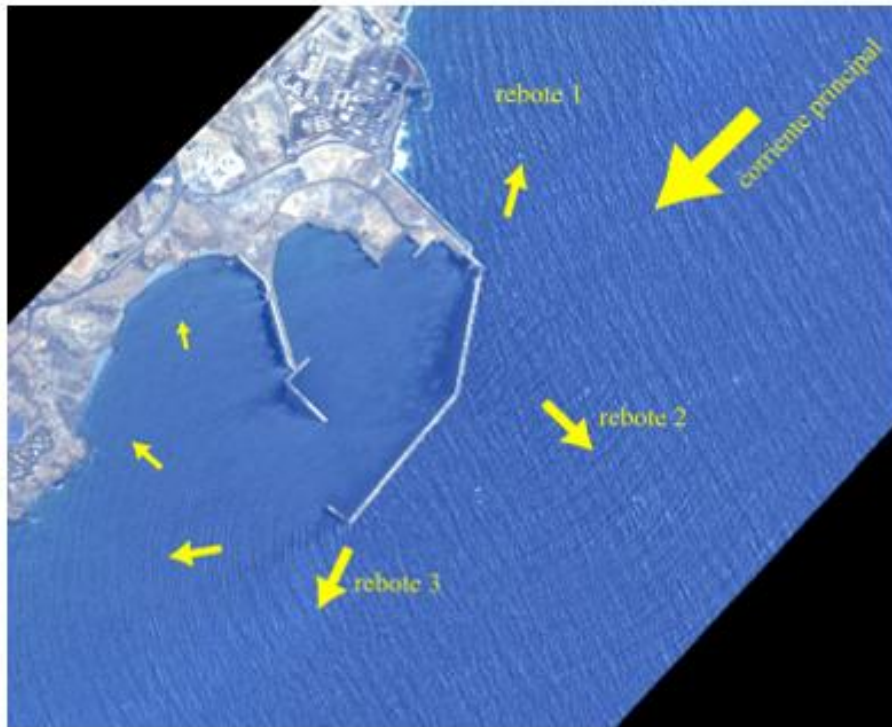


Figura 23: Rebotes de ola y derivaciones (02/06/2017)

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 GPIT¹⁴), 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 representación del objeto Tierra (geoide) concretos.

¹⁴ departamento dentro del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOcAG) adscrito a la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

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 24.

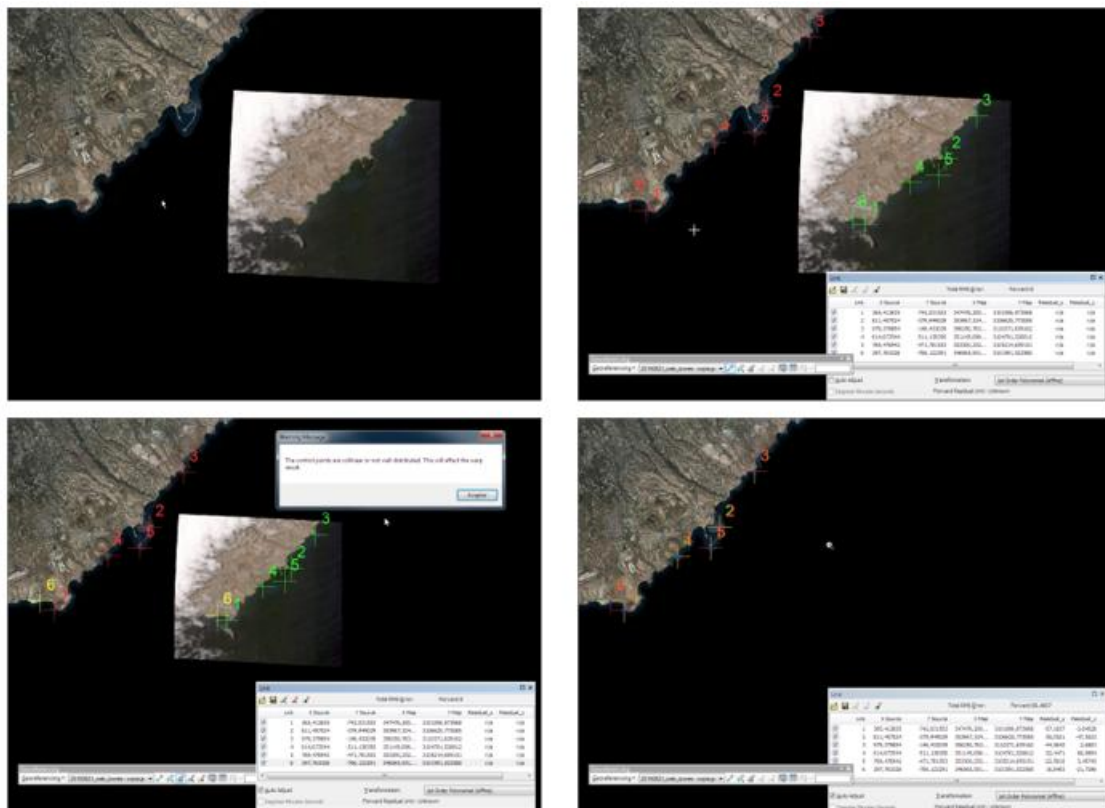


Figura 24: Ejemplo de georreferenciación. Puntos de control y resultado final de la técnica sobre el mapa de la IDE Canarias Ortoexpress del Gobierno de Canarias

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 25: Toma satelital del 17 de julio de 2020

En la Figura 25 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 26) 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.

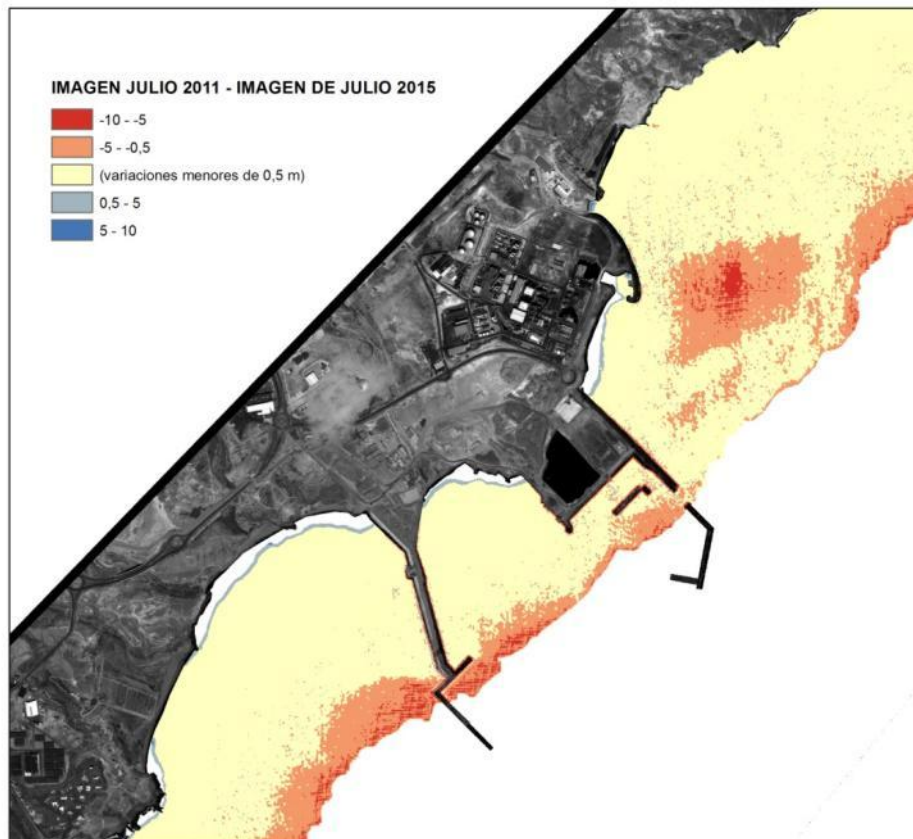


Figura 26: Diferencias batimétricas (> -2m) entre 2011 y 2015

Con la incorporación de la nueva plataforma WorldView 3 hubo que reformular el primer algoritmo de análisis de la imagen, desarrollado para WorldView2, 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, aun 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 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 (bandeado, 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 normalizado¹⁵ (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*¹⁶), 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 reflejos¹⁷.

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*. El *Stumpf* se basa en la relación logarítmica entre las reflectancias de las diferentes bandas espectrales,

¹⁵ 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>)

¹⁶ 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.

¹⁷ 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

típicamente azul y verde, que varían según la profundidad del agua. Al aplicar este método, se obtiene una estimación relativa de la batimetría, que puede calibrarse con datos de profundidad conocidos. En nuestro caso con una batimetría de referencia de 2006. Es especialmente útil en aguas claras y someras, donde la penetración de la luz permite distinguir variaciones en el fondo marino, por lo que el GPIT ha adaptado el método a las características del litoral. El modelo de batimetría basado en función sigmoide (SBM) se propone como una alternativa al modelo de Stumpf para representar de forma más precisa la relación no lineal entre la reflectancia espectral y la profundidad. Así como la presencia de distritos sustratos. Utiliza una función para calcular una sigmoide que se ajusta mejor a los datos encontrados en las imágenes satelitales, lo que permite suavizar las transiciones y mejorar la estimación en zonas donde el modelo lineal pierde precisión.

Los dos restantes se basan en redes neuronales y *machine learning*, exigiendo, por añadidura, más capacidad de cómputo y tiempo para la generación de resultados. El KNN pertenece al grupo de los *multiclass classification systems*, que trata de asignar los píxeles a clases que, en batimetría, son pequeños intervalos de profundidad en el rango (mín : máx) de la batimetría de referencia y dependen también de la resolución de ésta, de acuerdo con la fórmula

$$N_{clases} = \left\lceil \frac{\text{profundidad máxima} - \text{profundidad mínima}}{\text{resolución de la batimetría}} \right\rceil$$

En el caso de KNN se asigna a cada profundidad un punto en el espacio vectorial (en nuestro caso 8 bandas = 8 características que van a definir cada profundidad = vector de dimensión (tamaño) 8) de valores. Cada píxel se describe también con esa combinación de las 8 bandas y se calcula a qué clase (profundidad) se parece más. La profundidad de cada píxel será la más abundante (mayoritaria) o el promedio (cuando la profundidad se estima por regresión) de entre un número (K) de vecinos calculadas de igual manera. Establecer el tamaño de K es en sí mismo un desafío y un ámbito para refinar el análisis. La métrica más adecuada también ha de elegirse cuidadosamente. Es un algoritmo muy exigente computacionalmente.

En el caso de Subspace KNN, el algoritmo pertenece a la familia de métodos ensemble. La idea es entrenar múltiples clasificadores KNN, cada uno sobre un subconjunto aleatorio de las características disponibles (en nuestro caso, las 8 bandas). Cada clasificador trabaja con un espacio reducido, lo que introduce diversidad en las predicciones. Para cada píxel, se combinan las predicciones de todos los clasificadores mediante votación mayoritaria (en clasificación) o promedio (en regresión) para asignar la profundidad final. Este enfoque mejora la robustez frente a ruido y evita que un único conjunto de características domine el resultado. Sin embargo, el número de clasificadores, el tamaño de los subconjuntos y el valor de K son parámetros críticos que influyen en la precisión y el coste computacional, que suele ser mayor que en KNN simple.



El año 2024 tuvo dos capturas satelitales, una en marzo y la otra al final de agosto. Ambas fueron sometidas al análisis con el software y los resultados siguen presentando problemas de definición debido sobre todo al efecto del oleaje y del bandeo radiométrico de las imágenes. El proceso de *deglinting* (eliminación del reflejo solar) es muy sensible a la elección de la zona de entrenamiento y resulta un proceso de prueba y error hasta dar con un resultado aceptable. Lo mismo cabe decir de los métodos de cálculo de batimetría, cada uno de los cuales presenta problemas. Finalmente parece más adecuado para el informe emplear la imagen de marzo mediante el método de ajuste a una sigmoide por regresión. El método Subspace KNN acusa demasiado el oleaje residual y el KNN no refleja adecuadamente la profundidad de algunos hitos geográficos bien conocidos, así que se ha preferido la opción mencionada. En la siguiente imagen se aprecian algunos de esos problemas:

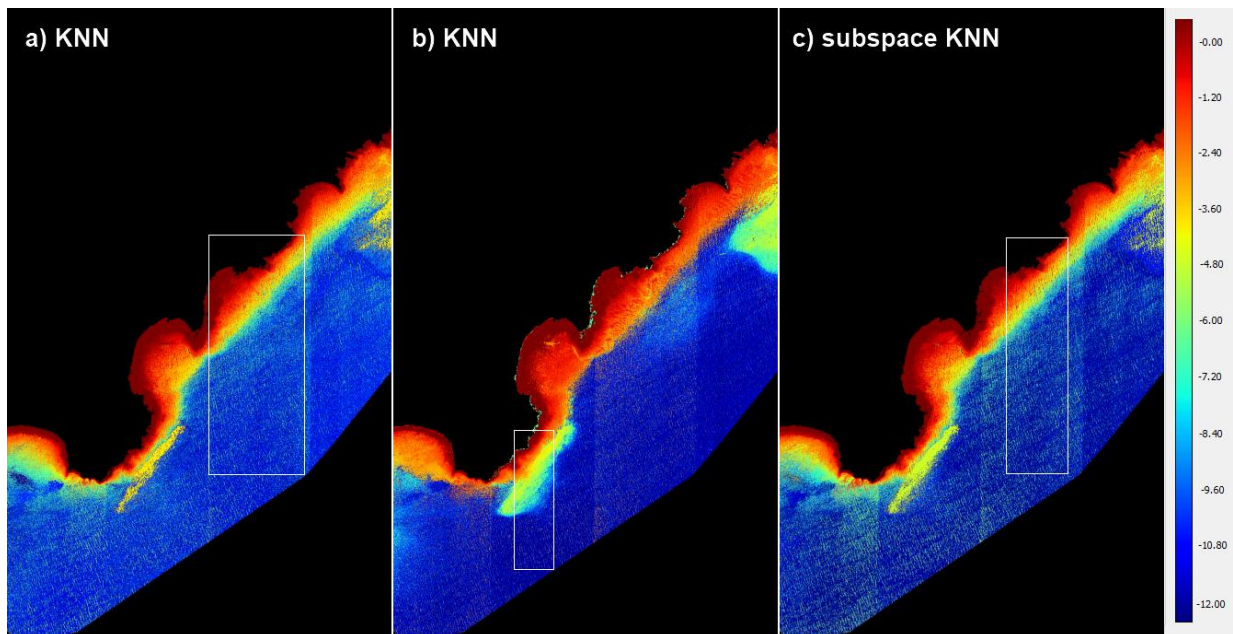


Figura 27: a y b) Método KNN con distintas zonas de entrenamiento. C) Subspace KNN. Las manchas amarillas (S de Montaña Roja y NE de la imagen) corresponden a zonas de maërl.

Como se ve, las zonas correspondientes al maërl adquieren valores notablemente menos profundos que sus alrededores (en azul o verde) y esto no es correcto. Estas planicies del alga coralígena no resaltan prácticamente de sus entornos inmediatos, como hemos podido comprobar en cada campaña de transectos con cámara. Este problema no lo encontramos con la batimetría mediante regresión s sigmoide, siendo ésa la razón principal para optar por el método. De las dos imágenes del año, la más limpia es la del 24 de marzo de 2024 y será la que emplearemos en los cálculos de diferencias batimétricas. El detalle de la misma zona correspondiente a esta imagen se presenta en la Figura 28, que incorpora también la gráfica de ajuste a la función sigmoide (en rojo) que da fe de lo adecuado de esa función de ajuste.

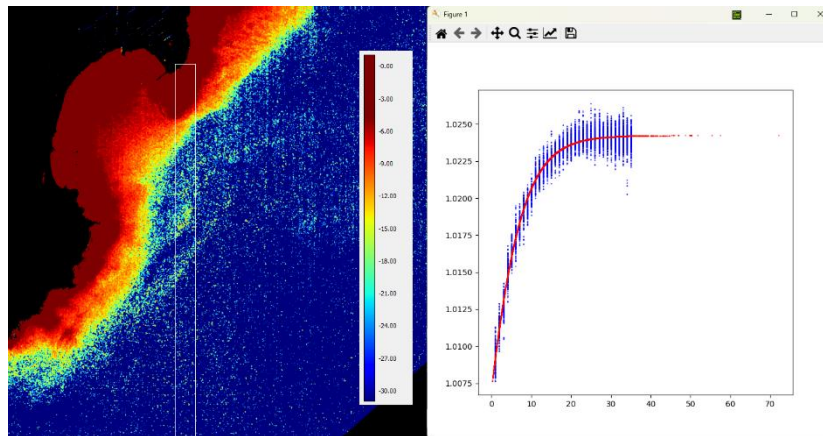


Figura 28: Detalle del resultado del cálculo batimétrico en Bahía de El Médano con la zona de entrenamiento (recuadro blanco). A la derecha la gráfica del ajuste sigmoide.

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 del 24 de marzo de 2024 se obtienen unas microvariaciones exageradas que demuestran que aún queda recorrido. El mapa debería arrojar unas variaciones menos extremas, y lo ideal sería tener algo como la superficie que se observa en la Figura 29.

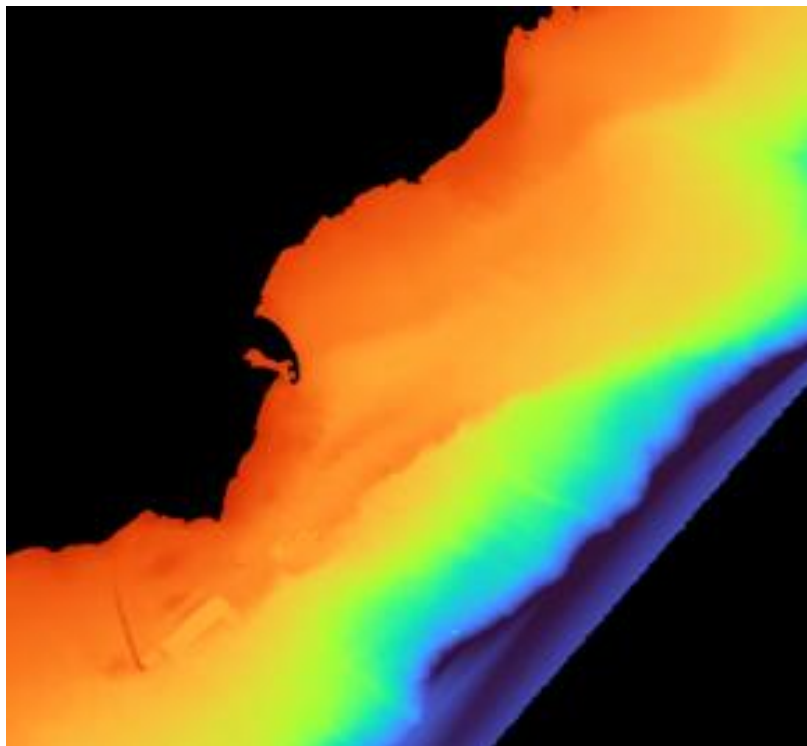


Figura 29: Ejemplo de batimetría sin ruido. Modelo batimétrico obtenido a partir de isóbatas del estudio de Aemon en 2008 para la APSCTFE



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 30, es posible determinar que se ha generado una elevación del fondo marino en la propia 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.

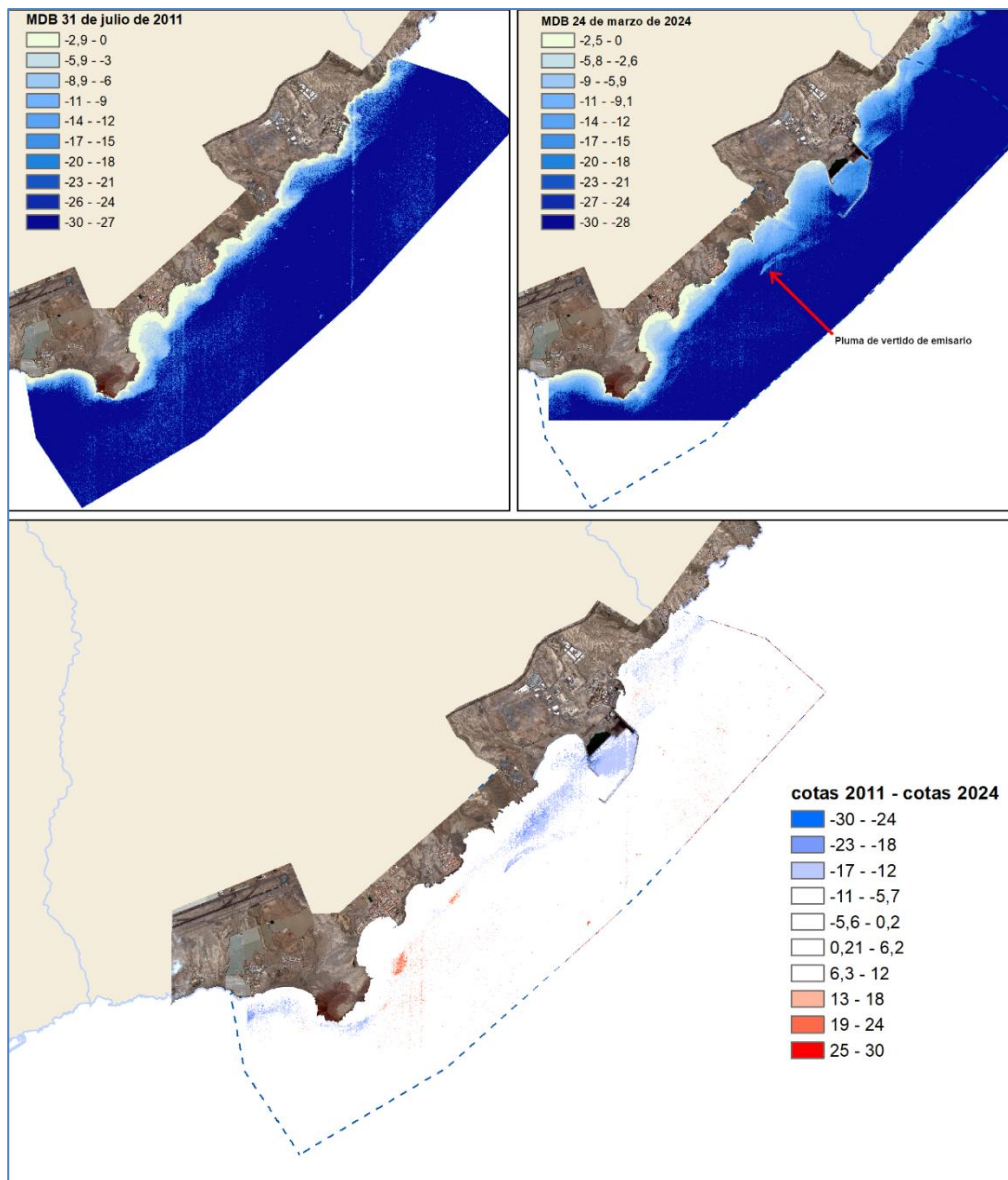


Figura 30: Diferencias (2011-2024) arrojadas por la aplicación IpriSat a partir de imágenes de satélites WorldView. En la parte superior, el modelo batimétrico de cada imagen

La comparación mencionada se consigue sustrayendo a los valores de 2011 los datos de 2024, de manera que cuando las cotas más recientes son menores (es decir, más profundas y, por ello, más negativas) que las de 2011, hay una pérdida, y la resta arroja valores positivos que indican en qué medida el fondo era más alto en 2011 que en 2024. Análogamente, un resultado negativo supone que 2024 es más somero y por eso menos negativo que 2011.

Hay hundimiento o pérdida de altura cuando la profundidad de 2024 es mayor, así que la resta sale positiva.

Las cotas son negativas, al representar altitud y no profundidad, pero no varía el resultado:

$$2011 < 2024 \Rightarrow 2011 - 2024 < 0 \text{ (diferencia negativa)}$$

$$2011 < 2024 \Rightarrow \text{elevación del suelo} \Rightarrow \text{ganancia (azules)}$$

Por el contrario:

$$2011 > 2024 \Rightarrow 2011 - 2024 > 0 \text{ (diferencia positiva)}$$

$$2011 > 2024 \Rightarrow \text{hundimiento del suelo} \Rightarrow \text{pérdida (rojos)}$$

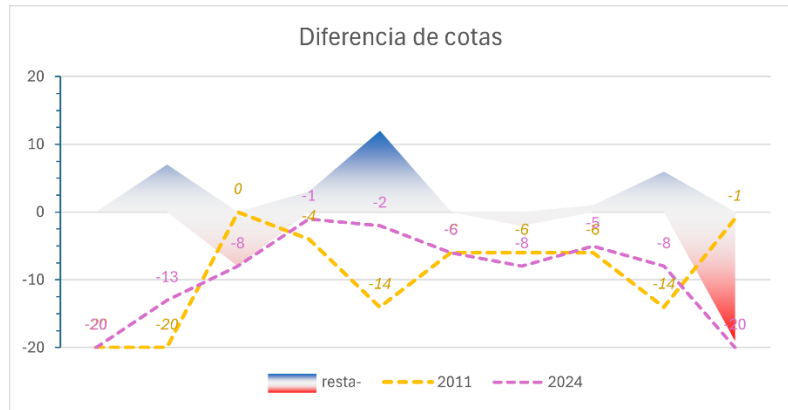
En la Tabla 4 se ofrece un ejemplo ficticio que ilustra esta perspectiva.

Tabla 4: Resultados del cambio para distintas mediciones hipotéticas de 2011 y 2024 en 10 puntos ficticios. En rojo se marcan pérdidas de material (hundimiento). En azul las acumulaciones /elevación). El valor mayor de cada par se representa en negrita

Muestra	2011	2024	2011-2024	Sentido del cambio
1	-20	-20	0	<i>sin cambios</i>
2	-20	-13	-7	<i>elevación</i>
3	0	-8	8	<i>hundimiento</i>
4	-4	-1	-3	<i>elevación</i>
5	-14	-2	-12	<i>elevación</i>
6	-6	-6	0	<i>sin cambios</i>
7	-6	-8	2	<i>hundimiento</i>
8	-6	-5	-1	<i>elevación</i>
9	-14	-8	-6	<i>elevación</i>
10	-1	-20	19	<i>hundimiento</i>



Atendiendo al histograma (Figura 32) se tiene que en un 60% del área los cambios están entre 0,99 m de ganancia y 1,39 m de pérdida, es decir, apenas cambios y tampoco con respecto al año pasado (1,72 m de ganancia y 1,31 m de pérdida). Las pérdidas representan menos del 20% y las ganancias apenas un 18%. Los mayores valores de ganancia están centrados dentro del recinto portuario, aunque se trate de cantidades poco realistas. Sin embargo, dan una idea de la distribución geográfica del fenómeno. De



De análoga manera, las pérdidas más intensas corresponden al talud a la salida de la bahía de El Médano, a más de 500 m al sur del muelle de la localidad. Se trata de diferencias también demasiado grandes para ser tomadas en cuenta, aunque sí representan un indicio de la localización de los cambios. A pesar de todo, el OAG estará atento al cambio que el procedimiento detecta al sur de la población de El Médano, frente a la punta de Bocinegro, en comparaciones con sucesivas imágenes.

Estos dos extremos del intervalo de cambios coinciden con los del año pasado.

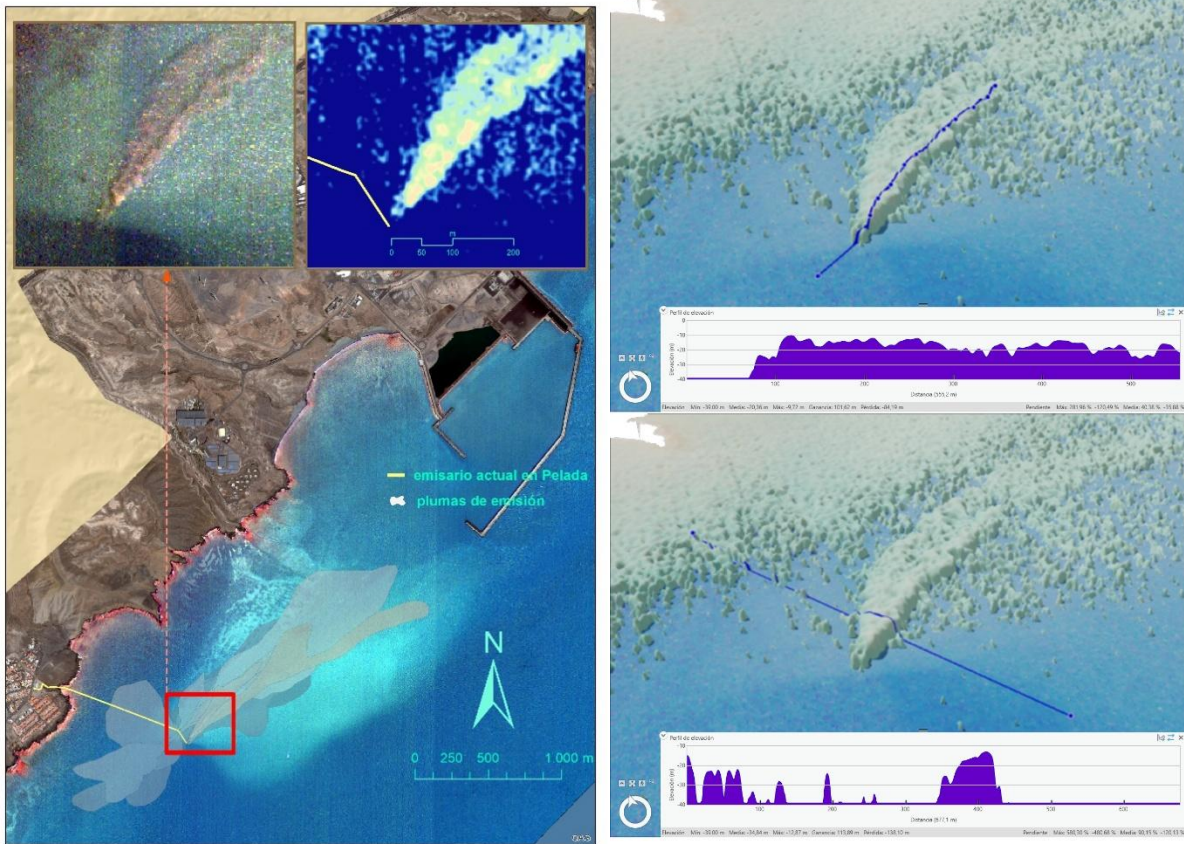


Figura 31: Pluma de emisión de aguas fecales en Pelada a través de un emisario submarino.

Existe un punto donde se recoge una ganancia acusada, que es la llanura del maërl al S del ITER. Este caso puede considerarse un problema de la clasificación ya que no se corresponde con lo que se observa en los transectos de vídeo que el OAG lleva a cabo semestralmente. Es visible en varias imágenes del satélite una característica geográfica en este punto, y es la presencia de una pluma de emisiones de aguas residuales en dos puntos del antiguo emisario ya nombrado. Puede distinguirse este vertido en la composición de la Figura 31, donde se compara en el punto de emisión la imagen satelital corregida con la batimetría obtenida. De fondo una visión general del entorno con la delimitación de la pluma a lo largo de diversos años. Junto a esta composición se ilustra la dimensión vertical de la pluma en dos cortes mostrados junto al modelo batimétrico en perspectiva.

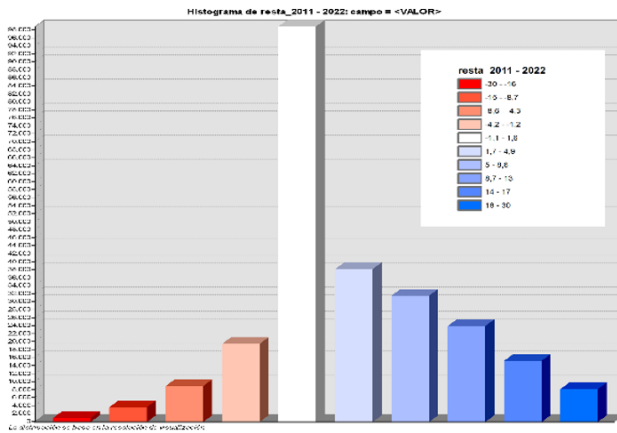


Figura 32: Histograma de pérdidas y ganancias en el estudio preliminar de alteraciones entre 2011 y 2022

Frente a las previsiones de los estudios de impacto, da la sensación de que el proceso no ha llegado a corroborar los temores plasmados en esos estudios, aunque, debe volver a dejarse claro, estas conclusiones deben, por el momento, entenderse como tendencia más que como valores absolutos y fiables, que no han de tenerse en cuenta literalmente, al menos hasta que se pueda hacer un tratamiento adecuado para ajustarlos a los intervalos que son esperables y que el trabajo del OAG con estaciones de estacas ha recogido.

Sin duda el uso de la herramienta requiere de práctica y produce los resultados tras sesiones de ensayo y error (no es una aplicación automática y desatendida). La aplicación desarrollada expresamente para la Fundación aún presenta muchas facetas que precisan de mejora. La sensibilidad del sistema frente a los puntos de entrenamiento se enfrenta a la variable calidad de las imágenes y del medio marino, que a menudo determinan la selección del área de interés (ROI).

Puede achacarse también una dificultad para encontrar resultados coherentes que permitan aprovechar la alta resolución de las imágenes, y eso es un obstáculo que con cada imagen ha de combatirse.

Este trabajo de desarrollo ha sido validado en publicación de ámbito científico técnico y puede consultarse públicamente en la revista *Sciencedirect*¹⁸. Además, el OAG pondrá a disposición de cualquier interesado el contenido del mismo y el informe entregado por la ULPGC en las diferentes fases.

Cabe indicar del mismo modo, que este enfoque de controles de batimetría es la tendencia actual y campo de intensa investigación dados los beneficios logísticos que conlleva y el ahorro de esfuerzos y de exposición del personal a los riesgos que acechan en las tradicionales campañas a bordo de embarcaciones.

¹⁸ A. Mederos-Barrera, J. Marcello, F. Eugenio, E. Hernández, Seagrass mapping using high resolution multispectral satellite imagery: A comparison of water column correction models, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 113, 2022, 102990, ISSN 1569-8432, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102990>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569843222001819>)

Estos resultados que se presentan en los sucesivos informes anuales tendrán que ser revisados a medida que se progrese en la calidad de la aplicación y en la adopción de nuevos modelos de análisis que emanan de la comunidad científica y de la ingeniería.

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.

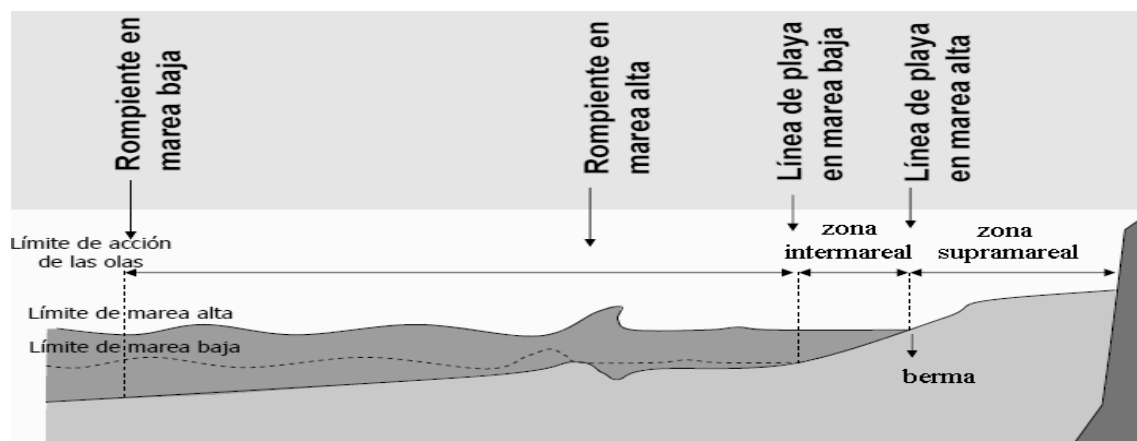


Figura 33: Esquema del oleaje de una playa, tomado de Ortíz, Idali and Mónica Galicia Jiménez, 2012

Tomando por un lado las características geográficas (posición) y geométricas (forma) de esa línea (Figura 33), 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 34 y Figura 35).



Figura 34. Playa de Tarajales en marea baja

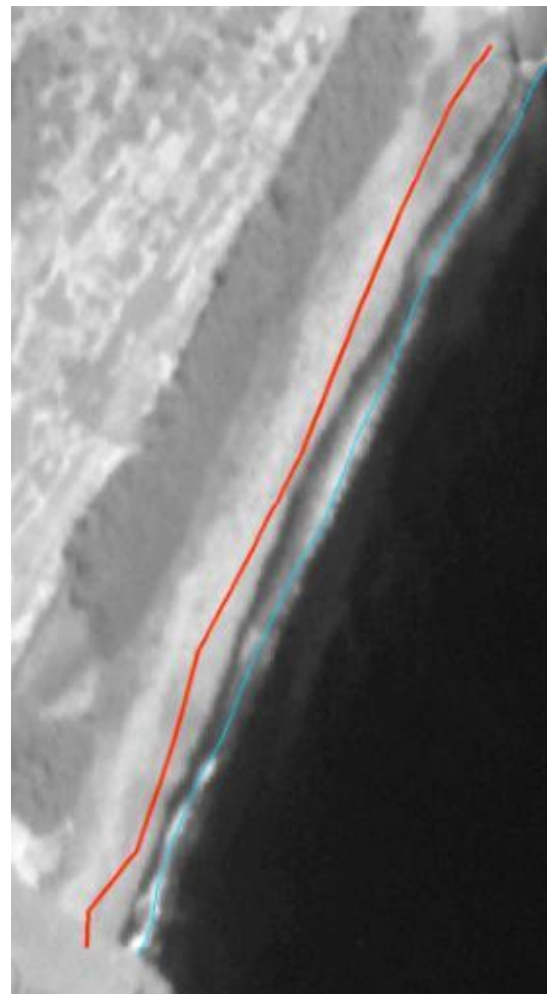


Figura 35. Playa de Tarajales en marea alta

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 del desplazamiento neto en los extremos S y N entre el 2 de febrero de 2013 y el 31 de octubre de 2024 respecto a julio de 2011

Año (* =marea lm)	Coeficiente-> Marea	Nombre de la playa															
		Los Tarajales 18,9 m		La Caleta 7,9 m		El Medio 7,3 m		Punta del Vidrio 7,3 m		La Pelada 29,3 m		La Jaquita 87,7 m		El Médano 33,3 m		La Tejita 18,1 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)	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	±	±	±	±	±	±
2023	2,04	6,39	-0,24	-2,29	30,69	-10,33	64,80	99,91**	47,33	-3,24	-1,17	±	±	±	±	±	±
2024	1,99	7,60	2,33	3,22	34,38	-10,81	64,52	-99,17	48,02	3,99	3,15	±	±	±	±	±	±

*Se corrige el nivel publicado en el informe de 2021 (1,64 m). ** mediciones en nueva referencia (ver Nueva referencia Punta del Vidrio Sur).

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 figuras siguientes (Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42 y Figura 43) puede verse las mediciones realizadas a partir de la imagen del 31 de agosto de 2024, 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 31 de agosto de 2024.

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 37), El Medio (Figura 38) y Punta del Vidrio (Figura 39).



Figura 36: Playa de Los Tarajales (31/08/2024)

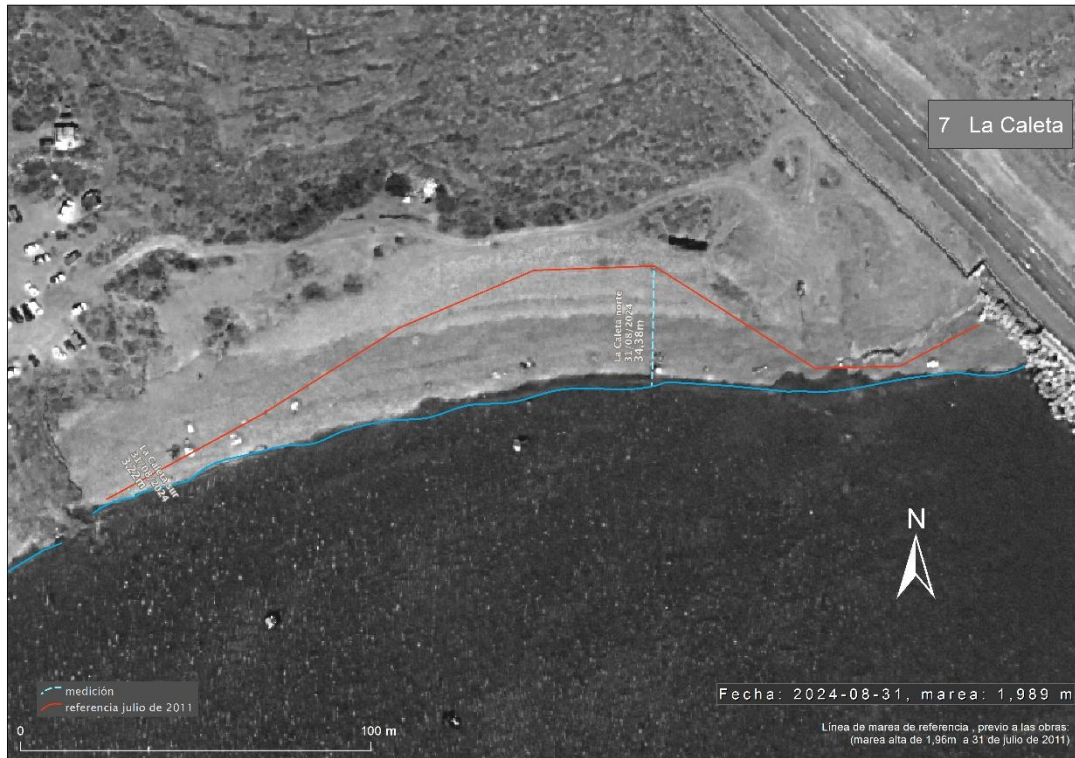


Figura 37: Playa de La Caleta (31/08/2024)



Figura 38: Playa de El Medio (31/08/2024)



Figura 39: Playa Punta del Vidrio (31/08/2024)

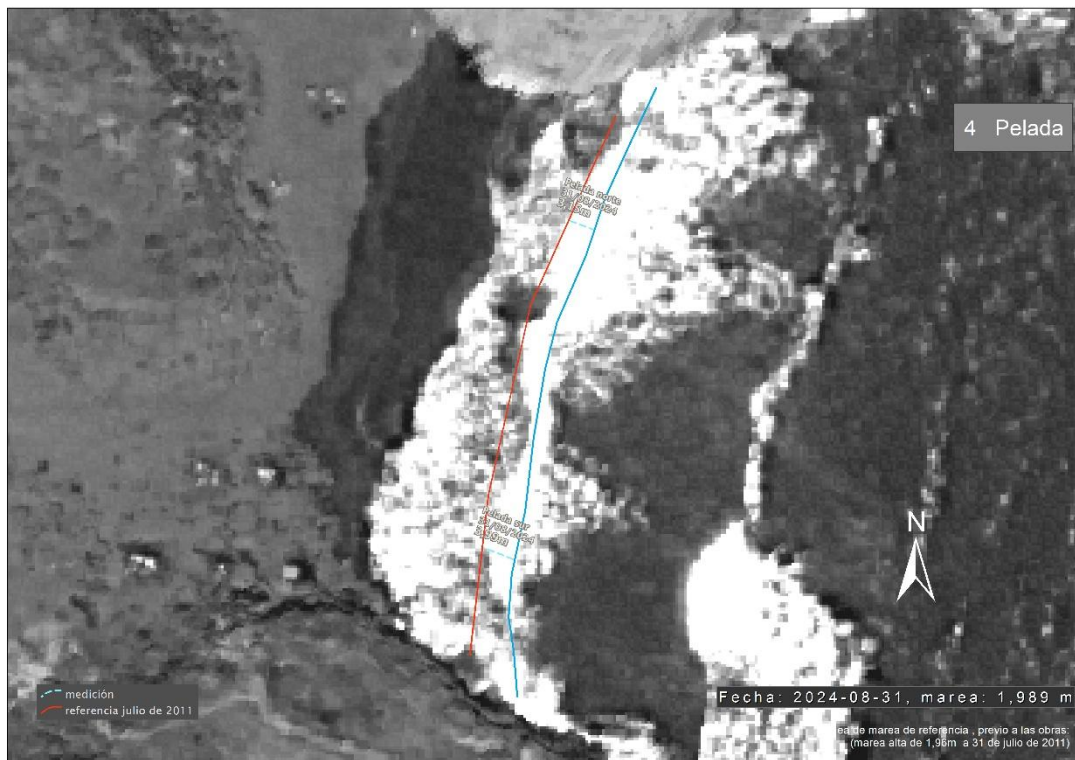


Figura 40: Playa de Pelada (31/08/2024)



Figura 41: Playa de La Jaquita (31/08/2024)

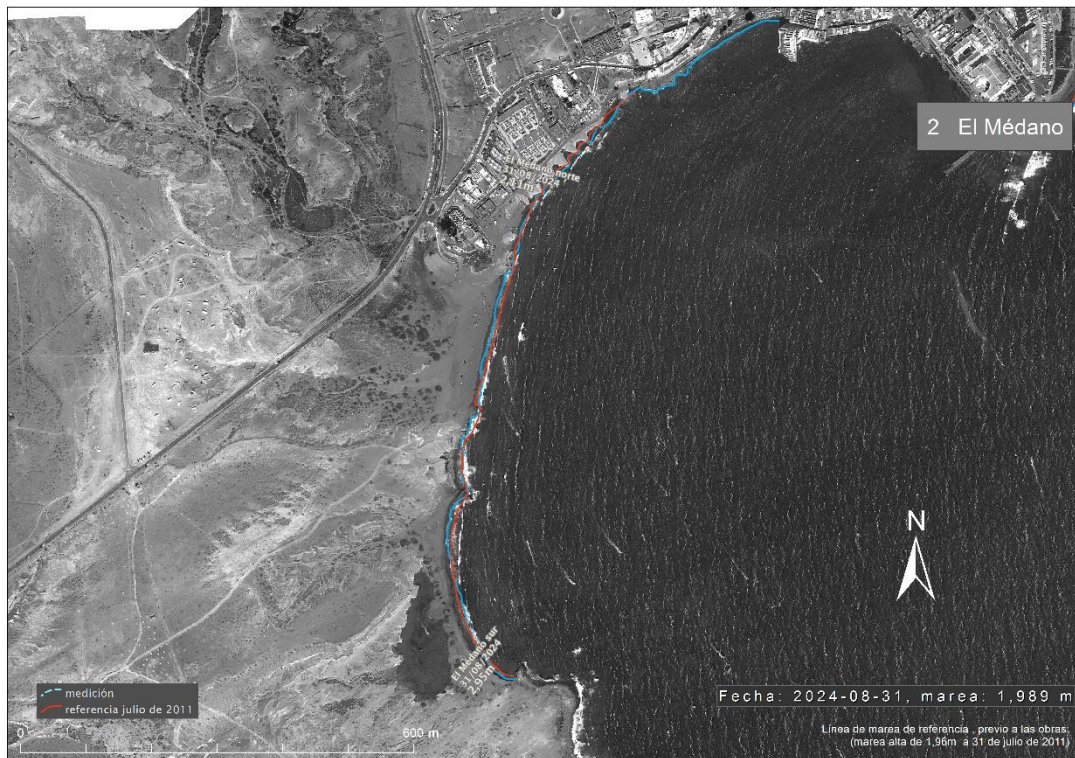


Figura 42: Playa de El Médano (31/08/2024)



Figura 43: Playa de La Tejita (31/08/2024)

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 ha creado una 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. No obstante, por razones de coherencia de las mediciones, la toma de datos se mantendrá en el mismo punto.

Playa de El Medio

En la playa de El Medio el comportamiento es similar, sólo que mucho más sostenido. 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.



Para esta playa han de corregirse discrepancias de los datos con las imágenes. Como se observa, el acusado basculamiento inicial no aparece reflejado en el gráfico y seguramente se debe a inconsistencias en la medición sobre las imágenes de satélite. Así, aunque se aporta el gráfico correspondiente, los datos (sin corregir) están en la tabla. Se emitirá en breve un informe específico revisando los registros hechos desde los primeros años en el OAG hasta 2025.

Playa de Punta del vidrio

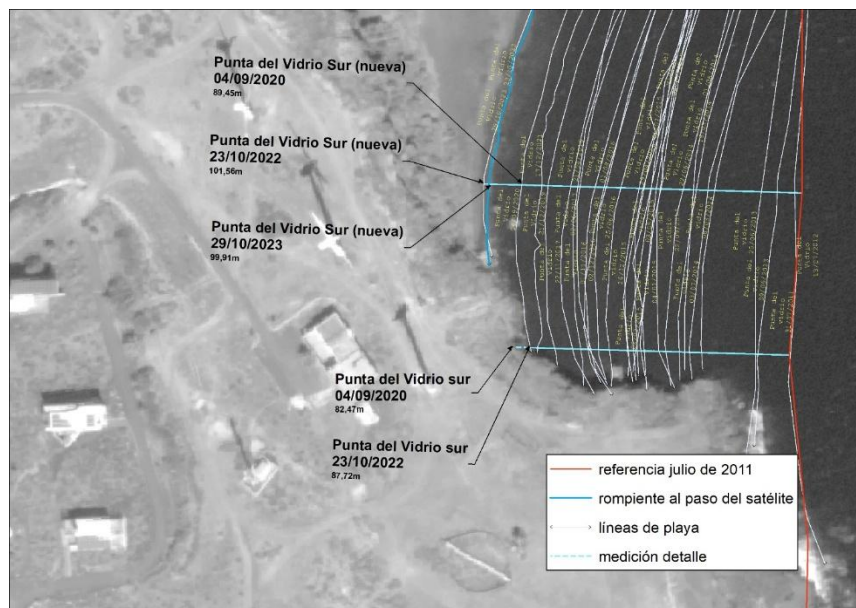


Figura 44: Cambio en la referencia de la medición del retraimiento en el extremo sur de la playa de Punta del Vidrio.

En los informes de 2022 y 2023 se recogía que los cambios sufridos por esta playa recomendaban un nuevo punto de referencia, al ser la que más está acusando el fenómeno y donde posiblemente aún no haya cesado del todo. En el extremo sur, la arena ha retrocedido hasta el punto de que la referencia en tierra que se venía empleando para la medición ha quedado fuera del arco de playa. En la imagen que anterior (Figura 44) se aprecia esta ubicación junto con las mediciones de las tres capturas anteriores a 2024 que han servido para este control (2021, 2022 y 2023), así como las referidas al primitivo enclave. Se comprueba que la elección sigue sirviendo para reflejar el progreso del efecto de basculamiento y la reducción en la tasa aparente de cambio.

En cualquier caso, respecto al año pasado, apenas hay variación que se distinga claramente de la incertidumbre que impone la naturaleza dinámica del frente de rompiente, por lo que se tiene como cambio irrelevante en este año.

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 2024, el estado de la mar era de intenso oleaje, con la rompiente pudiendo viajar más antes de desaparecer en la orilla. Se ha elegido lo que en la imagen aparenta ser el principal punto de ruptura para tomar la medida. Según los datos, cabría pensar en una acumulación de material tanto al norte como al sur de esta pequeña playa, pero es una conclusión orientativa solamente.

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 asume como 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 45 y, en la Figura 46, un ejemplo de lo mencionado.

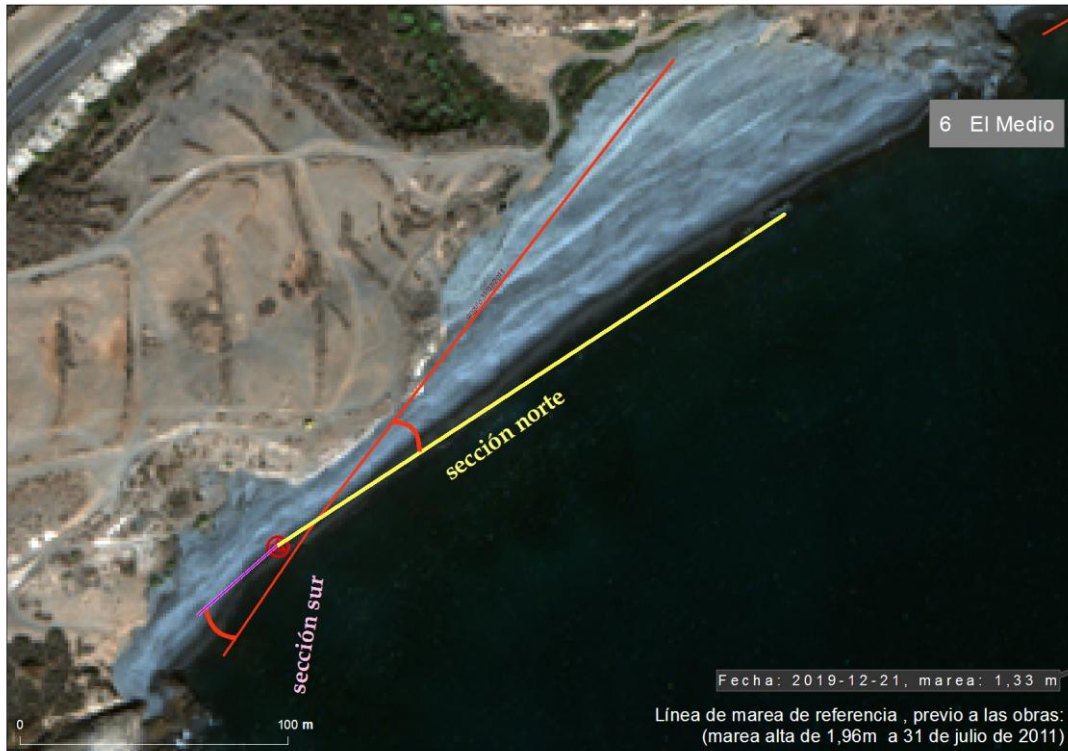


Figura 45: Nuevo modelo de playa con articulación para medir basculamiento. Playa de El Medio: 2011 (rojo) y 2019 (norte amarillo y sur púrpura). El ángulo a medir en rojo.



Figura 46: Playa Punta del Vidrio: 2011 (azul). La rompiente de 2011 en azul claro. Sucesivas mediciones en tonos de malva a rojo según antigüedad. 2023 en amarillo.

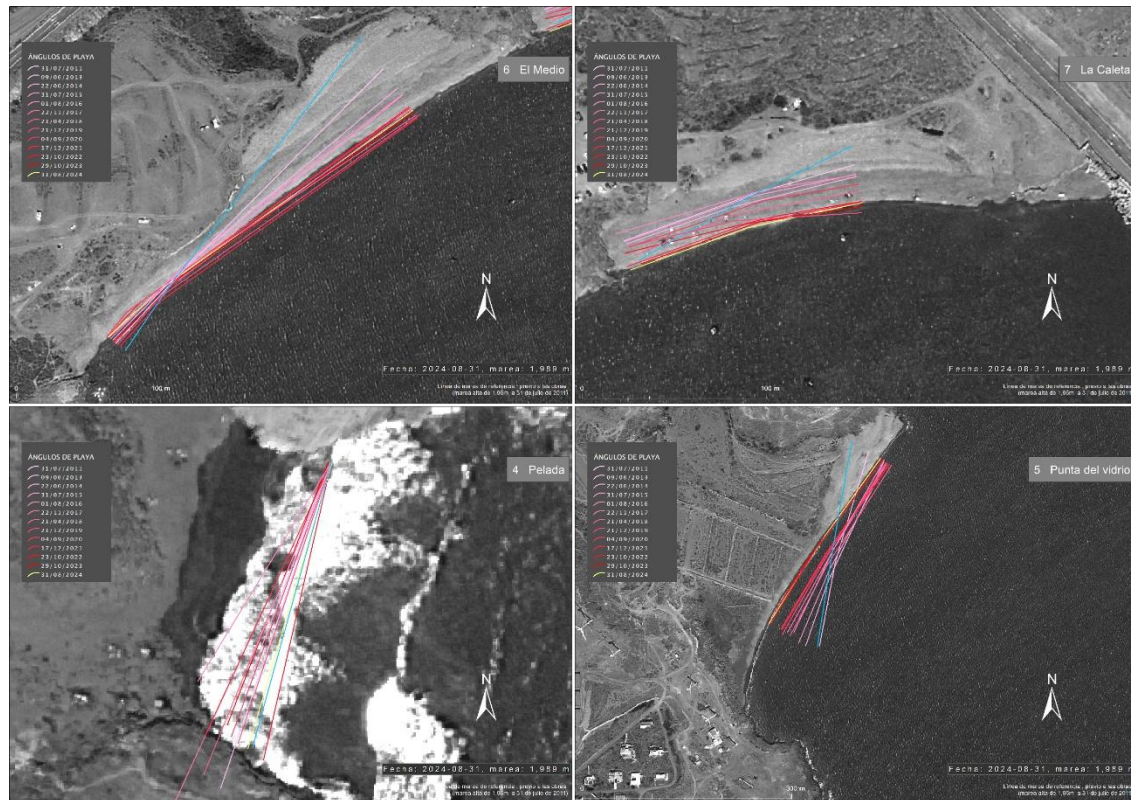


Figura 47: Cambios en la orientación en el eje de las playas en 2024

El resultado de esta forma de medir el basculamiento se recoge en la Figura 47 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	
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
29/10/2023	17,98	11,38	17,04	11,08	25,48	21,81	5,64
31/08/2024	13,97	10,35	17,43	13,65	25,67	23,87	0,99

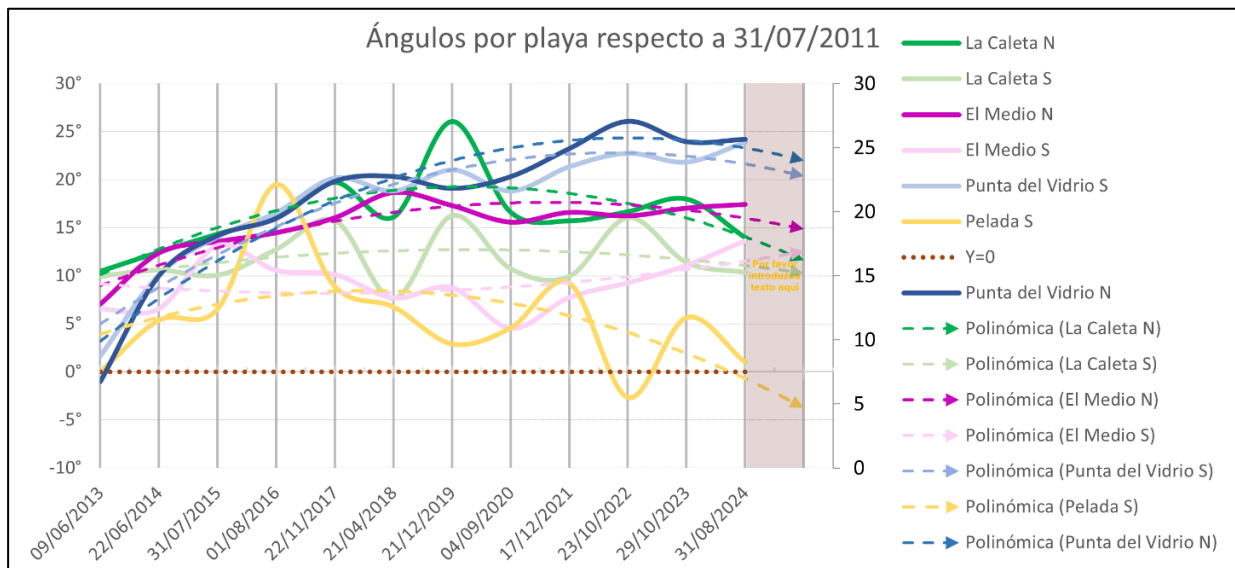


Figura 48: Evolución de los ángulos de basculamiento. Se ha sombreado la proyección a un año vista de la tendencia, calculada con un polinomio cuadrático.

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 positivo en la última medición, como sí ocurrió en los primeros años. En general se aprecia una estabilización. No obstante, aunque el basculamiento en las playas de El Medio y Punta del Vidrio se ralentiza, mantiene una rotación, más apreciable en el extremo S, que indica que todavía no han acabado los cambios.

Con la intención de revelar las tendencias, se incluye una línea del cálculo cuadrático de tendencia para cada extremo y playa, aventurando el cálculo al siguiente año (columna sombreada en la imagen). Estas líneas sugieren que el fenómeno tiende a cambio cero en todas las playas y donde es más lenta es en el S de La Caleta. (Figura 48).

La playa de La Pelada parece confirmar lo apuntado en el informe de 2024 puesto sobre una regresión en ese basculamiento, pero sigue imponiéndose la 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). En próximos informes debería ser posible confirmar o desestimar esta hipótesis.

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, contratándose en 2017, mediante 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 49), a la empresa PROMAR2007 INVESTIGACIONES MARINAS S.L. Los estudios se llevaron a cabo en el trienio 2017-2019, presentándose los resultados comparativos en el informe anual de 2022, tras la resolución de varios problemas de incoherencia geográfica de los datos anteriores a 2017, gracias a una colaboración con la empresa pública GEODATAAIR.

Aunque en el Informe anual de 2023 se adelantaba que este estudio habría de retomarse (con frecuencia quinquenal) en 2025, la puesta en práctica de la medida de aporte de arenas prevista en el dictamen como medida correctora¹⁹ para este año 2024 aconseja retrasar este estudio batimétrico. Y los cambios que este aporte puede producir serán más importantes que los que en este momento están sucediendo, según se ha comprobado en la última campaña de perfiles y batimetría de playas. Así, dada la cuantía económica de estos trabajos, parece preferible esperar a la aplicación de la citada medida correctora.

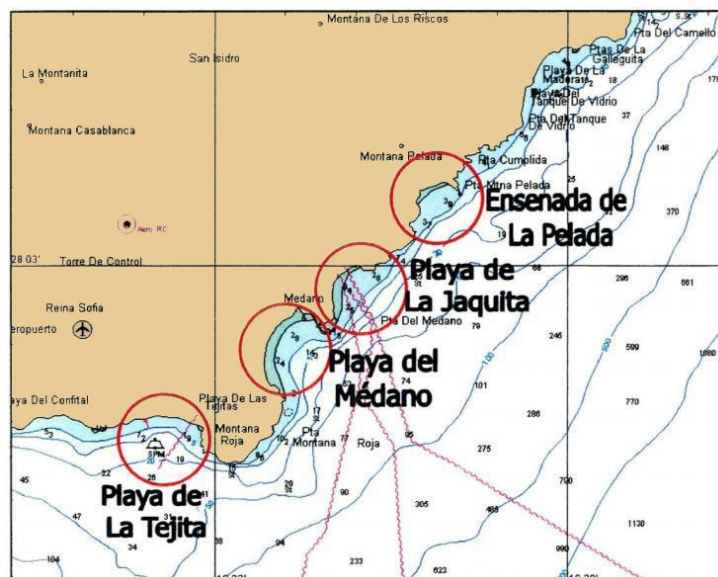


Figura 49: Playas objeto del levantamiento batimétrico

¹⁹ [...]Consecuentemente, en el Dictamen de la Comisión Europea (C (2006) 5190 aptdo. V) el trasvase de arena norte-sur se considera que "Constituye una parte esencial del proyecto portuario". En este sentido, dicha actuación pasa a ser una más de las medidas correctoras del Proyecto[...], medidas que se recogen, como señala el propio Dictamen, en la carta A24-15941, de 4 de noviembre de 2005, enviada por la Representación Permanente del Reino de España a la Comisión, donde se hace referencia a 31 documentos (23+8) entre los que está una descripción del proyecto con el diseño definitivo que incorpora las medidas correctoras) ver https://www.oag-fundacion.org/content/pdf/legal/ce2006_dictamen_granadilla.pdf.



6.4.7 Clima marítimo

En septiembre de 2023 se realizó la última actualización del informe de clima correspondiente. Dicho informe se incluyó como Anexo en el informe anual del año 2022. Desde la web del OAG se puede descargar dicho documento, en el siguiente enlace:

<https://www.oag-fundacion.org/index.php/documentosbibliografia/documentos-del-oag>.

6.5 Calidad del medio marino

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

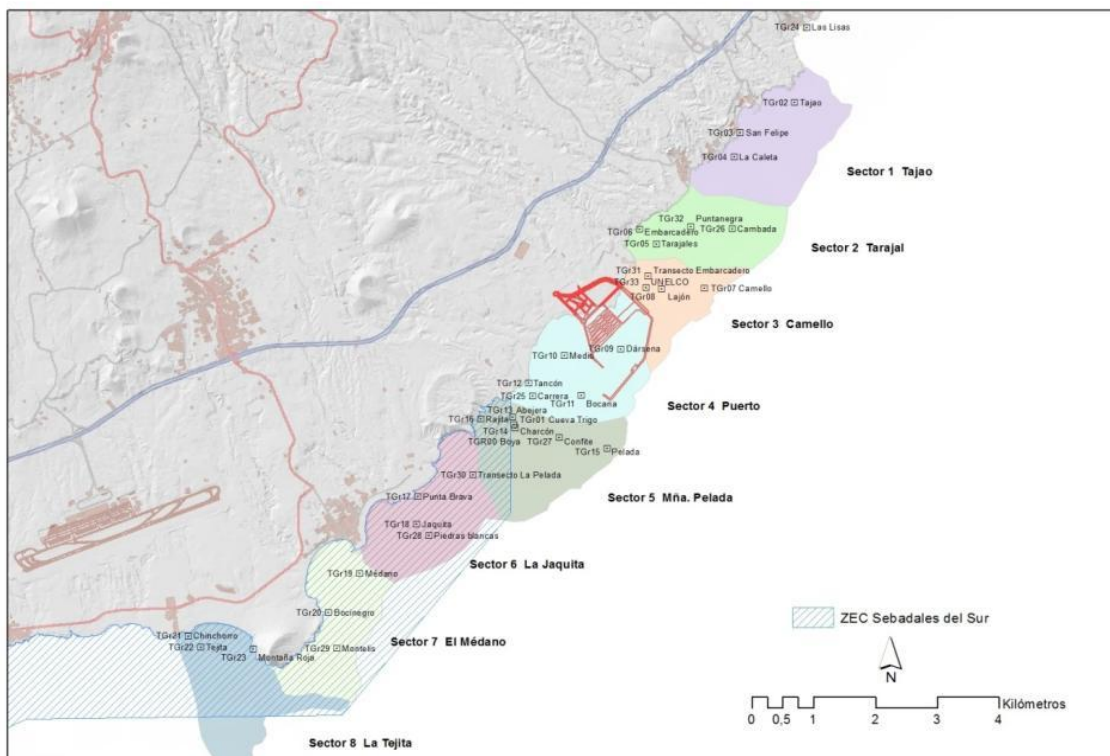


Figura 50: Sectores y estaciones de muestreo de aguas desde comienzo del PVA

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 50). Los datos oceanográficos, tomados con sonda multiparamétrica, y la calidad de las aguas (analíticas de laboratorio) se miden cada trimestre. Las estaciones de muestreo son, al igual que en el año

anterior: TGr08, TGr09, TGr10, TGr14 y TGr40. Así mismo la contaminación microbiológica, que se venía haciendo anualmente, tiene 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 para las condiciones oceanográficas que permiten seleccionar la estación y el parámetro a consultar, y así comparar su evolución en el tiempo (en un intervalo también definible por el usuario).

Las tablas Tabla 7 y Tabla 8 resumen los datos oceanográficos de las campañas realizadas entre los años 2018 a 2024, incluyendo para su comparación, los de la situación previa a las obras. Se debe tener en cuenta que los muestreos a partir de 2022 no son mensuales sino trimestrales, por lo que los valores pueden verse afectados por los meses en los que se haya procedido a los muestreos.

Tabla 7: 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 (muestreo trimestral)	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	4	5 x 3 prof.	60	6	360
Campañas 2023 (muestreo trimestral)					
	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
Campañas 2024 (muestreo trimestral)					
	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 8: 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 (muestreo trimestral)	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			
Año 2023 (muestreo trimestral)	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	19,66	25,61	22,68	18,61 - 24,65
Salinidad **	Sonda	psu	36,48	37,12	37,05	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,48	8,17	7,61	8,09 - 8,34
Saturación O₂	Sonda	%	SIN DATOS			
Turbidez	Sonda	NTU	SIN DATOS			
Año 2024 (muestreo trimestral)	Instrumento	Unidades	Mínimo	Máximo	Media	Previo obra
Temperatura	Sonda	°C	20,72	23,64	21,95	18,61 - 24,65
Salinidad **	Sonda	psu	37,64	38,48	38,32	36,53 - 37,34
pH	Sonda	ud. pH	7,52	8,91	7,94	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 calendario de estaciones oceánicas 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 de medida, siendo los registros muy homogéneos (Figura 51).

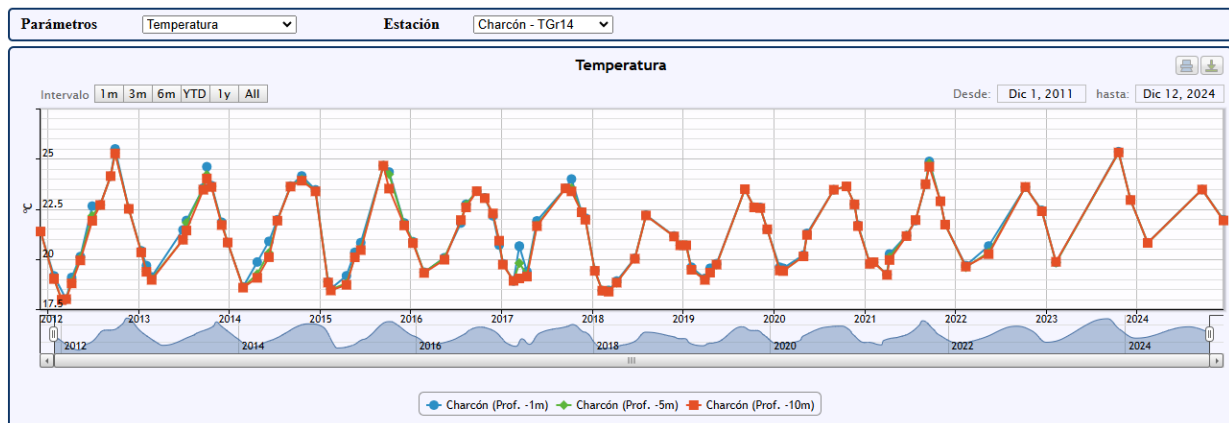


Figura 51: Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (medición con sonda) 2011 - 2024

Las temperaturas media, máxima y mínima obtenidas por la sonda multiparamétrica en el periodo 2013-2022 se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Valores de temperaturas medias, máximas y mínimas obtenidas en las distintas anualidades

AÑO	Tª Media	Tª Máx. (mes)	Tª Mín. (mes)	Periodo de muestreos
2024	21,95	23,64 (10)	20,72 (02)	Sólo muestreados 02, 10 y 12
2023	22,68	25,61 °C (10)	19,56 °C (02)	Sólo muestreados 02, 10 y 12
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

Debe considerarse 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 cálidas. Asimismo, 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 2024 se siguen sufriendo los problemas con el sensor de oxígeno disuelto de la sonda, por lo que se recurre a un oxímetro auxiliar para comprobar y corregir los niveles medidos por la sonda. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de la normalidad para las aguas de la costa de Granadilla.

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 10).

Tabla 10: 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
2024	7,90	8,90	7,5	Sólo muestreados 02,09 y 12
2023	7,61	8,17	7,48	Sólo muestreados 02, 10 y 12
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, saliendo pico anómalo en la gráfica anexa (Figura 52).

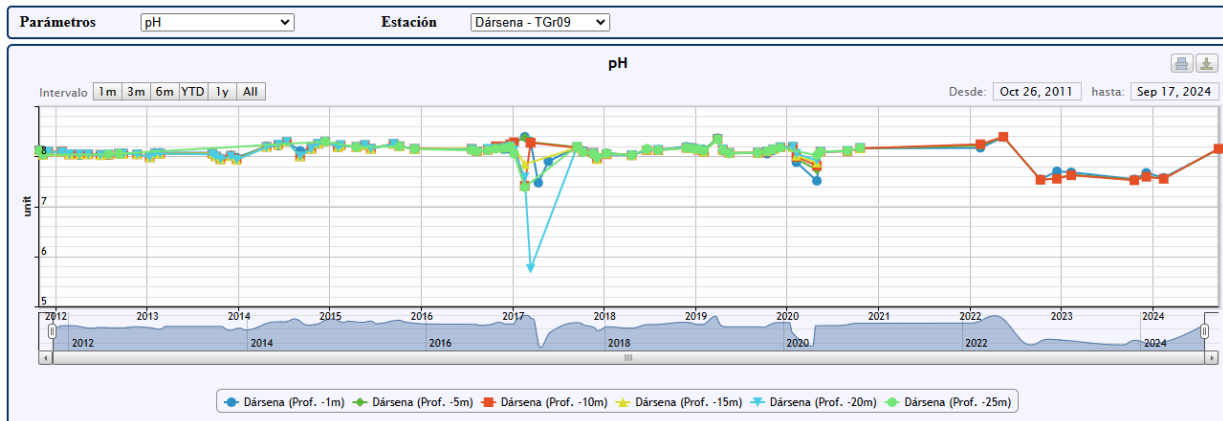


Figura 52: Registro del pH en la estación Dársena (TGr09) (2012-2024)

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.

Las cifras de salinidad fiables obtenidas son normales para aguas superficiales en Canarias (entre 36 y 37 PSU), lo mismo que el patrón que se ha venido repitiendo en todas las estaciones (incluso con las cifras excedidas): un ligero aumento en invierno y una caída equivalente en verano. En este lado del Atlántico el valor desciende en verano porque es la época en la que los vientos alisios son más constantes, generan afloramiento de aguas frías menos salinas y se produce un gradiente de temperatura y salinidad este-oeste (Figura 53).

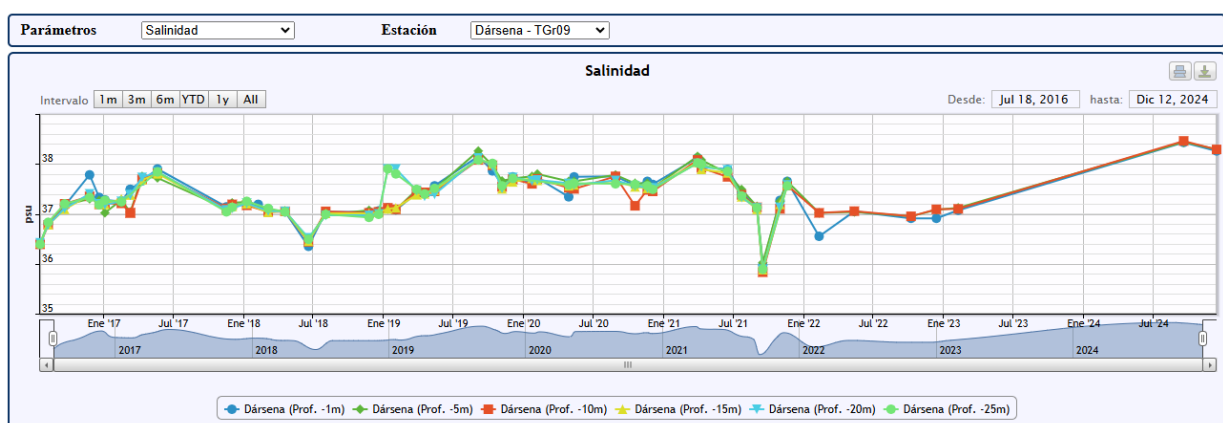


Figura 53: Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde 2016 a 2024

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). Al final de la fase de obras (2016) se retiró de la boya el turbidímetro por lo que los datos de turbidez recogidos hasta el 2022 son los obtenidos por los registros mensuales de la sonda multiparamétrica. Desde el inicio de 2022 no se ha medido el parámetro turbidez en sonda por presentar problemas en los sensores. Cuando se detecta turbidez anómala en el agua, se recogen muestras y se determina en el laboratorio.

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. En el 2024 no se han detectado aguas turbias por escorrentías de barrancos ni situaciones anómalas en la zona.

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 11).

Tabla 11: 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	2023	2024
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	<1	3,2
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	<1	0
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	<1	0,29

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. Los valores de clorofila obtenidos en laboratorio desde la última adjudicación de la licitación de la determinación de la calidad de aguas y sedimentos a la empresa Eurofins-Iproma en agosto de 2022, únicamente han superado el límite de detección estipulado en 1 µg/l (Figura 54) en 2 muestreos en estaciones en el

interior del puerto (TGr09 Dársena y TGr40 Martillo) con valores de 3,2 y 2,1 µg/l respectivamente y en la TGr14 (al sur del puerto) con un valor de 1,2 µg/l.

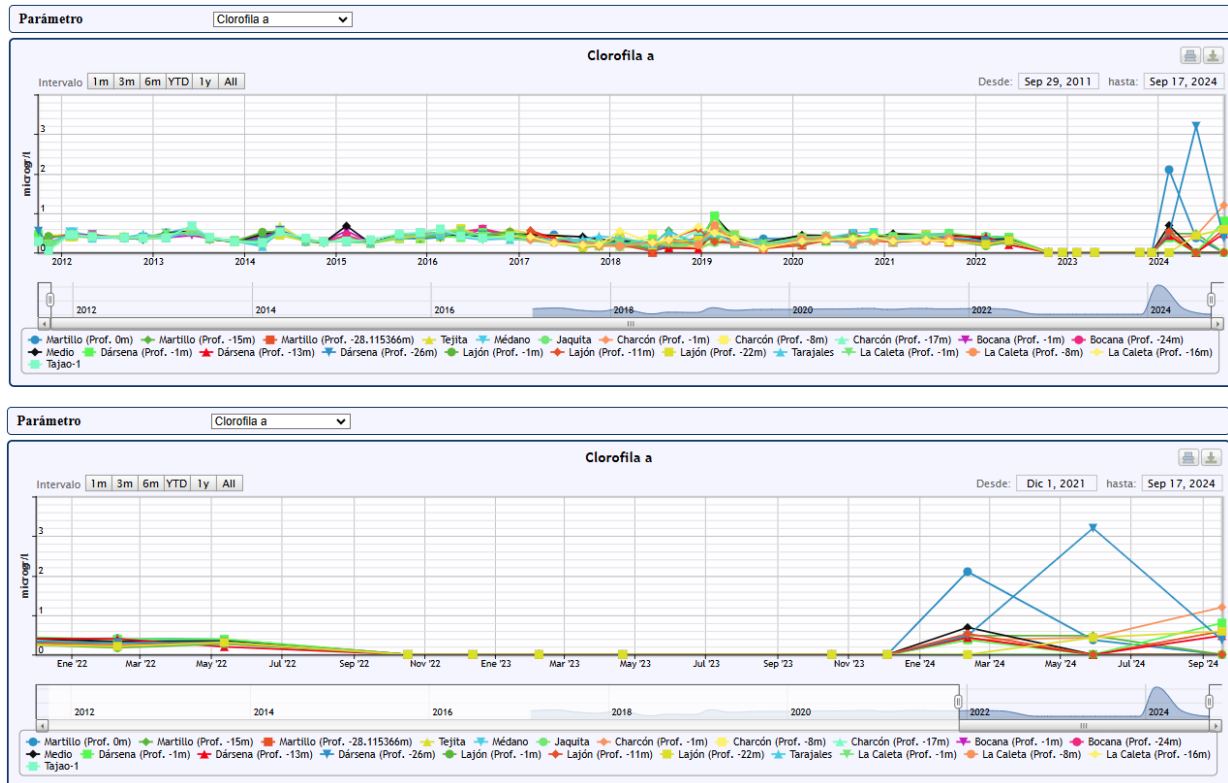


Figura 54: Arriba: evolución de la concentración de clorofila proveniente de análisis de laboratorio entre 2011 y 2024 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila del periodo del 2022 al 2024

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 el 2023 han continuado esos rellenos del muelle de ribera, pero se denotan niveles por debajo del límite de detección de instrumentación en laboratorio. El cambio de laboratorio ha provocado cambios en los límites de detección de algunos parámetros; asimismo, el laboratorio ha aportado valores límites de cuantificación que, por no estar acreditados por ENAC (entidad nacional de acreditación), los valores que priman son los límites de detección.



Figura 55: Evolución 2011-2024 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, por lo que todos los análisis realizados a partir de esta fecha han sido realizados por la nueva empresa adjudicataria. Tal y como se comentó en el apartado anterior se debe tener en cuenta que el cambio de laboratorio ha provocado cambios en los límites de

detección de algunos parámetros. Así mismo, el laboratorio ha aportado los límites de cuantificación para obtener valores por debajo de los límites de detección. Debemos tener en cuenta que estos valores no están acreditados por ENAC (entidad nacional de acreditación), primando los límites de detección.

También se siguen midiendo los parámetros solicitados por la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife 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, una composición normal en aguas en un favorable estado de conservación.

Los muestreos de calidad de agua en 2024 se realizaron en los meses de enero, mayo, octubre y diciembre.

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 56).



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 (ICO=NTK+PT+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 CABIO 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 56: 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 57: 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 (0,01 mg/l para nitritos, 0,16 para fosfatos y 0,5 para nitratos) en todas las estaciones y para los 4 muestreos realizados en el 2024 (Figura 58).



Figura 58: Concentración de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla; desde 2011 a 2024

La materia en suspensión en 2024 presenta valores que abarcan desde <1 mg/l a 7 mg/l, pero en su mayoría se obtienen valores por debajo del límite de detección de <1 mg/l. Se continúa con la tendencia de años anterior de descenso generalizado en los valores (Figura 59).

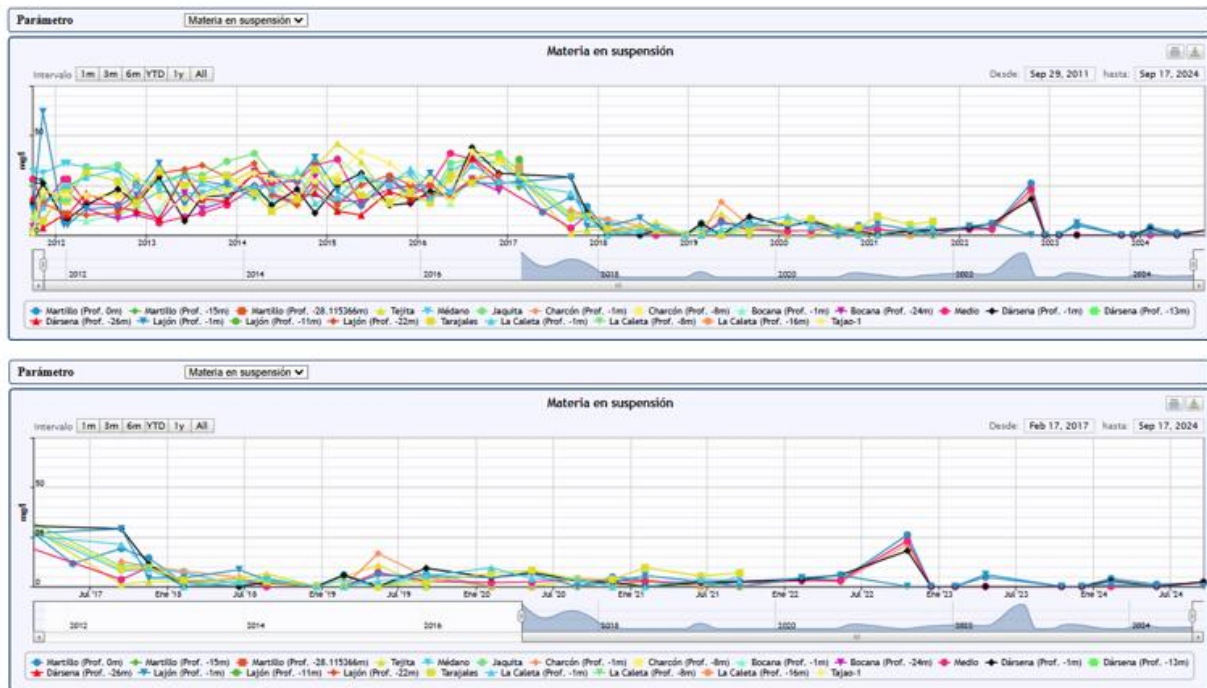


Figura 59: Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2024 según las estaciones. Abajo: datos de 2017 a 2024

Amonio: este compuesto se ha mantenido en valores muy bajos en todos los muestreos llevados a cabo durante el año, a excepción de la medición de mayo en la estación Tgr08 fondo, con un valor de 0,9 mg/l. Pico amarillo (Figura 60). Siendo este valor pico alcanzado en todo el histórico.

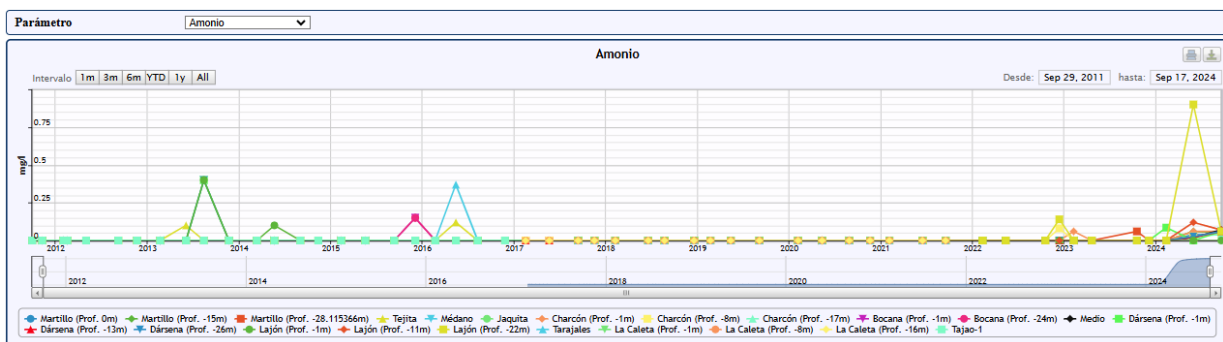


Figura 60: Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012-2024)

Carbono orgánico total: En 2024 se sigue con tendencia del año anterior estabilizándose en valores medio para todas las estaciones de 1,39 mg/l (Figura 61).

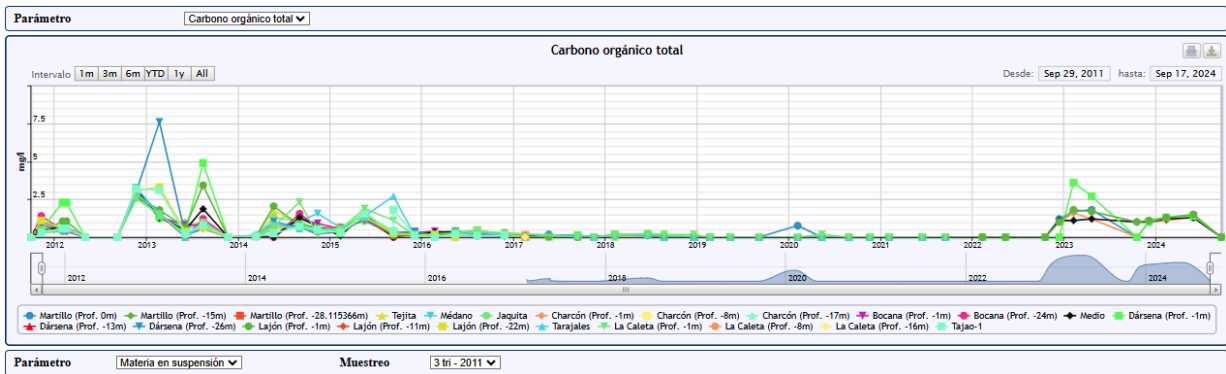


Figura 61: Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2024

Aceites y grasas: siguiendo la tendencia de años anteriores, los valores para todos los muestreos del año 2024 están ligeramente por encima del límite de detección o por debajo de éste. Hasta agosto de 2022 dicho límite era de 5 mg/l posteriormente ha pasado a ser de 0,20 mg/l (Figura 62). El valor máximo obtenido corresponde a la estación TGr10, en el muestreo de abril, con un valor de 0.32 mg/l.

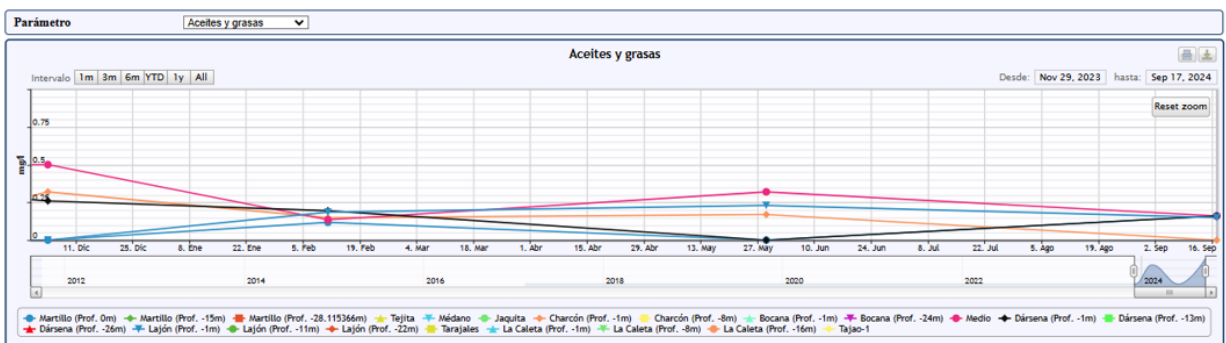
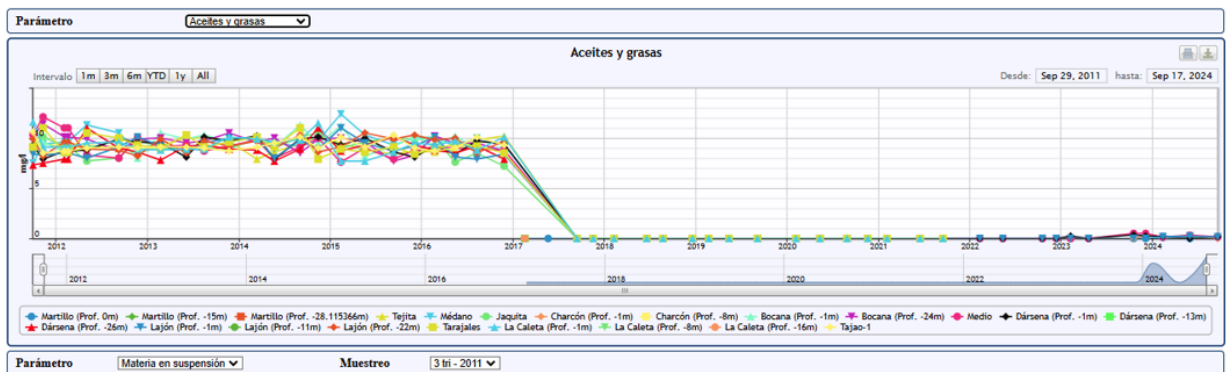


Figura 62: Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla. Ariba: periodo 2011-2024. Abajo: concentración del periodo 2023-2024

Detergentes: en 2024 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 63).

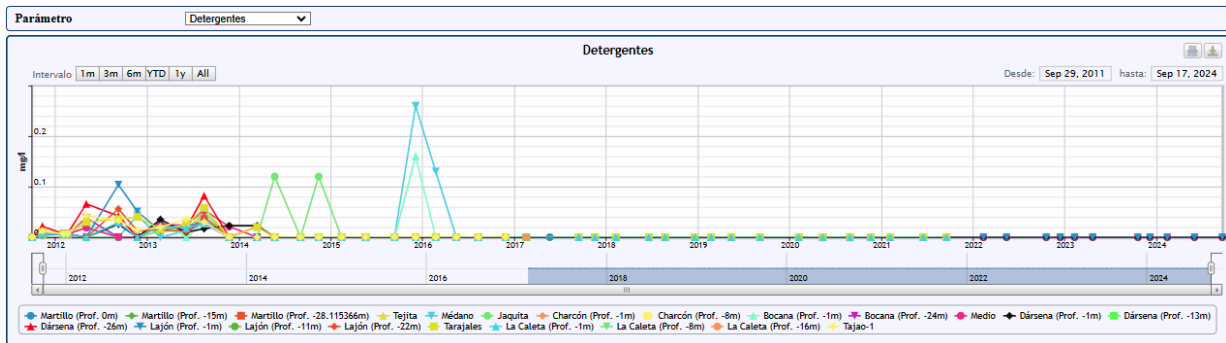


Figura 63: Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2024)

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 (2012-2024), 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 64 y Figura 65). 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 $\mu\text{g/l}$. El límite de detección actual es de 13,33 $\mu\text{g/l}$. Para este 2024, igual que para el 2023 todos los valores estaban por debajo de dicho límite de detección.

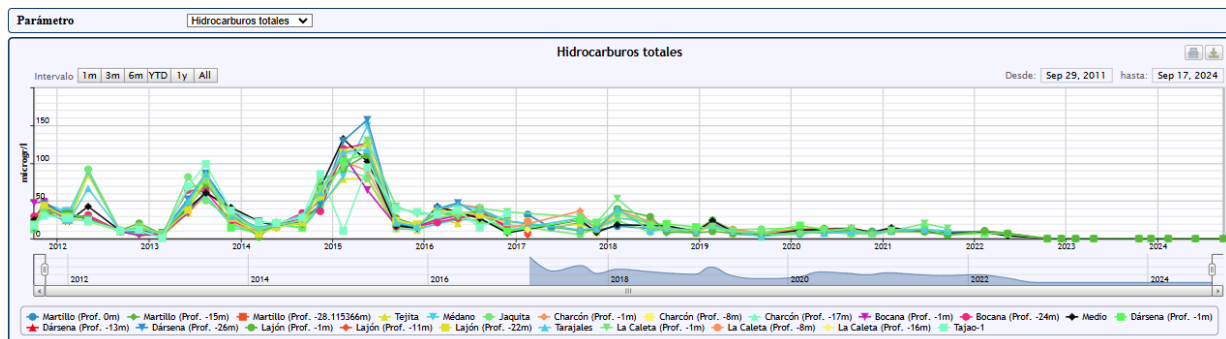


Figura 64: Evolución de hidrocarburos totales 2011-2024 en la costa de Granadilla

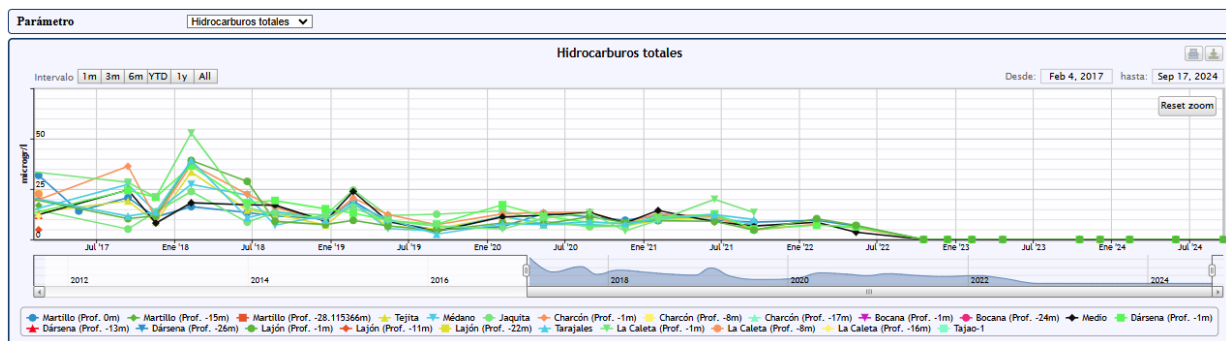


Figura 65: Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017-2024 en la costa de Granadilla



Tolueno, PAHs, benceno y TBT: En todas las estaciones de muestreo, todos los valores se encuentran por debajo del límite de detección para estos parámetros.

Metales pesados (As, Cr, Zn, Cu): los valores de estos cuatro 4 metales en tres de los cuatro muestreos realizados en 2024, están por debajo del límite de detección. Sólo en el muestreo del 17 de septiembre (tercero del año), aparecen valores por encima de este límite de detección, todos en una misma estación (TGr09), y para los metales Cu y Zn (2,07 µg/l y 6,95 µg/l, respectivamente).

Como ya se indicó en el anterior informe anual, los límites de detección del instrumental cambiaron desde el segundo trimestre de 2022. Los límites de detección actuales de estos parámetros son, para el Cr y el Cu de <5,0 µg/l, para el As de <7,5 µg/l y para el Zn de <9 µg/l.

Los valores obtenidos en 2024 para el arsénico están todos por debajo del límite de detección, por lo que se vuelve a la tendencia previa al año 2019. Los valores de cobre también se encuentran por debajo del límite de detección en todos los muestreos del año 2024, a excepción del realizado en septiembre en la TGr09 (superficie) en el que se obtuvo un valor de 2,07 µg/l. Con el zinc ocurre igual, en todos los trimestres está por debajo del límite de detección, pero en el muestreo de septiembre, y nuevamente para la estación TGr09, da un valor de 6,95 µg/l.

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) (Figura 66).

Para el caso del Zn, el RD 871/2015, de 11 de septiembre, recoge como valor límite NCA-MA (Normas de Calidad Ambiental - Media Anual) para aguas superficiales, 30 µgr/l, valor no superado en esta anualidad en ninguno de los muestreos.

APARTADO A: NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NCA)

MA: media anual.

Unidad: µg/L

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

¹ CAS: Chemical Abstracts Service

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

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

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

Figura 66: Extracción Anexo V.A del RD 817/2015. Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes



La Figura 67, Figura 68 y Figura 69 resumen la evolución temporal de todos los parámetros en la estación TGr09 situada en la dársena del puerto.



Figura 67: Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (I)



Figura 68: Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (II)



Figura 69: Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (III)

6.5.3 Contaminación microbiológica

El PVA de Granadilla en fase de obras incluía muestreos en las aguas de baño que podían verse afectadas por la construcción. A partir de 2017 se reduce dicha determinación microbiológica a las dos estaciones más influenciadas por el puerto: TGr09-Dársena y TGr10-Medio. El muestreo incluye la monitorización anual de colibacilos totales y fecales y se realiza 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 70: Evolución de concentraciones de *E. coli* y de *Enterococos* fecales en la estación TGR50

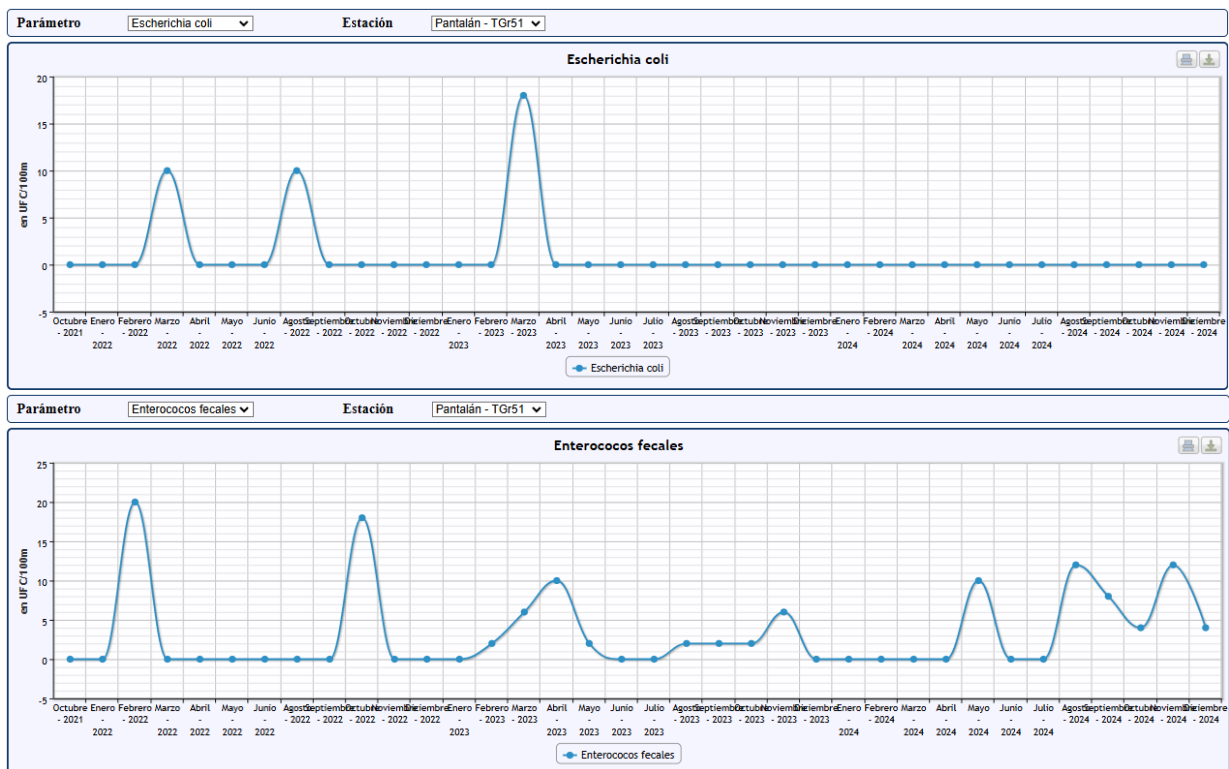


Figura 71: Evolución de concentraciones de *E. coli* y de *Enterococos* fecales en la estación TGR51



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 todos los muestreos realizados los valores han estado por debajo de los límites. El valor más alto obtenido en 2024 (agosto), fue en la estación TGr50 (dique de abrigo) con valores de *E. coli* de 100 UFC/100 ml y de 66 UFC/100 ml en *Enterococos* fecales.

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 fase operativa, pero la periodicidad de dichos muestreos es semestral. 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 72) y 2024 (Figura 73), 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.

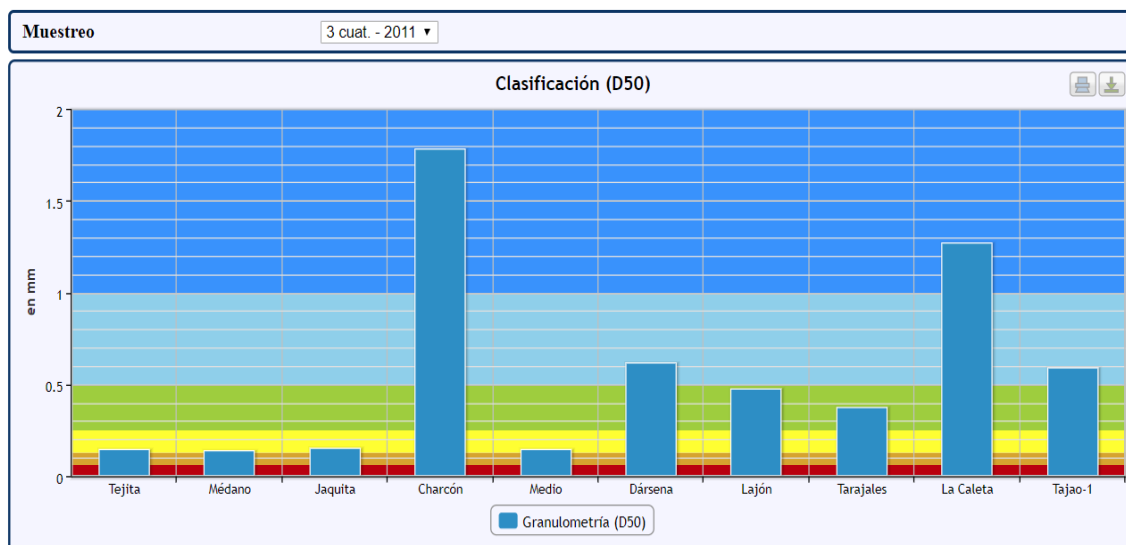


Figura 72: Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)



Figura 73: Clasificación D50 de los sedimentos de 2024. Arriba: 1^{er} semestre. Abajo: 2^o semestre

La Figura 75 muestra la composición granulométrica de 100 gramos de sedimentos en los dos muestreos llevados a cabo en 2024. Por los fenómenos de la dinámica marina, la granulometría es bastante variable según época del año. Se exponen también los valores de referencia (Figura 74).

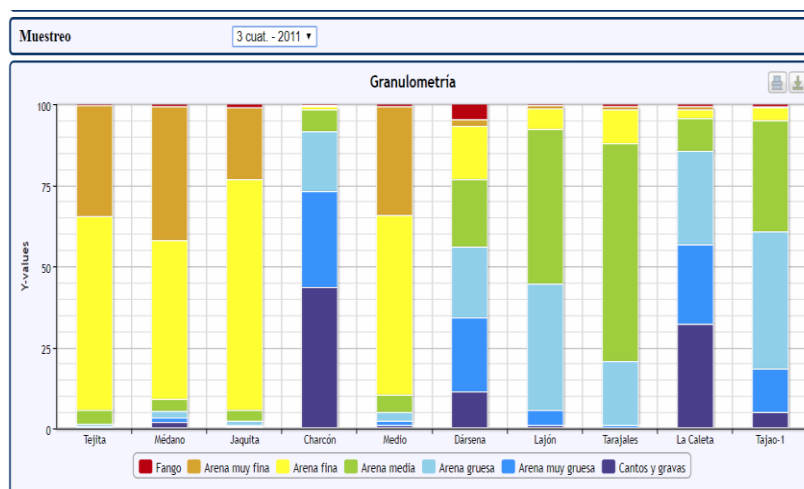


Figura 74: Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia)



Figura 75: Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2024. 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. 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 denotó un descenso generalizado en los valores de todos los parámetros exceptuando el porcentaje de materia orgánica, que se vio incrementado en el segundo semestre (coincidiendo con el cambio de laboratorio de analíticas). Así mismo se detectó un pico puntual de fosfatos de 2,90 mg/kg en la estación TGr08 Lajón, que desde 2019 no se había detectado. En 2024 se sigue con la misma tendencia de años anteriores en todos los parámetros (**Tabla 12**).

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 12).

Tabla 12: 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	Clorfeninfos.	prioritaria	0,1	0,1	0,3	0,3	
(9)	2921-88-2	Clorpirifós (Clorpirifós- 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	Piomo y sus compuestos.	prioritaria	7,2 [1,2](13)	7,2 [1,3]	No aplicable	No aplicable	
(21)	7439-97-6	Mercurio y sus compuestos.	peligrosa prioritaria			[14]	[14]	20
(22) (*)	91-20-3	Naftaleno.	prioritaria	2,4 [2]	1,2 [2]	No aplicable	No aplicable	
				[4] [13]	[8,6]	[130]	[130]	
(23) (*)	7440-02-0	Niquel y sus compuestos.	prioritaria	20 [4] [13]	20 [8,6]	No aplicable	No aplicable	
						[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	Ocifenoles ((4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol)).	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	
						[8,2 × 10-3]	[8,2 × 10-4]	[Ver nota 16]
	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 tributiestaño (Catión de tributiestaño).	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	Acionifeno.	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	Cipmetrina.	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 13: Resumen de los datos analíticos de la costa de Granadilla: 2015-2024. Se resaltan en rojo los valores incrementados con respecto al año anterior

Sedimentos	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Componentes y nutrientes	2024	2024	2024	2024	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,11	0,41	1,12	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	1,3	3,59	6,0	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	0	0,46	1,40	-
Fosfatos	mg/kg	0,24	0,68	1,20	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	0	0,01	0,03	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	0,02	0,13	0,18	
Contaminantes	2024	2024	2024	2024	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	1,5	15	<1,5
Sedimentos	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Componentes y nutrientes	2023	2023	2023	2023	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,12	0,33	1,15	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,9	3,55	6,0	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	0	0,26	1,50	-
Fosfatos	mg/kg	0	0,74	1,50	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	0	0,01	0,05	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	0,04	0,18	0,40	

Contaminantes	2023	2023	2023	2023	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	0	0	<1,5
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 (Kjeldahl)	mg/kg	0	69	297	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	0,10	57,17	164,40	
Contaminantes	2022	2022	2022	2022	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 (Kjeldahl)	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	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	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 (Kjeldahl)	mg/kg	0	37,90	83	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	28,50	125,54	240,70	
Contaminantes	2020	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	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 (Kjeldahl)	mg/kg	0	10,75	97	<1,5
Fósforo total	mg P/kg	34,06	574,99	1.962,37	
Contaminantes	2019	2019	2019	2019	2010



PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	1,20	2,42	3,51	<1,5
Componentes y nutrientes	2018	2018	2018	2018	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,13	0,34	1,19	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,53	1,07	2,69	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	3,07	6,19	15,60	-
Fosfatos	mg/kg	0	0,78	5,25	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	38	155,12	329	<1,5
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 (Kjeldahl)	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 (Kjeldahl)	mg/kg	6	125,39	395	<1,5
Contaminantes	2016	2016	2016	2016	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
MBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
HCT (hidrocarburos)	mg/kg	0,37	0,81	1,55	<1
Componentes y nutrientes	2015	2015	2015	2015	2010
Partículas D ₅₀	mm	0,14	0,50	3,59	0,16 - 0,57
Materia orgánica	%	0,58	0,86	1,30	0,16 - 0,57
Carbono orgánico total	g/kg	3,36	4,97	7,54	-
Fosfatos	mg/kg	0	1,87	15,20	0,38 - 0,86
Nitrógeno total (Kjeldahl)	mg/kg	13	131,36	309	<1,5
Contaminantes	2015	2015	2015	2015	2010
PAH'S	µg/kg	0	0	0	-
TBT	µg/kg	0	0	0	<0,01
DBT	µg/kg	0	0	0	<0,01

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

Materia orgánica y carbono orgánico total (COT): Siguiendo la tendencia de 2022 y 2023, se obtienen valores medios para el 2024 de 3,59 % (máximo histórico). Los valores de COT, sin embargo, también continúan con tendencia a la baja para 2024 (Tabla 14 y Figura 76).

Tabla 14: 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	2023	2024
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	6,00	6,00
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	0,90	1,30
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	3,55	3,59

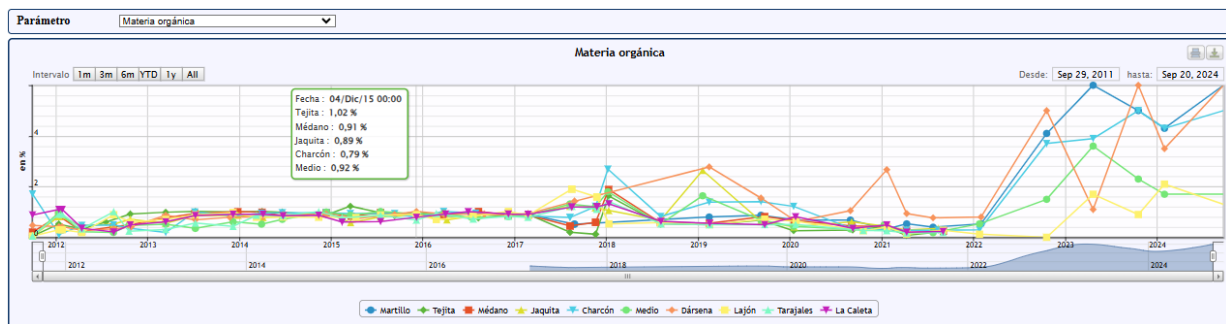


Figura 76: Variación temporal (2011-2024) de la materia orgánica en sedimentos en la costa de Granadilla

Hidrocarburos totales: la estabilización de los valores prosigue. Únicamente es destacable el valor de 15 mg/kg obtenido en la estación TGr09 (dársena) (Tabla 15) que hace aumentar la media obtenida. 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 77 y Figura 78)).

Tabla 15: 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	2023	2024
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	<25	15
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	<25	<8,3
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	<25	1,50

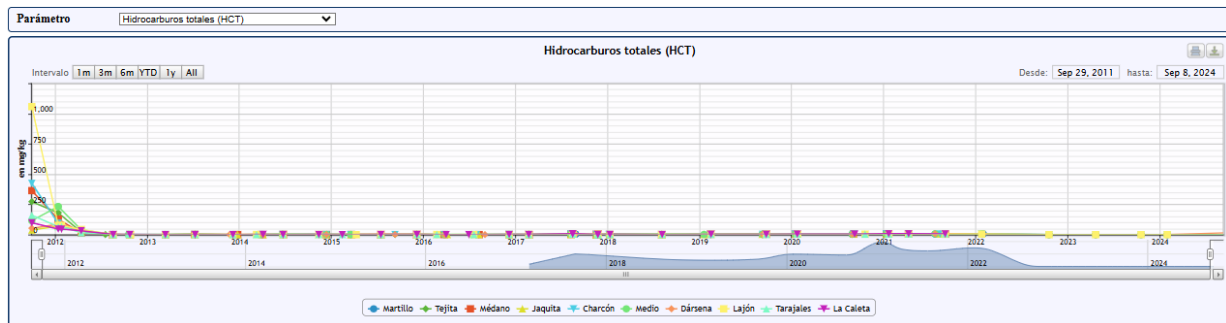


Figura 77: Variación temporal (2011-2024) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

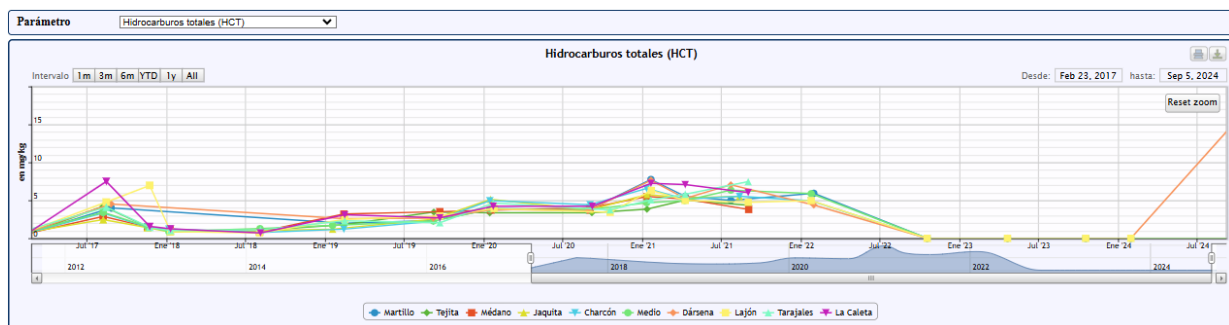


Figura 78: Variación temporal (2014-2024) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla

Nitrógeno total: 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 redijeron los valores nuevamente (el valor más elevado obtenido en este ejercicio es de 297 mg/kg, en la estación TGr40 Martillo). En el 2023 y 2024 se obtienen valores por debajo del límite de detección o muy por debajo de años anteriores (Tabla 16 y Figura 79).

Tabla 16: 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	2023	2024
Valor máximo	392,0	523,8	572,4	1299,2	309,0	395,0	1355,0	329,0	97,0	83,0	418,0	297,0	0,05	0,03
Valor mínimo	56,0	0	0	0	13,0	6,0	41,0	38,0	0	0	14,0	0,05	0	0
Media	193,2	145,94	200,55	171,7	131,36	125,39	250,64	155,12	10,75	37,9	130,07	69,07	0,01	0,01

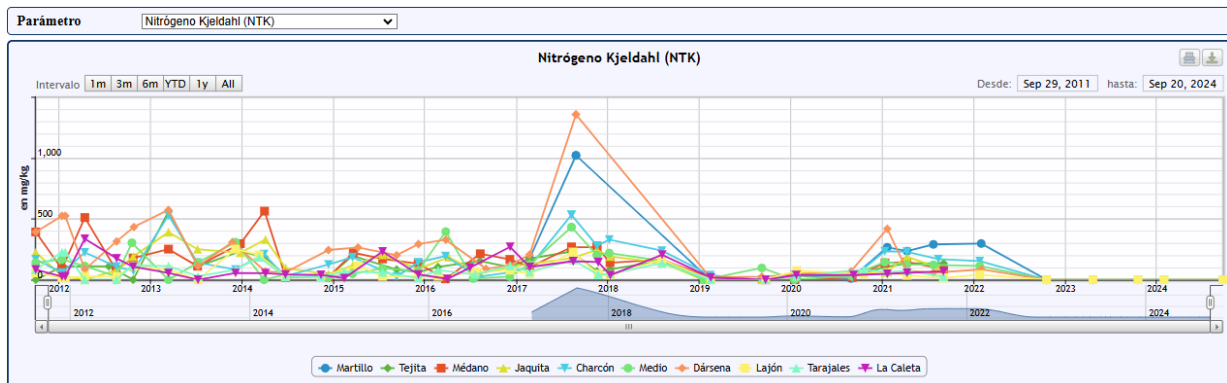


Figura 79: Variación temporal (2011-2024) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla

Fósforo total: en 2024 persiste la tendencia de años anteriores, con descenso en los valores con respecto a 2017-2022, con los valores más bajos de la serie histórica. Al igual que en 2022, destaca la homogeneidad en los valores de todas las estaciones (Tabla 17).

Tabla 17: 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	2023	2024
Valor máximo	164,00	1180,00	1962,37	240,70	376,10	164,40	0,40	0,18
Valor mínimo	33,80	95,90	34,06	28,50	11,80	0,10	0,18	0,02
Media	164,00	391,09	574,99	125,54	144,92	57,17	0,40	0,13

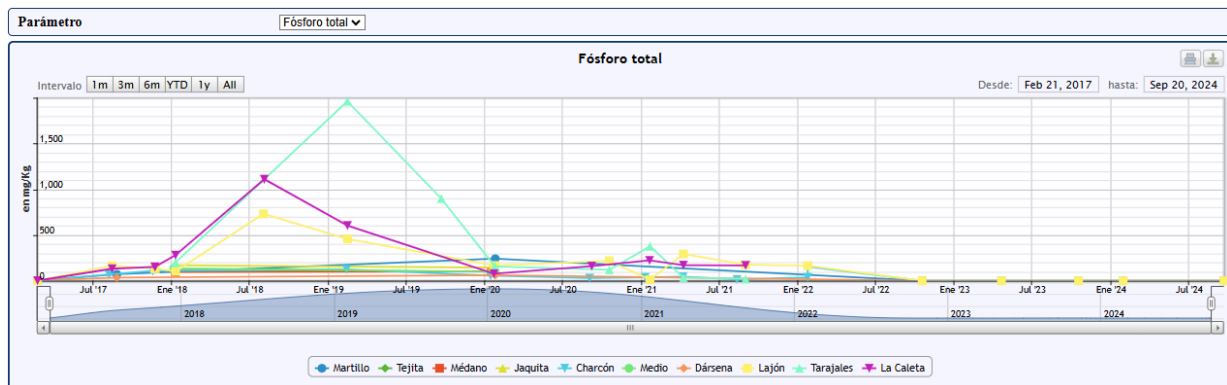


Figura 80: Variación temporal (2011-2024) del fósforo total en las estaciones en Granadilla

Fosfatos: prosigue la estabilidad de los datos de 2022.

Tabla 18: 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	2023	2024
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	1,50	1,20
Valor mínimo	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0	0,05	0,03	0	0	0,24
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	0,74	0,68

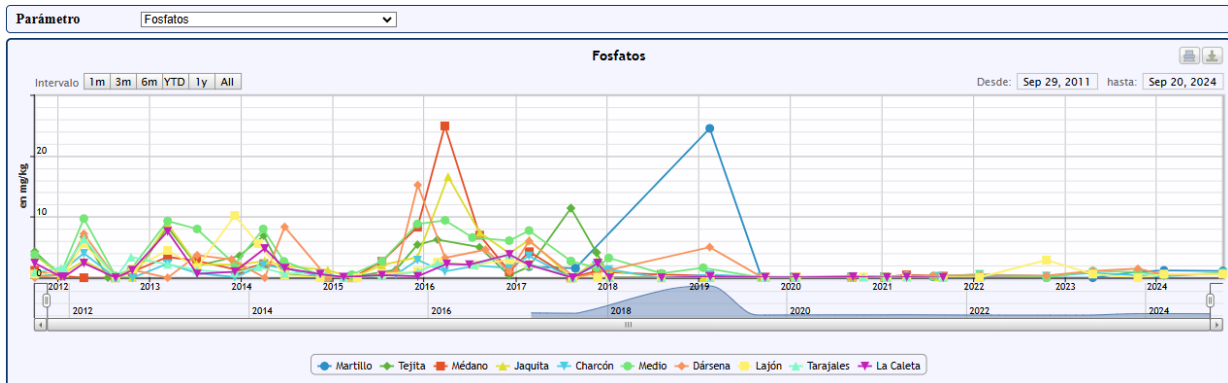


Figura 81: Variación temporal (2011-2024) de fosfatos en sedimentos Granadilla

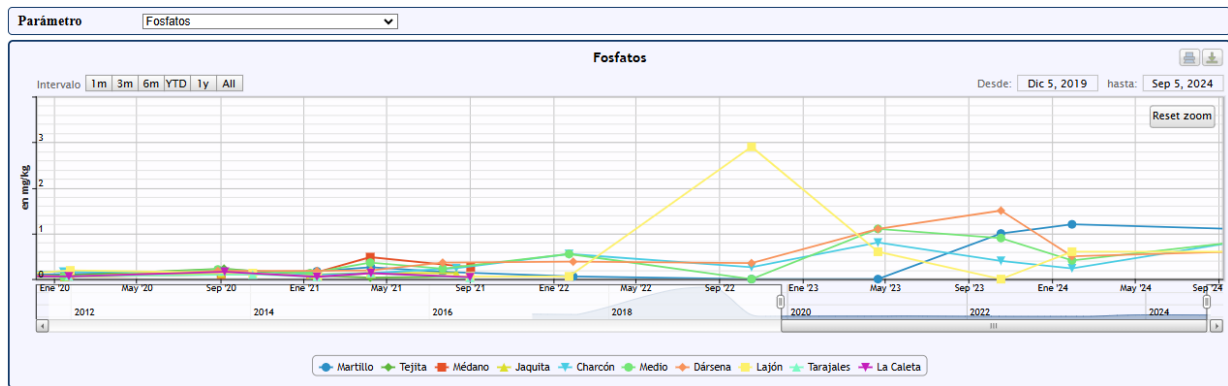


Figura 82: Variación temporal (2020-2024) de fosfatos en sedimentos Granadilla



Tabla 19: Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018-2024 (mg/kg).

SEDIMENTOS	Fecha	P total 2018	Fosfatos 2018	Fecha	P total 2019	Fosfatos 2019	Fecha	P total 2020	Fosfatos 2020	Fecha	P total 2021	Fosfatos 2021	Fecha	P total 2022	Fosfatos 2022	Fecha	P total 2023	Fosfatos 2023	Fecha	P total 2024	Fosfatos 2024
Estación	muestreo	mg P/kg	mg/kg	muestreo	mg P/kg	mg/kg	muestreo	mg P/kg	mg/kg	muestreo	mg P/kg	mg/kg	muestreo	mg P/kg	mg/kg	muestreo	mg P/kg	mg/kg	muestreo	mg P/kg	mg/kg
TGr.r04 La Calet	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			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
TGr.r05 Tarajale:	09/01/2018	199	0	14/02/2019	1962,37	0	22/01/2020	166,5	0,06	19/01/2021	376,1	0,1	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
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	20/04/2023	0,14	0,60	29/01/2025	0,16	0,6
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	20/04/2023	0,13	1,10	29/01/2025	0,11	0,5
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	163,0	0,6	20/04/2023	0,04	1,10	29/01/2025	0,16	0,41
TGr.r14 Chareón	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	20/04/2023	0,10	0,60	29/01/2025	0,12	0,235
TGr.r18 Jaquita	08/01/2018	169	1,18	17/01/2019	738,49	0	16/01/2020	143,9	0,05	10/01/2021	48,3	0,1	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
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			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			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	20/04/2023	0,13	<0,25	29/01/2025	0,13	1,20
TGr.r04 La Calet										08/04/2021	170,0	0,1									
TGr.r05 Tarajale:										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 Chareón										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 Calet	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			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
TGr.r05 Tarajale:	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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
TGr.r08 Lajón	02/08/2018	7312	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	17/10/2023	0,40	0,00	20/09/2024	0,18	0,60
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	17/10/2023	0,13	1,50	20/09/2024	0,02	0,60
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	17/10/2023	0,40	0,90	20/09/2024	0,17	0,60
TGr.r14 Chareón	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	17/10/2023	0,07	0,40	20/09/2024	0,14	0,60
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			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			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	ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL		
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			ESTACIONES FUERA DEL ALCANCE PVA ACTUAL			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	17/10/2023	0,30	1,00	20/09/2024	0,14	1,10
Observación	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 mínimo	0,04	0,00	Valor mínimo	0,02	0,24
	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 medio	0,18	0,74	Valor medio	0,13	0,68
	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	Valor máximo	0,40	1,50	Valor máximo	0,18	1,20



PAHs, TBT, DBT, MBT: igual que en años previos, en 2024 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 20: Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2024. 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	-
Metales pesados - 2023	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	39	82,60	139	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0	0,03	0,07	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	0	4,81	7	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	0	5,56	10	2,70 - 9,14
Níquel	mg/kg	4	29,5	81	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	6	38,70	89	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	5	11,6	24	[12,5 - 17,5]*
Metales pesados - 2024	Unidades	Mínimo	Media	Máximo	Referencia
Zinc	mg/kg	31	91,50	148	21,90 - 33,4
Cadmio	mg/kg	0,04	0,05	0,07	0,01 - 0,42
Plomo	mg/kg	2,36	3,88	6	3,66 - 5,00
Cobre	mg/kg	2,43	7,24	11	2,70 - 9,14

Níquel	mg/kg	7	31,10	57	8,92 - 57,6
Cromo	mg/kg	3	35,40	81	2,55 - 26,6
Mercurio	mg/kg	0	0	0	0,02 - 0,41
Arsénico	mg/kg	5,15	7,83	18	[12,5 - 17,5]*

*= 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. El plomo frena la tendencia ascendente que llevaba teniendo desde el año 2017. 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 2022 se observó un aumento generalizado de todos los metales pesados respecto al 2021 a excepción del Pb, Cu, Sn y Cd y en 2023 este aumento es para el cadmio, plomo y cobre. En 2024 se sigue la tendencia de 2023 en todos los metales pesados analizados.



Figura 83: Concentración de cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2024

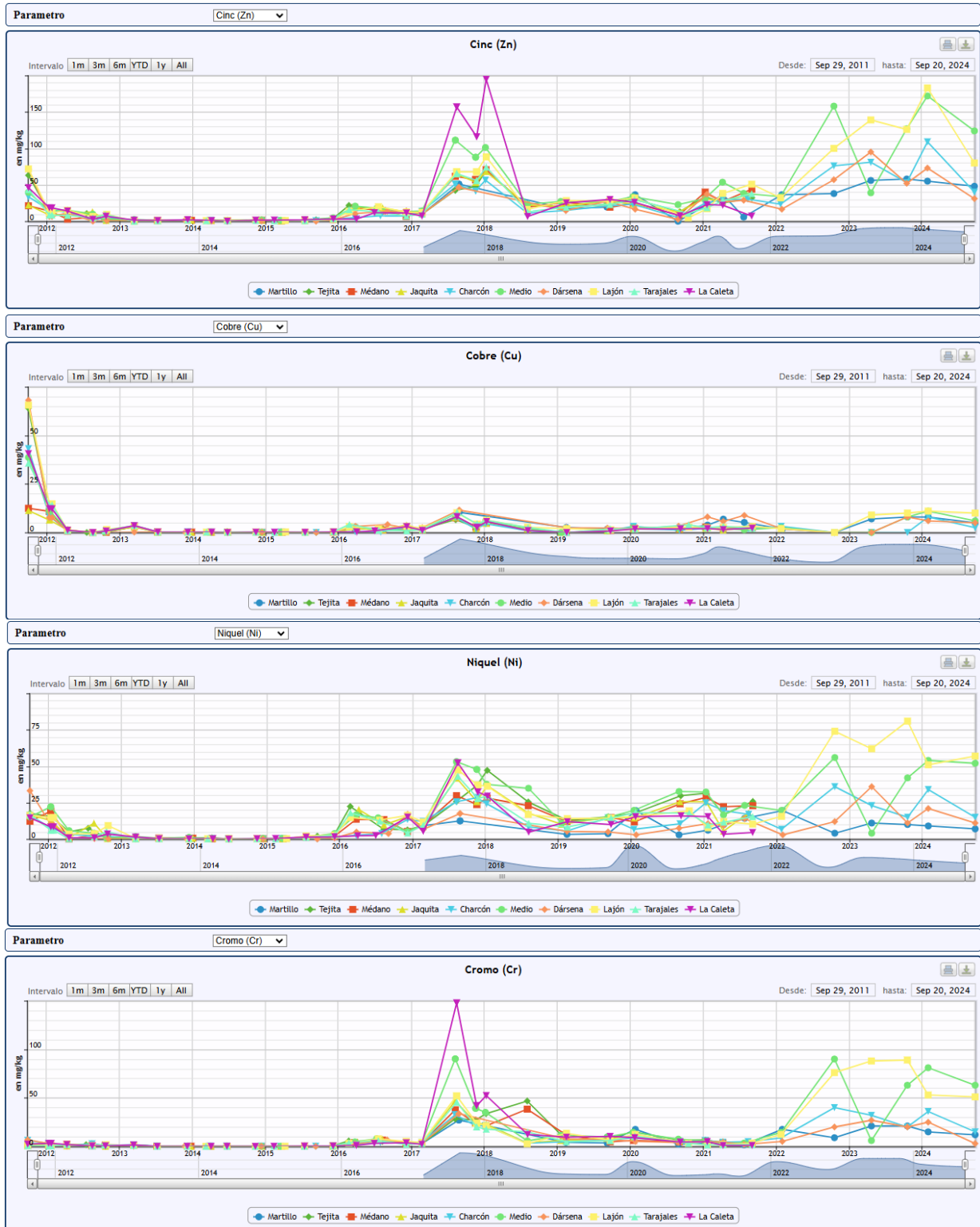


Figura 84: Concentración de zinc, cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2024



Figura 85: Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2024

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 21, 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 21: 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
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 22: 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)	NCA-MA	25
			CaCO ₃ ≤ 10	5	
			10 < CaCO ₃ ≤ 50	22	
			50 < CaCO ₃ ≤ 100	40	
			CaCO ₃ > 100	120	
(8)	18540-29-9	Cromo VI	5		5
(9)	7440-47-3	Cromo	50		no aplicable
(10)	7782-49-2	Selenio	1		10
(11)	7440-66-6	Zinc ⁽⁴⁾	Dureza del agua (mg/L CaCO ₃)	NCA-MA	60
			CaCO ₃ ≤ 10	30	
			10 < CaCO ₃ ≤ 50	200	
			50 < CaCO ₃ ≤ 100	300	
			CaCO ₃ > 100	500	
(12)	74-90-8	Cianuros totales	40		no aplicable
(13)	16984-48-8	Fluoruros	1700		no aplicable
(14)	108-90-7	Clorobenceno	20		no aplicable
(15)	25321-22-6	Diclorobenceno (Σ isómeros orto, meta y para)	20		no aplicable
(16)	51218-45-2	Metolacoloro	1		no aplicable

¹ CAS: Chemical Abstracts Service
² Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).
³ Las aguas superficiales continentales incluyen ríos y lagos y las masas de agua artificiales o muy modificadas conexas.
⁴ Por lo que respecta a estas sustancias, los valores de la NCA en aguas superficiales continentales varían en función de la dureza del agua con arreglo a cuatro categorías.

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.

La Tabla 23 y Tabla 25 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 detectaron 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 en el caso del Zn, se observaron 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), que 5 están por encima de los valores ISQG y 2 por encima del PEL. Otra vez son valores que se detectaron en las estaciones más alejadas del puerto. Para el As se obtuvieron 8 valores de los 10 tomados por encima del ISQG, ninguno por encima del valor PEL.

En 2023 se detecta un crecimiento generalizado en concentración de metales pesados. Al igual que el año anterior destacan los valores de Zn, que esta vez supera, en 4 de las 5 estaciones de muestreo, los límites recogidos en el RD 817/2015. La única estación que no registra valores medios anuales por encima de estos límites es la TGr40, situada en la bocana de entrada al puerto.

Respecto al Ni, al igual que el año 2022, se detectan dos valores por encima de los valores recogidos en el RD 817/2015, ambos en la estación TGr08 (primer y segundo semestre), situada al norte del puerto. En valores de Cr se registró un valor por encima de los límites estipulados en el RD 817/2015, también en la estación TGr08.

En 2024 continua la tendencia de 2023, excepto por una disminución en los valores del As. Sólo se supera en dos mediciones los valores de ISQG del Zn y en tres, la del As. En cuanto a los valores límites establecidos en el RD 817/2015, se superan en tres estaciones para el Zn, y en dos para el Cr. Para los metales Ni y As también se están detectando concentraciones muy cerca de los límites. Se reforzarán los muestreos en la zona para tratar de delimitar su origen.

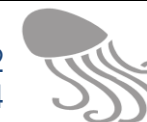


Tabla 23: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2018

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 24: 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 ISQC o ERL	0		0	0	0	0	0	0	0	0		0	-	-
	Valores > del PEL o ERL	0		0	0	0	0	0	0	0	0		-	-	-
	Valores > Anexo V RD 817/2015		0						0			0			



Tabla 25: 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	0	4	0	0	0	2	0	0	-	-
	Valores > del PEL o ER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Valores > Anexo V. RD 817/2015.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tabla 26: 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 Medio	09/01/2021	31,1		0,0	4,2	2,6	32,3	5,6		0,0	6,1		6,2	0,1	16,0
TGr.r14 Charcón	09/01/2021	24,7		0,0	3,0	2,1	24,9	6,1		0,0	14,3		4,6	0,1	16,5
TGr.r18 Jaquita	10/01/2021	31,2		0,0	3,5	2,2	25,6	5,5		0,0	8,8		5,2	0,1	17,6
TGr.r19 Médano	10/01/2021	40,0		0,0	4,2	2,8	28,6	5,4		0,0	7,3		6,1	0,1	19,4
TGr.r22 Tejita	10/01/2021	33,9		0,0	4,2	2,6	31,5	6,6		0,0	8,9		6,0	0,1	17,1
TGr.r40 Martillo	19/01/2021	22,5		0,0	1,9	3,8	6,1	3,2		0,0	7,1		2,1	0,1	15,1
TGr.r04 La Caleta	08/04/2021	22,0	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 Medio	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 Medio	22/07/2021	38,3		0,0	3,1	1,4	23,1	3,4		0,0	6,6		4,8	0,1	16,1
TGr.r14 Charcón	11/08/2021	30,3		0,0	2,0	1,8	17,0	5,0		0,0	16,3		4,4	0,2	27,9
TGr.r18 Jaquita	11/08/2021	35,8		0,0	1,5	2,4	18,0	3,5		0,0	17,2		0,5	0,2	23,2
TGr.r19 Médano	01/09/2021	44,0		0,0	3,0	2,7	22,9	3,2		0,0	7,2		5,0	0,2	17,5
TGr.r22 Tejita	01/09/2021	32,2		0,0	3,0	1,8	25,8	2,8		0,0	10,0		2,7	0,1	14,2
TGr.r40 Martillo	08/08/2021	5,7		0,0	3,8	5,2	14,3	1,7		0,0	6,8		4,6	0,2	13,2
Resumen 2020	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 ISQC o FRL	0		0	0	0	9	0		0	14		0	-	-
	Valores > del PEL o EE	0		0	0	0	0	0		0	0		-	-	-
	Valores > Anexo V RD 817/2015		0						0			0			



Tabla 27: 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	36,0	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			



Tabla 28: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2023

Metales en sedimentos 2023		Zn	Media Anual (MA) Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Media Anual (MA) Cr	Hg	As	Media Anual (MA) As
Estación	Fecha muestreo	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
TGr.r08 Lajón	20/04/2023	139	132,5	0,06	5,00	9	62	88,0	88,5	<0,05	14	9,5
TGr.r09 Dársena	20/04/2023	95	73,5	<0,05	5,00	<10	36	27,0	23,5	<0,05	11	10,0
TGr.r10 Medio	20/04/2023	39	83,0	<0,05	3,30	<10	4	6,0	34,5	<0,05	24	15,5
TGr.r14 Charcón	20/04/2023	81	67,0	<0,05	5,00	<10	23	32,0	26,0	<0,05	8	14,0
TGr.r40 Martillo	20/04/2023	56	57,0	0,07	4,00	7	11	21,0	21,0	<0,05	9	9,0
TGr.r08 Lajón	17/10/2023	126		<0,05	<3,0	10	81	89		<0,05	5	
TGr.r09 Dársena	17/10/2023	52		<0,05	5,0	8	11	20		<0,05	9	
TGr.r10 Medio	17/10/2023	127		0,05	7,0	8	42	63		<0,05	7	
TGr.r14 Charcón	17/10/2023	53		<0,05	5,0	<5	15	20		<0,05	20	
TGr.r40 Martillo	17/10/2023	58		0,07	4,0	8	10	21		<0,05	9	
Resumen 2022	Valor mínimo	39,0	57,0	0,0	3,3	0,0	4,0	6,0	21,0	0,0	5,0	9,0
	Valor medio	82,6	82,6	0,0	4,8	5,6	29,5	38,7	38,7	0,0	11,6	11,6
	Valor máximo	139,0	132,5	0,1	7,0	10,0	81,0	89,0	88,5	0,0	24,0	15,5
	Mediana	69,5	73,5	0,0	5,0	8,0	19,0	24,0	26,0	0,0	9,0	10,0
	Valores > del ISQG o ERL	3		0	0	0	5	3		0	8	
	Valores > del PEL o ERL	0		0	0	0	2	0		0	0	
Valores > Anexo V RD 817/2015			4						1			0

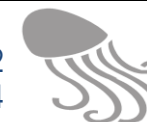


Tabla 29: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2024

Metales en sedimentos 2024		Zn	Media Anual (MA) Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Media Anual (MA) Cr	Hg	As	Media Anual (MA) As
Estación	Fecha muestr	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	29/01/2024	183	132	0,0462	2,36	11	51	53	52,0	<0,0167	6	6,5
TGr.r09 Dársena	29/01/2024	73	52,0	0,0412	4,0	6	21	25	14,0	<0,0167	9	5,2
TGr.r10 Medio	29/01/2024	172	148	0,06	5,0	11	54	81	72,0	<0,0167	6	6,0
TGr.r14 Charcón	29/01/2024	109	75	0,0358	3,5	8	34	36	25,5	<0,0167	12	15,0
TGr.r40 Martillo	29/01/2024	55	51,5	0,06	3,3	8	9	15	13,5	<0,0167	6	6,5
TGr.r08 Lajón	20/09/2024	80		0,049	3,4	10	57,0	51,0		<0,0166	7	
TGr.r09 Dársena	20/09/2024	31		0,039	3,2	5	11	3		<0,0166	1,3	
TGr.r10 Medio	20/09/2024	124		0,06	6	6	52	63,0		<0,0166	6	
TGr.r14 Charcón	20/09/2024	40		0,048	4	2,43	15	15		<0,0166	18	
TGr.r40 Martillo	20/09/2024	48		0,07	4	5	7	12		<0,0166	7	
Resumen 2024	Valor mínimo	31,0	51,5	0,0	2,4	2,4	7,0	3,0	13,5	0,0	1,3	5,2
	Valor medio	91,5	91,5	0,1	3,9	7,2	31,1	35,4	35,4	0,0	7,8	7,8
	Valor máximo	183,0	148,0	0,1	6,0	11,0	57,0	81,0	72,0	0,0	18,0	15,0
	Mediana	76,5	74,5	0,0	3,8	7,0	27,5	30,5	25,5	0,0	6,5	6,5
	Valores > del ISQG o ERL	2		0	0	0	5	3		0	3	
	Valores > del PEL o ERM	0		0	0	0	2	0		0	0	
Valores > Anexo V RD 817/2015			3						2			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 pormenorizada para los sectores establecidos, generando mapas que se pueden consultar en la página web en un visor de carrusel (secuencia histórica). El sistema de categorías elegido²⁰ se emplea ampliamente 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 (año 2011, 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”, categoría que se mantiene en diciembre de 2024.

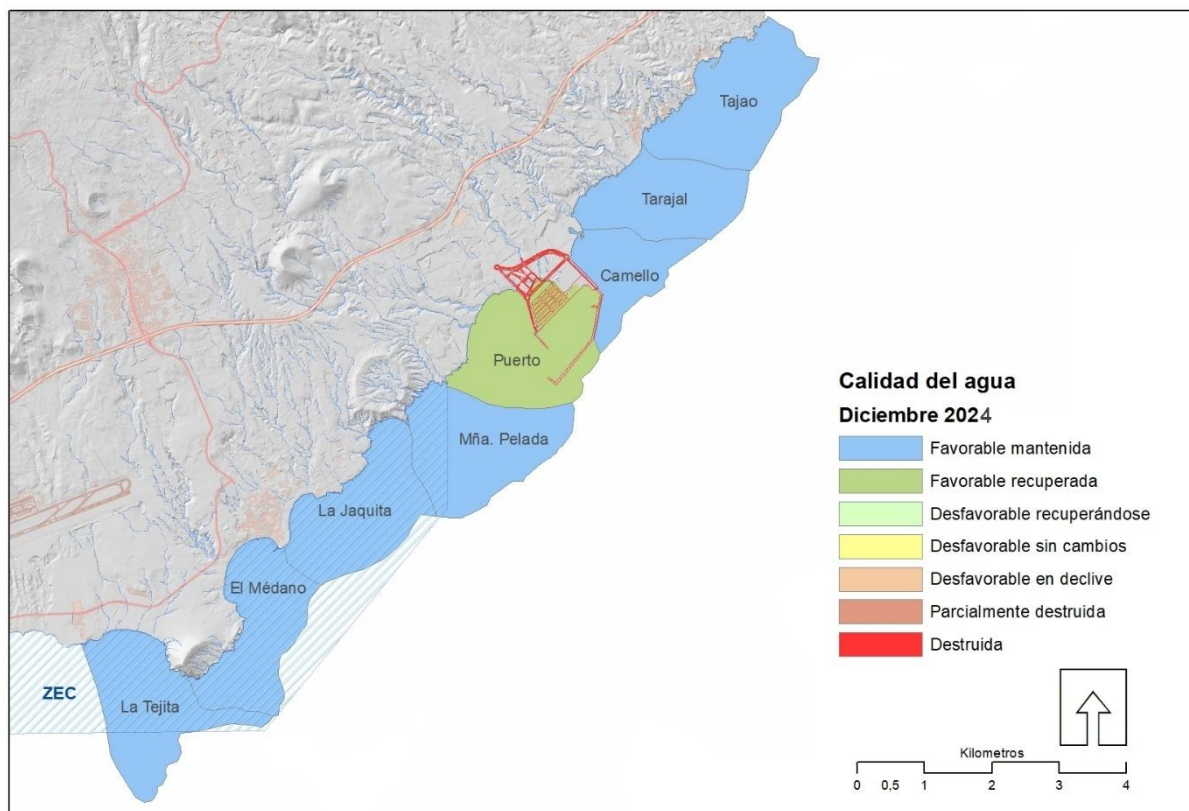


Figura 86: Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2024

²⁰ 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.

En el caso de los demás sectores vigilados, los cambios en los valores que se usan para evaluar el estado de las aguas no comprometen la condición de favorable (Figura 86). Así, por ejemplo, en los sectores al SO 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, aunque sin rebasar los valores de referencia, en su mayoría aumentan. 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. En el 2023, respecto a los metales pesados se siguió la misma tendencia que el 2022, es decir, valores similares para el Zn, Ni Cr y As. En 2024 hay ligeras disminuciones en las concentraciones de Zn y Ni.

Por lo tanto, tal y como se aprecia en la Figura 87 en todos los sectores se mantiene la catalogación de “favorable mantenida” excepto en el sector al norte del puerto (Sector Camello, con la estación TGr08), que continua como “desfavorable sin cambios”.

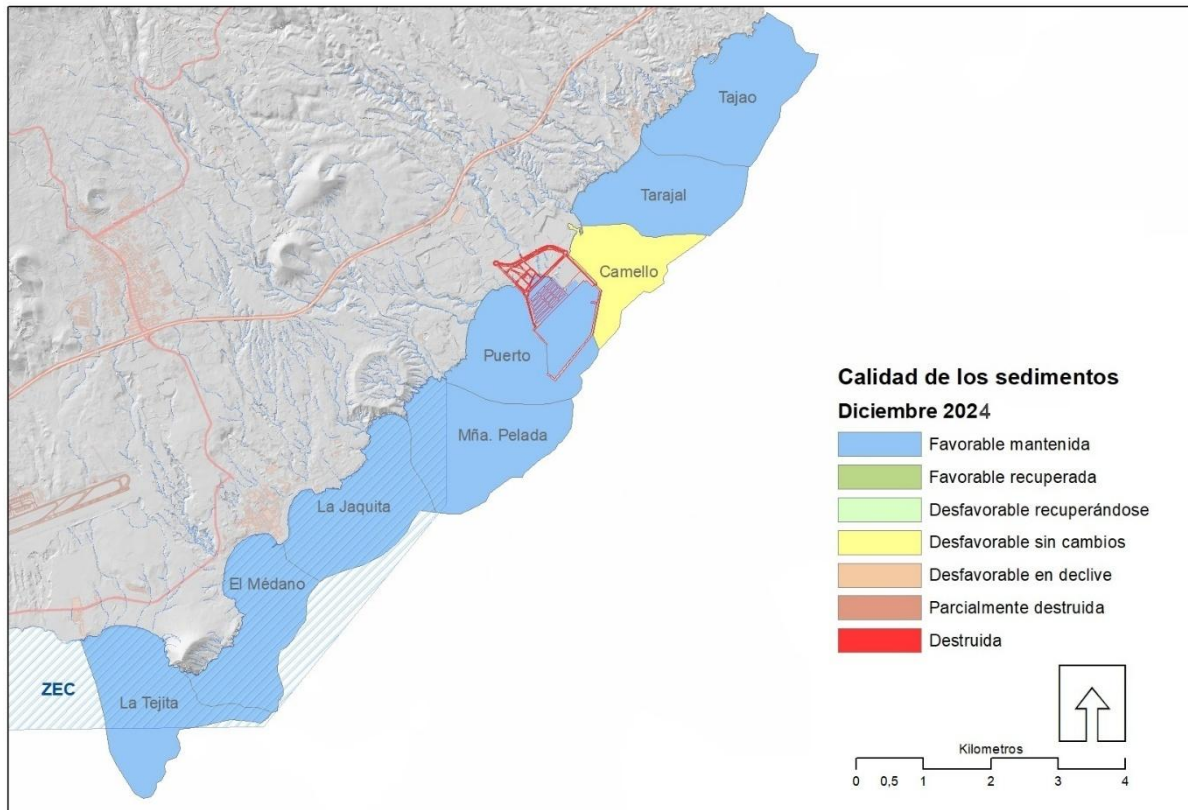


Figura 87: Mapa de calidad de sedimentos, a diciembre de 2024

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 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 88).

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.

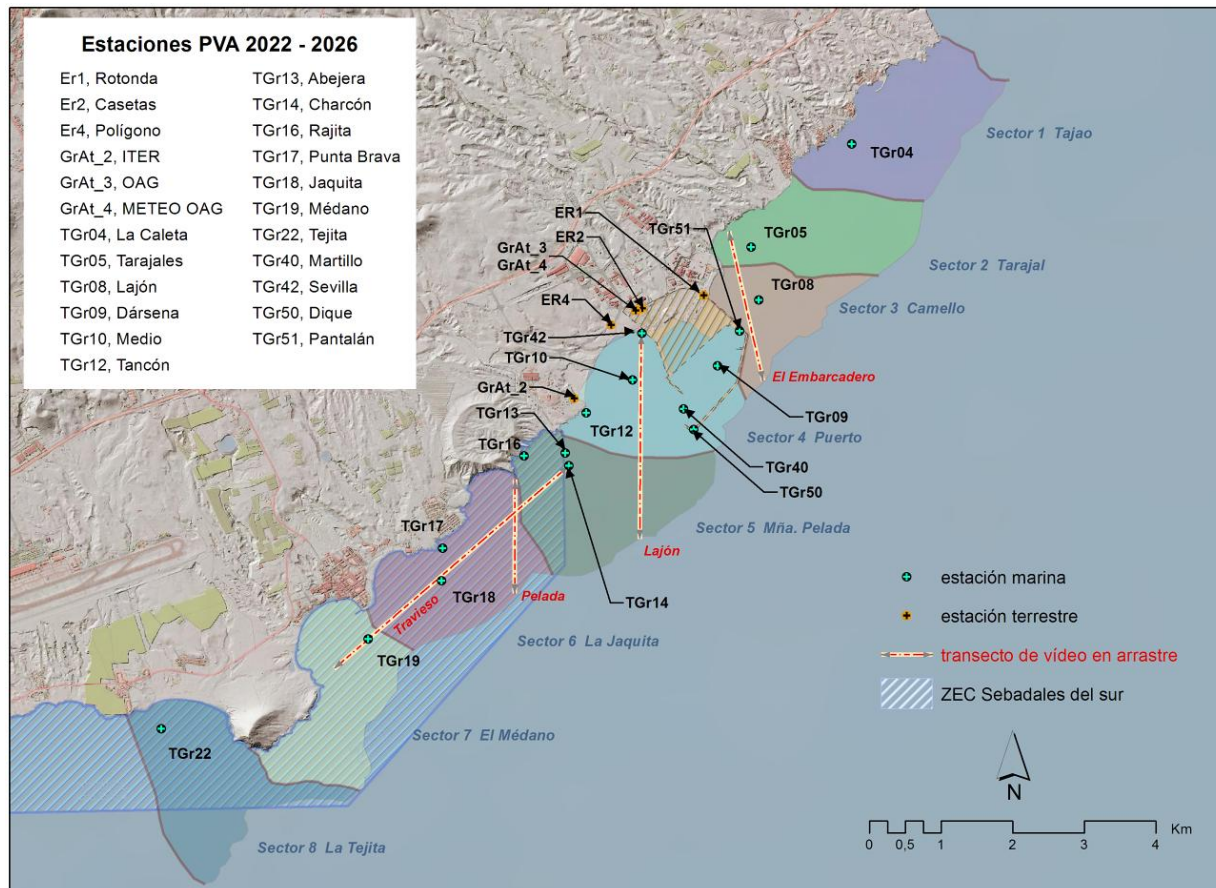


Figura 88: Mapa de estaciones y transectos de muestreo

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 remolcado El Lajón (TGr42). La estación TGr12 puede verse 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 desde el 2022 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.

La metodología utilizada fue explicada en el informe anual de 2022, que puede ser consultado en la web del OAG. Esta estrategia proporciona 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.

Resultados

En el anexo correspondiente se proporcionan mapas de los transectos bien reconstruidos, con la superposición de las respectivas delimitaciones de comunidades cartografiadas. En la Figura 89 se ejemplifican los diferentes estados y productos del proceso.

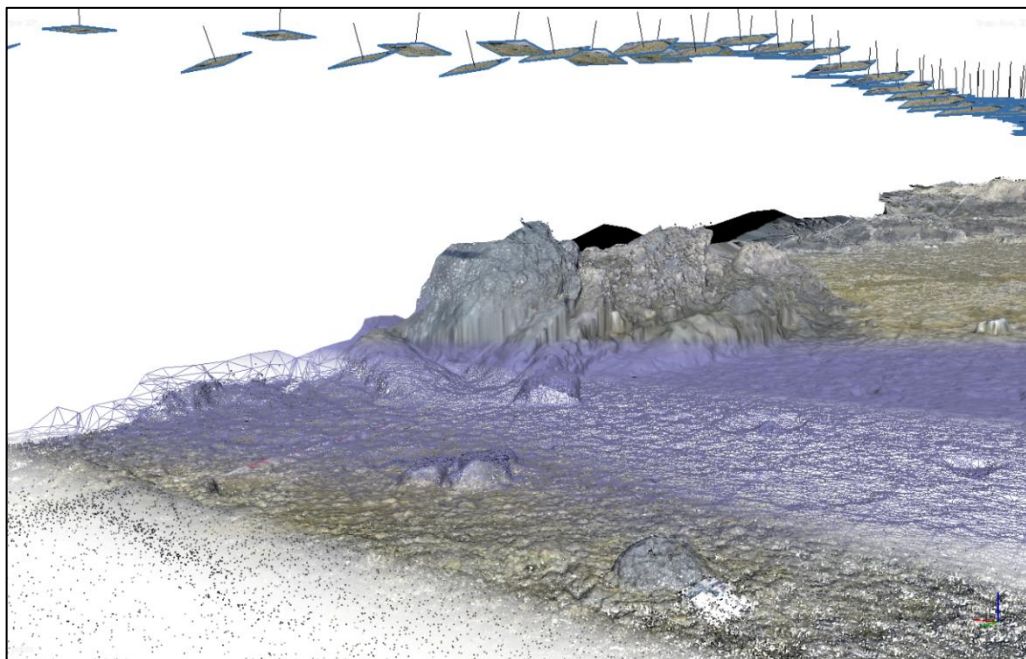


Figura 89: Fases de construcción del modelo 3D a partir de fotogramas extraídos del vídeo. Desde la esquina inferior izquierda hasta la superior derecha, nube de puntos, nube densa de puntos, malla de triangulación, modelo coloreado, modelo texturizado

Los resultados de la reconstrucción 3D y el cartografiado de los transectos de intermareal mediante la captura de vídeo en 2024 no ha tenido éxito sino en tres de los transectos y en distintas campañas. Los transectos bien reconstruidos son los de “TGr12b Tancón (ITER)” y “TGr16 La Rajita”, de verano, y “TGr17 Punta Brava” de invierno.

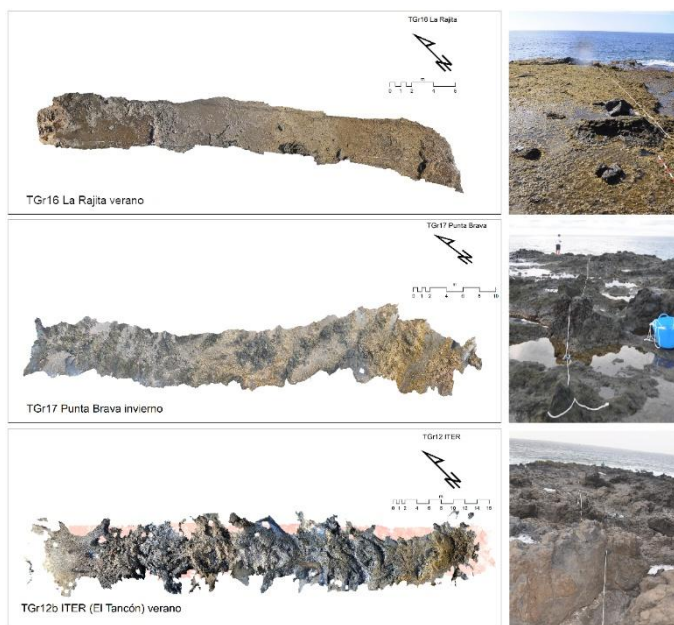


Figura 90: Reconstrucciones de los transectos de TGr16, TGr17 y TGr12b. A la derecha, una instantánea de las orografías.

En el anexo correspondiente se exhiben en mayor detalle las ortoimágenes generadas en el proceso. En ellas se pueden distinguir tres niveles de dificultad intrínsecas a la orografía de

En el anexo correspondiente se exhiben en mayor detalle las ortoimágenes generadas en el proceso. En ellas se pueden distinguir tres niveles de dificultad intrínsecas a la orografía de

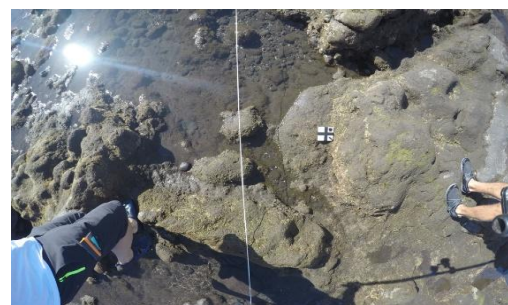


Figura 91: reflejos insidiosos que afectan al software de reconstrucción 3D.



cada transecto, pero en la Figura 90 se adelanta la información. El de La Rajita es prácticamente plano, sin obstáculos al progreso del personal mientras realiza la grabación, en tanto que los otros dos, y especialmente el de Tancón, exigen más atención al anfractuoso y resbaladizo terreno que a la posición y estabilidad de las cámaras. La Rajita tiene, además, la ventaja de ser una rasa elevada sobre el nivel de las olas, de manera que es posible acometerlo con mareas más altas y peores condiciones de mar. No obstante, otros factores influyen en la posibilidad de reconstruir el terreno, siendo el reflejo del sol en las superficies mojadas y charcos un enemigo importante, como en el caso de la imagen de la derecha (Figura 91), tomada en la TGr42, estación en la que, pese a estar al abrigo de la obra, se ve muy afectada tanto por el nivel de mareas como por los reflejos y la mala mar. En la Figura 92 se ilustra cómo queda afectado el modelo cuando las imágenes tienen estos problemas (a la izquierda y rotuladas con la palabra “MAL”) y cómo se comporta cuando no existen esas deficiencias (a la derecha). Se trata del transecto de Punta Brava en verano de 2024 (izquierda) e invierno de 2024 (derecha). Un caso como el de la izquierda requiere mucho tiempo de trabajo con incierto resultado para tratar de “enderezar” los modelos y en la Fundación se considera que, llegado el caso, es suficiente con la técnica clásica. No obstante, los materiales se almacenan por si en el futuro puede acometerse con nuevos métodos la reconstrucción, en aras de descubrir patrones y tendencias de cambio.

Sin embargo, tras estas campañas de adopción de la técnica y de los ensayos que el OAG sigue llevando a cabo, son las cámaras actuales las que introducen más complicaciones, pues introducen modificaciones en las imágenes que limitan la eficacia de los algoritmos del

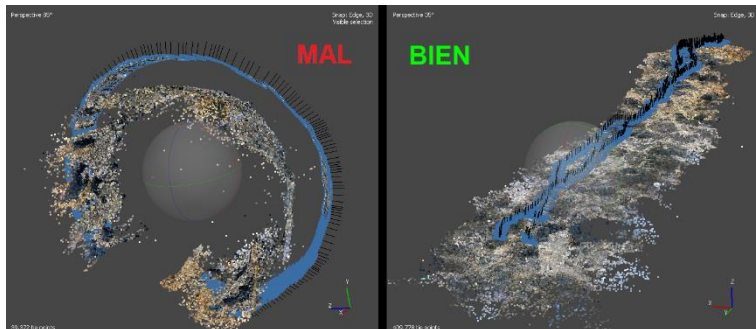


Figura 92: Reconstrucción defectuosa (mal) frente a exitosa (bien). En azul se representa la posición de la cámara al momento de la toma en cada instante.

software que se está usando.

Paralelamente, al ser éste un dominio tecnológico en constante y ferviente evolución, nuevos enfoques de *Deep learning* y técnicas de IA están dando cuenta de esas trampas que acechan con el uso de cámaras como las que actualmente emplea el OAG. No obstante, durante 2025 la

Fundación cuenta con nuevos modelos de mejores prestaciones y los resultados parecen más halagüeños. Es un campo de trabajo prometedor que resulta ideal para lograr un seguimiento completo en lo espacial y en lo temporal, además de ser objetivo y repetible, pese a que también presenta dificultades.

En otro orden de cosas, la interpretación de los recubrimientos para estos transectos y la clasificación de las imágenes por parte de un experto, que ya se hiciera para 2023, no se ha realizado en 2024 por falta de personal suficiente en el OAG.

Desde 2022, el patronato aprobó la cobertura de una plaza indefinida de biólogo marino, estando dotada presupuestariamente y que se viene solicitando al Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, a través de Puertos del Estado, desde entonces. Desde este ente público, en contra del criterio de independencia de la Fundación impuesto por la Comisión Europea, se solicita informe al socio mayoritario (Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife), que no lo emite. La carga de trabajo actual es tal, que la Fundación, a día de hoy, no puede garantizar que el puerto de Granadilla se construya y gestione de manera respetuosa con el medio ambiente, por lo que está estudiando las medias a tomar, para poder cumplir con su fin fundacional.

Por ello, este informe contará únicamente con la evaluación de las imágenes fijas que simultáneamente se toman durante el desarrollo de la campaña de transectos intermareales.

Dominio submareal

Por último, con respecto a los transectos realizados con escafandra autónoma desde 0m a -10m, se ha detectado que, en las partes de hábitat de roca, la comunidad algal fotófila está dominada por las algas pardas del género *Dictyota*, observándose también una comunidad íctica típica de este hábitat, con la presencia de especies como la fula negra (*Similiparma lurida*) y el pejeverde (*Thalassoma pavo*). Este paisaje rocoso es el dominante en todos los recorridos, excepto en el caso de TGr16 (La Rajita), donde la arena es el principal sustrato, por lo que las comunidades algales e ícticas son algo diferentes. Allí, la comunidad algal presenta una cobertura menor, aunque nuevamente las especies algales dominantes son del género *Dictyota* y, en el caso de la comunidad íctica en este hábitat arenoso, la riqueza y la abundancia son mucho menores que en un ambiente rocoso. Se representan estos transectos del dominio submareal en la Figura 93.



Figura 93: Mapas de los distintos transectos del dominio submareal que se muestrean con escafandra autónoma dentro del PVA.

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 m^2) 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 el actual 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 m^2) durante dos minutos, recuento que se ejecuta en 4 réplicas. La periodicidad de los muestreos es semestral. En el 2024 se realizaron en marzo y en octubre.

Dentro de la dársena portuaria se podrán realizar recorridos al azar mediante buceo autónomo, cámara remolcada 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

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

donde

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

A continuación, en la



Tabla 30 se muestran los resultados obtenidos en el primer semestre de 2024, el conocido como muestreo de invierno; y en la Tabla 31 se recogen los datos del segundo semestre, el de verano.

En general la zona presenta unos valores normales para las especies típicas de estos hábitats, siendo muy normal encontrar grandes cantidades de juveniles de pequeñas especies bentónicas en la estación TGr42 (al socaire del contradique) y pelágicas (TGr42 y TGr12).

Como se ha mencionado en otros informes anteriores, existe un importante impacto positivo en a atracción y concentración de pequeños pelágicos en la zona portuaria, tanto interna como externa, siendo más notable en la zona sur, al abrigo de los fuertes vientos y corrientes de la zona.



Esta es la forma más eficiente de mantener vigilada 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. Al inicio de la vigilancia del puerto con el primer PVA, se establecieron seis transectos que cubrían toda el área de control. Con la entrada del nuevo 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 realizar los transectos de Toscón (más al norte) y Bocinegro (más al sur), y se añade en la fase operativa, el transecto Travieso, ideado durante la campaña de 2017, cuya localización, batimetría y longitud permite la evaluación del estado ZEC *Sebadales del Sur de Tenerife* en el extremo más cercano al puerto (Figura 94 y Figura 95). En 2024, tanto en invierno (abril) como en verano (septiembre), se realizaron los 4 transectos estipulados sin contratiempos.

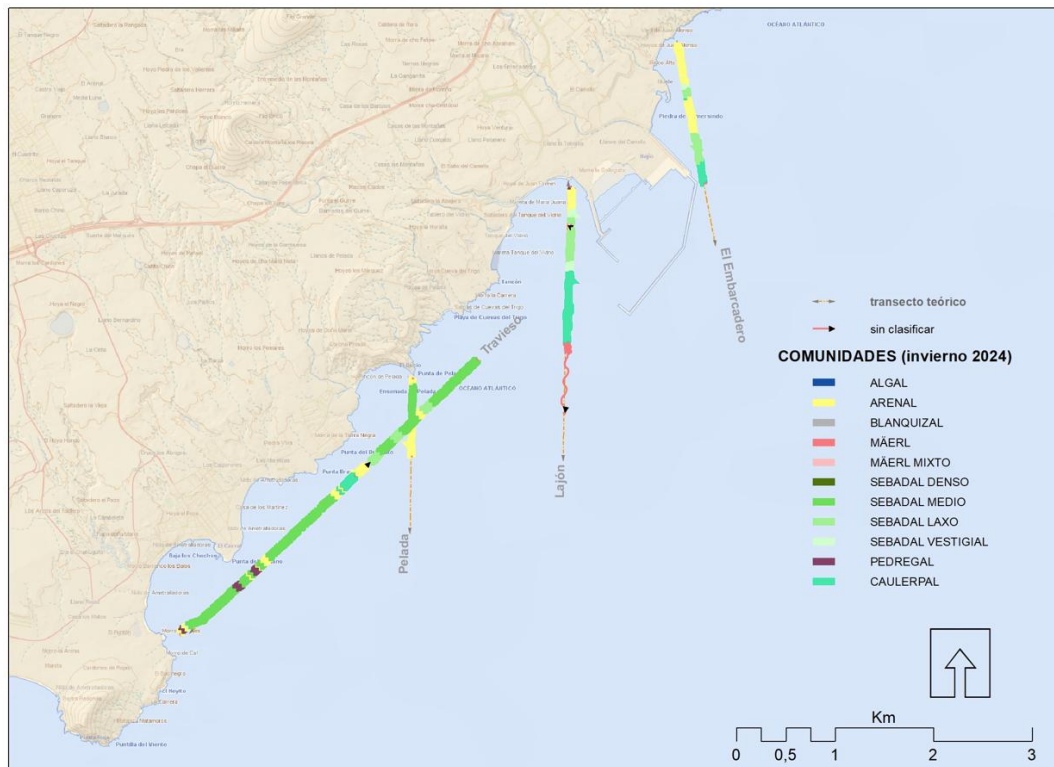


Figura 94: Transectos con su espectro bionómico: invierno de 2024 (abril)

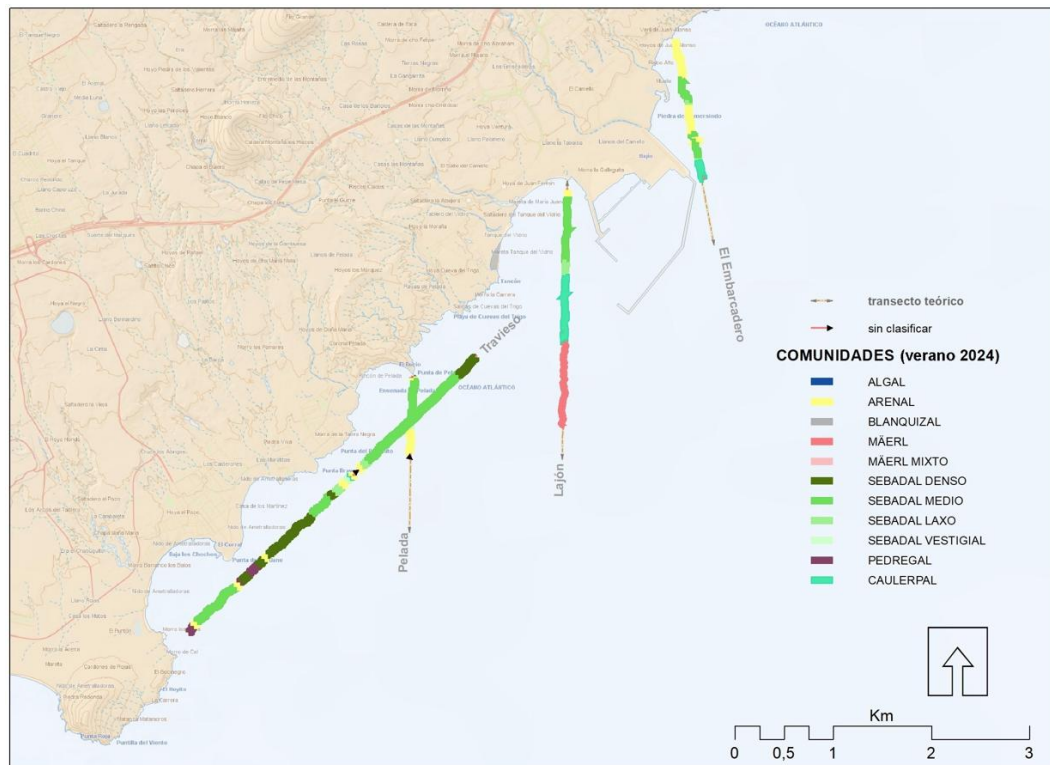


Figura 95: Transectos con su espectro bionómico en verano de 2024 (septiembre)

El muestreo se lleva a cabo mediante la grabación de vídeo con cámaras sumergidas, remolcadas desde la embarcación. Desde el año 2019 el OAG usa dos cámaras GoPro para la captura de vídeo, junto con una minicámara auxiliar C-Tecnics, modelo CT3015, que sirve para el control y pilotaje de la estructura y conseguir cubrir los transectos de una manera más ágil y rápida. Las cámaras van montadas en un patín que es remolcado desde la embarcación del OAG, el Avatar. La cámara auxiliar o “cámara guía” va conectada a un ordenador junto con un GPS que superpondrá las dos informaciones en un vídeo de referencia, visible en tiempo real por los técnicos a bordo. Se navega siguiendo el perfil preestablecido, desde la costa hasta alcanzar los -30 metros.

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 más profundas que -30 m se realizarán descensos controlados puntuales con la cámara.

El metraje colectado se interpreta en gabinete, clasificándose las comunidades vivas y los fondos por separado, para luego agregarlos según el esquema de hábitat adoptado. 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 recorridos en marzo-abril (fenología invernal) y en septiembre-octubre (fenología estival). En 2024 se realizaron los transectos de invierno en abril; y los de verano en el mes de septiembre.

Tabla 32: Tipos de hábitats bentónicos y su código

Sigla	Descripción
AL	Algar: Esta unidad y el blanquizal pueden coexistir sobre sustrato rocoso, y se prioriza por dominio visual en la imagen.
BL	Blanquizal: La inclusión del pedregal como otra unidad bionómica no es posible al no poderse observar el contenido infralapidícola.
AR	Arenal: Sustrato granular con predominio de contenido mineral.
SV	Sebadal vestigial: Brotes dispersos sin estar conectados aparentemente.
SL	Sebadal laxo: Son las densidades de las praderas más frecuentes, cuya diferencia e identificación está condicionada por la extensión a lo largo del transecto y del campo de visión.
SM	Sebadal medio: En ocasiones puede estar en maërl, y se prioriza la especie dominante en la imagen.
SD	Sebadal denso: Su presencia suele ser restringida y difícil de diferenciar del sebadal medio según la altura de la pradera y el ángulo de visión.
MA	Maërl: Se presenta con varios niveles de granulometría, de escasos cm de diámetro, denominados confites, y de varios cm en general de conformación redonda, denominados rodolitos. Ambos pueden estar vivos, de ligero color rosa, o muertos, de color blanco. En este apartado no se consideran otras especies de carácter vestigial.
MM	Maërl mixto: Aquí el maërl actúa como sustrato o hábitat de otras especies, vegetales y animales, de las que se pueden determinar en imagen unas siete especies: <ul style="list-style-type: none"> - SV/SL (Sebadal vestigial o laxo de escasa presencia) - HD (<i>Halophila decipiens</i>) - CP (el alga verde <i>Caulerpa prolifera</i>) - BV (el sabélido <i>Bispira viola</i>) - OC (presuntos montículos del equiúrido <i>Ochetostoma</i>) - SG (el erizo <i>Sphaerechinus granularis</i>) - AJ (la anguila jardinera <i>Heteroconger longissimus</i>)
C	Caulerpal: 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 Tabla 32.

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 96).

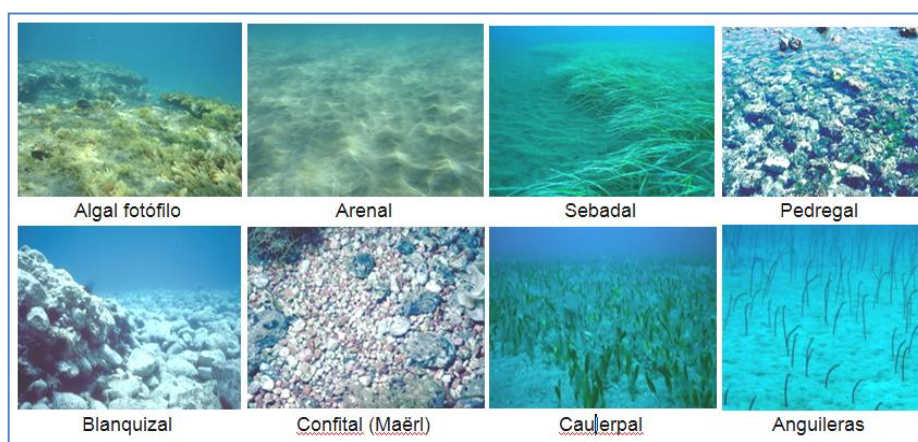


Figura 96: Aspecto de los distintos hábitats tipificados

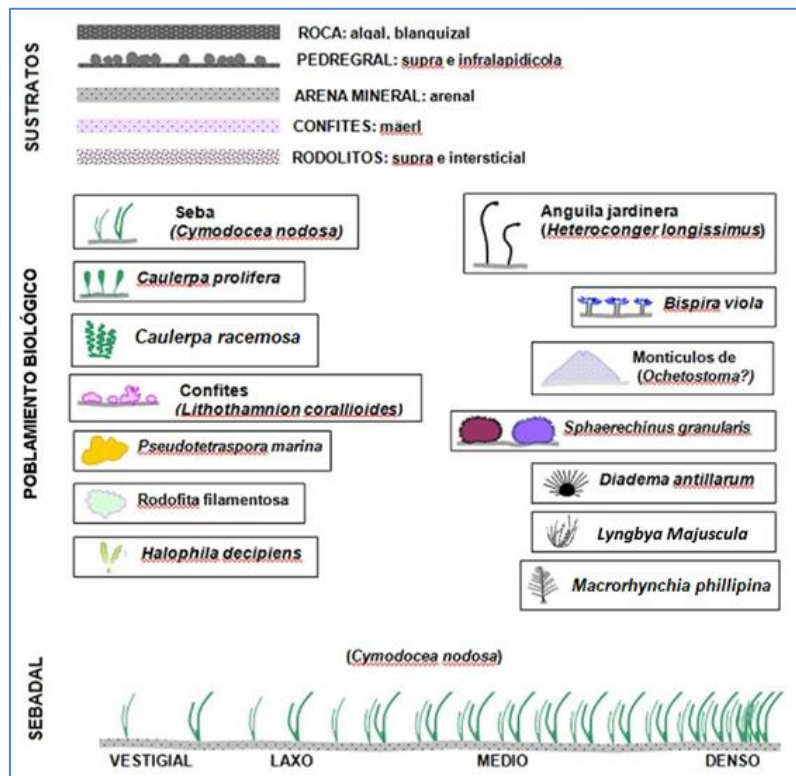


Figura 97: Simbología empleada en los diagramas bionómicos

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 97), 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.

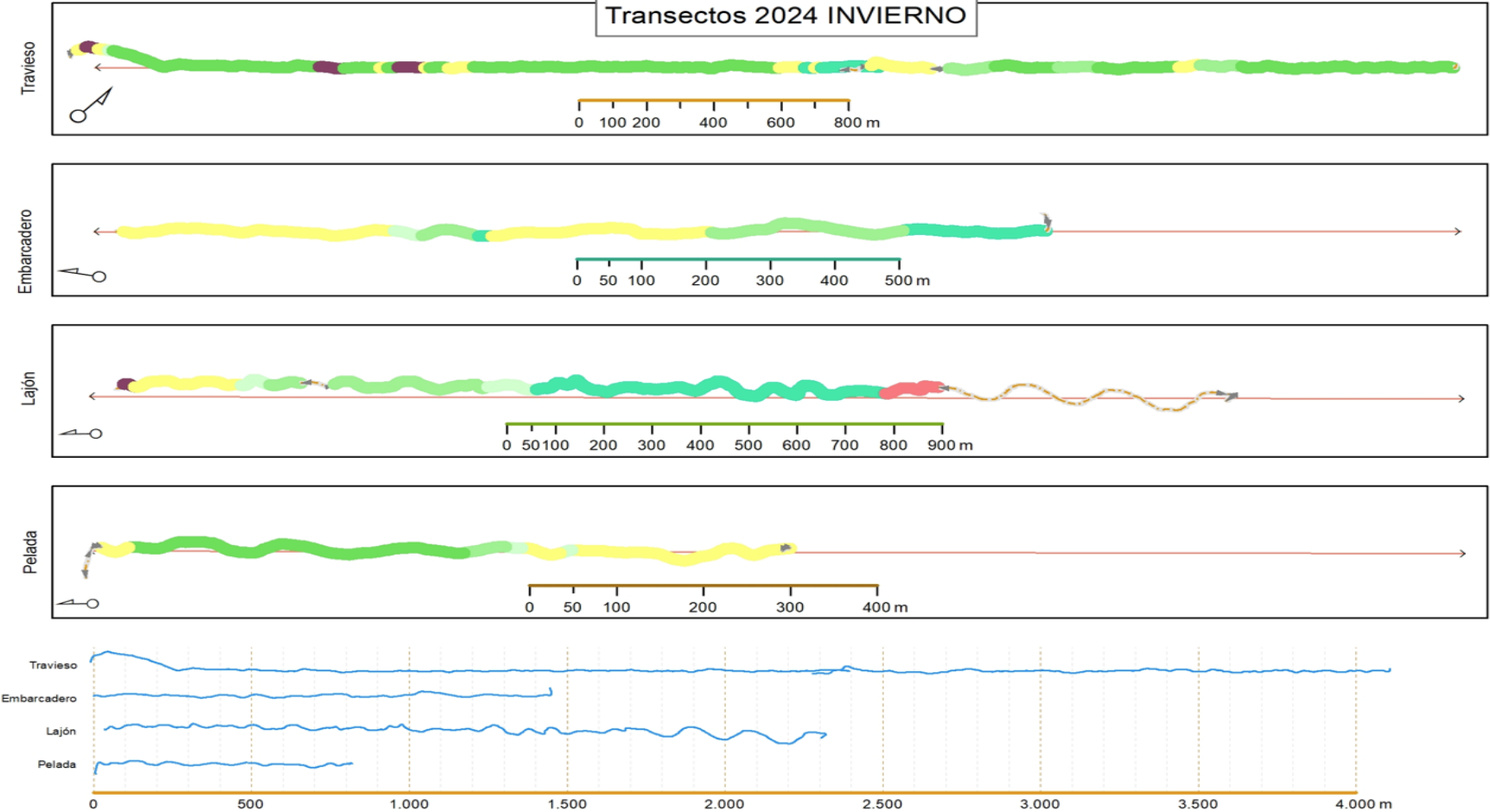


Figura 98: Clasificación detallada de los transectos. En azul, comparación de la longitud de los transectos (invierno 2024)

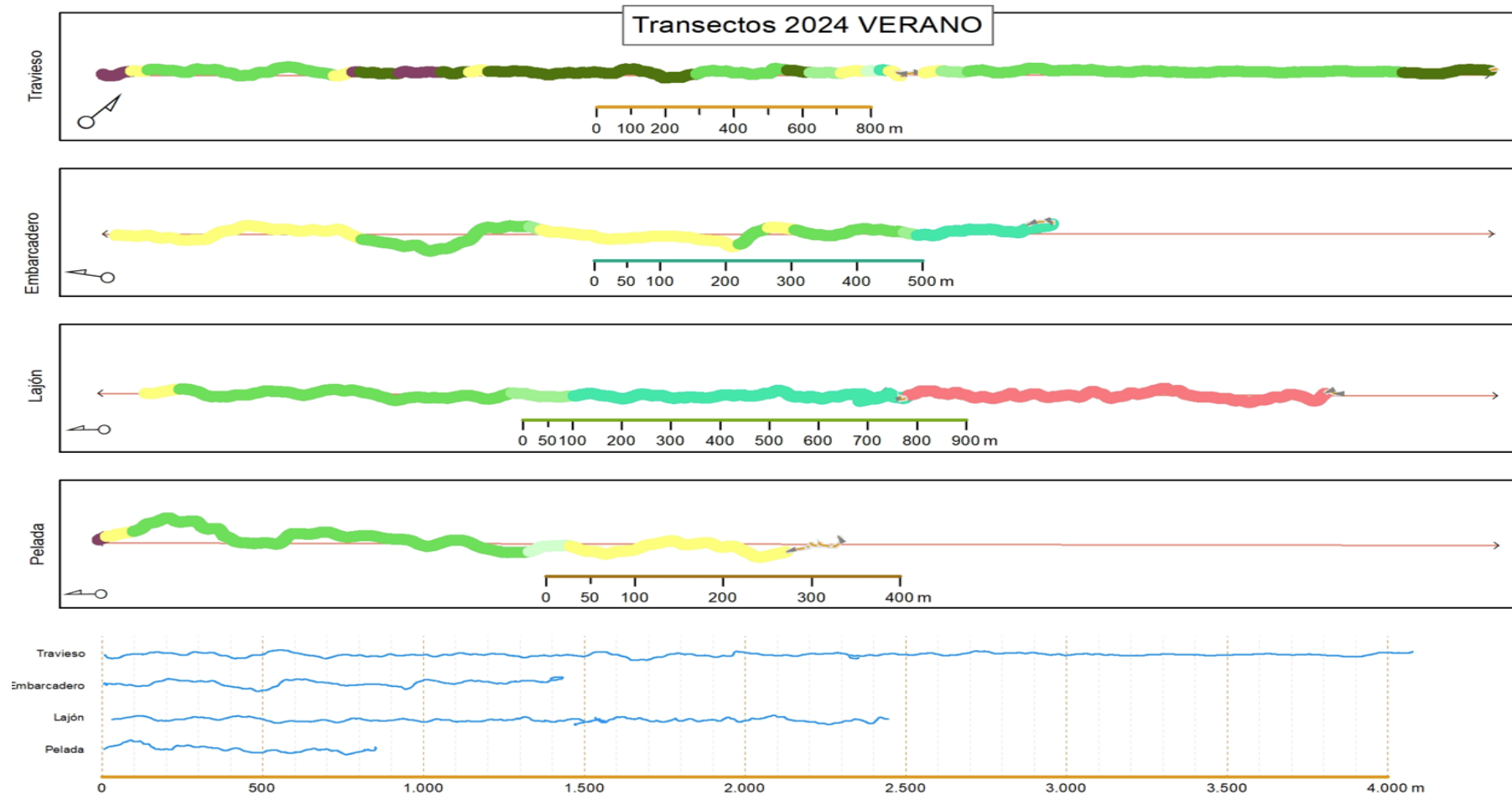


Figura 99: Clasificación detallada de los transectos. En azul, comparación de la longitud de los transectos (verano 2024)

Transecto Pelada (863 m, rumbo 180°)

El transecto, en ambas estaciones, hasta unos -20 m, continúa presentando sebadales de densidad alta 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 sebadal y comienza a aumentar progresivamente el contenido granular calcáreo de los arenales. También se comienzan a ver las anguilas jardineras.

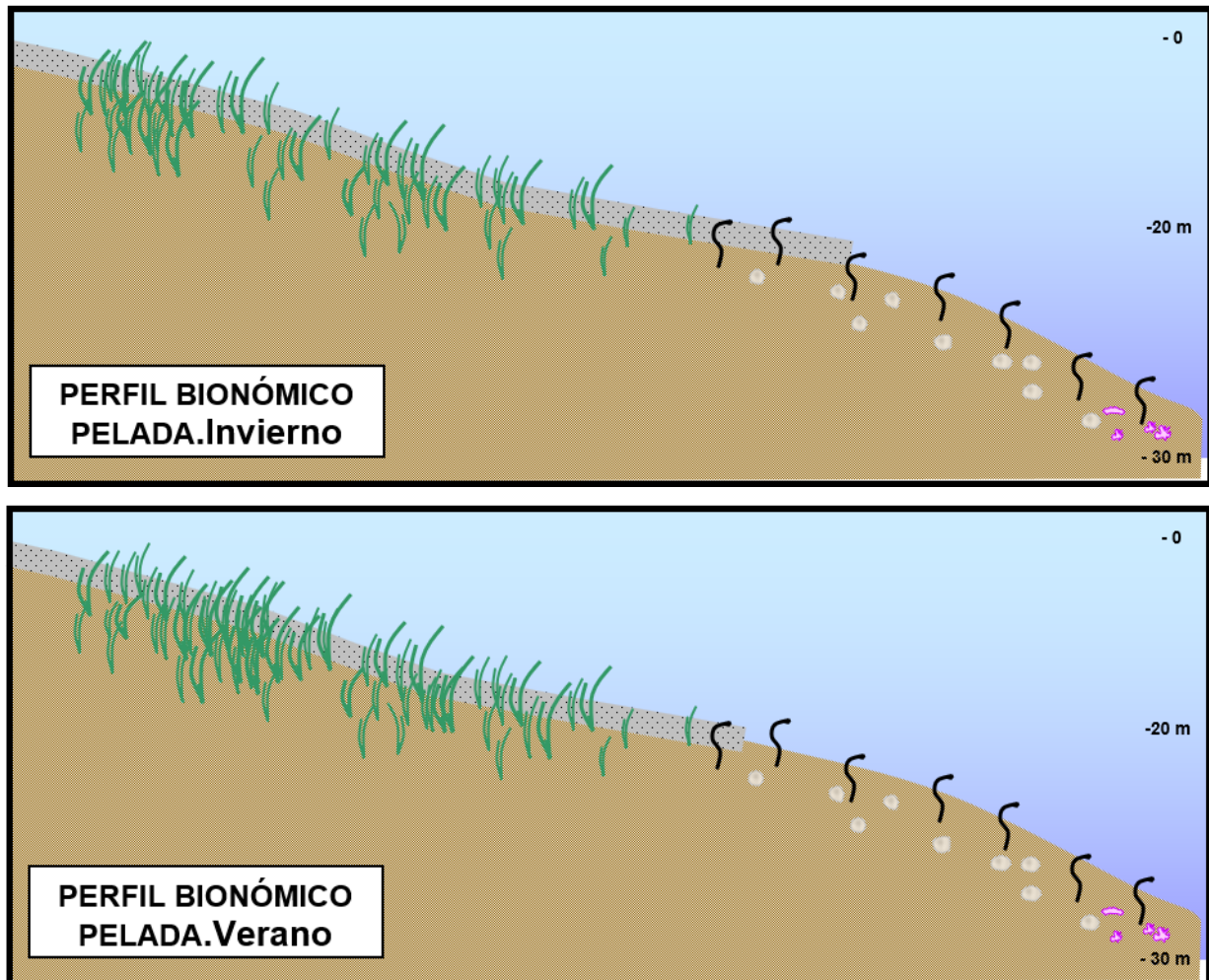


Figura 100: Transecto Pelada en 2024. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)



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, con los que comparte la ausencia de *Lyngbya sp.* Los sebadales 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, destacando *Lophocladia trichoclados*.

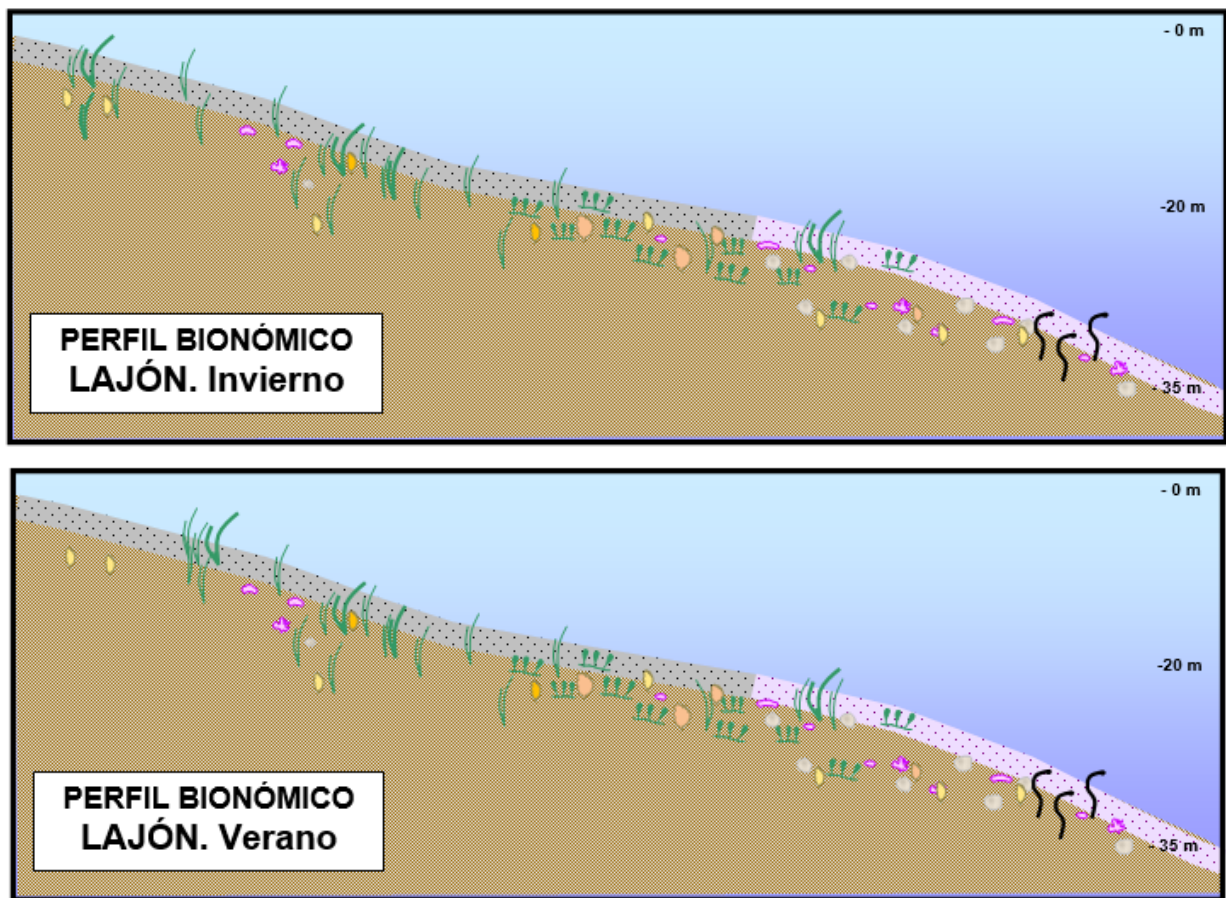


Figura 101: Transecto Lajón en 2024. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)

Transecto Embarcadero (1.400 m, rumbo 168°)

En las dos estaciones los fondos someros son arenas de amplias ondulaciones y desprovistos de seba. En noviembre de 2023 a diferencia de otros años, detectamos al inicio del transecto mayor superficie de pedregal detectado, quizás debido a una pequeña variación en el rumbo en el inicio del transecto, no así en 2024. A 10 m de profundidad comienzan a aparecer sebadales de densidades variables (laxas, densos y medios), intercalados con manchones de arena, hasta los -15 m, donde se inicia una llanura arenosa de gran extensión desprovista de seba en su mayor parte, con únicamente algunas *islas* de *Cymodocea nodosa* de densidad media y densa. Al acabar esta zona, a una cota de -15 metros, comienza un sebadal entre laxo y medio, terminando con un fondo de *maërl* fino con algunos pies de seba sueltos que llega hasta los 30 metros de profundidad y que presenta un extenso caulerpal ya desde los 25 metros de profundidad.

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

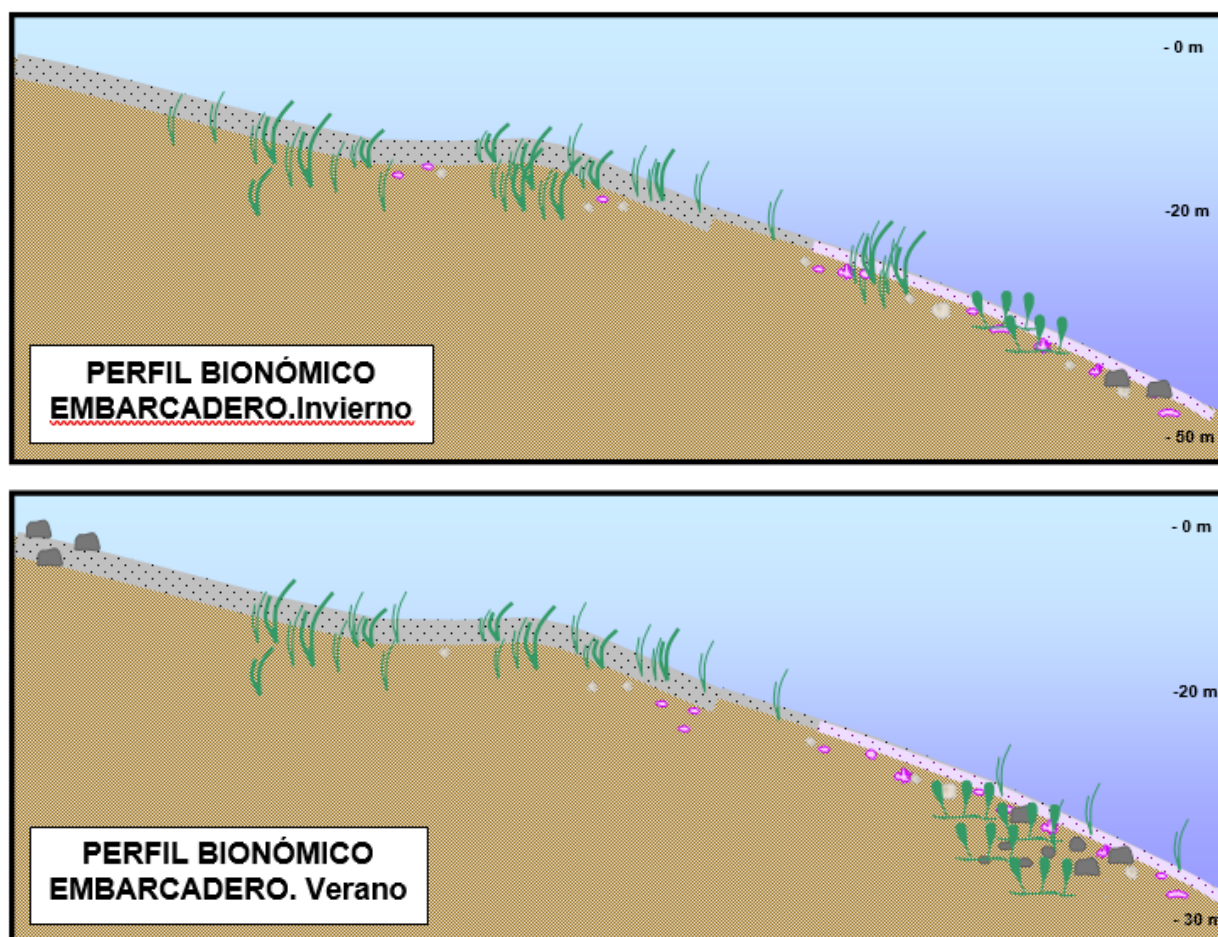


Figura 102: Transecto Embarcadero en 2024. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo)



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 remolcada, y no a variaciones reales en las comunidades (Figura 103).

Hay que tener en cuenta, como ya se ha mencionado, que las distancias a partir de verano de 2019 se acortan, llegando a la cota -30 m.

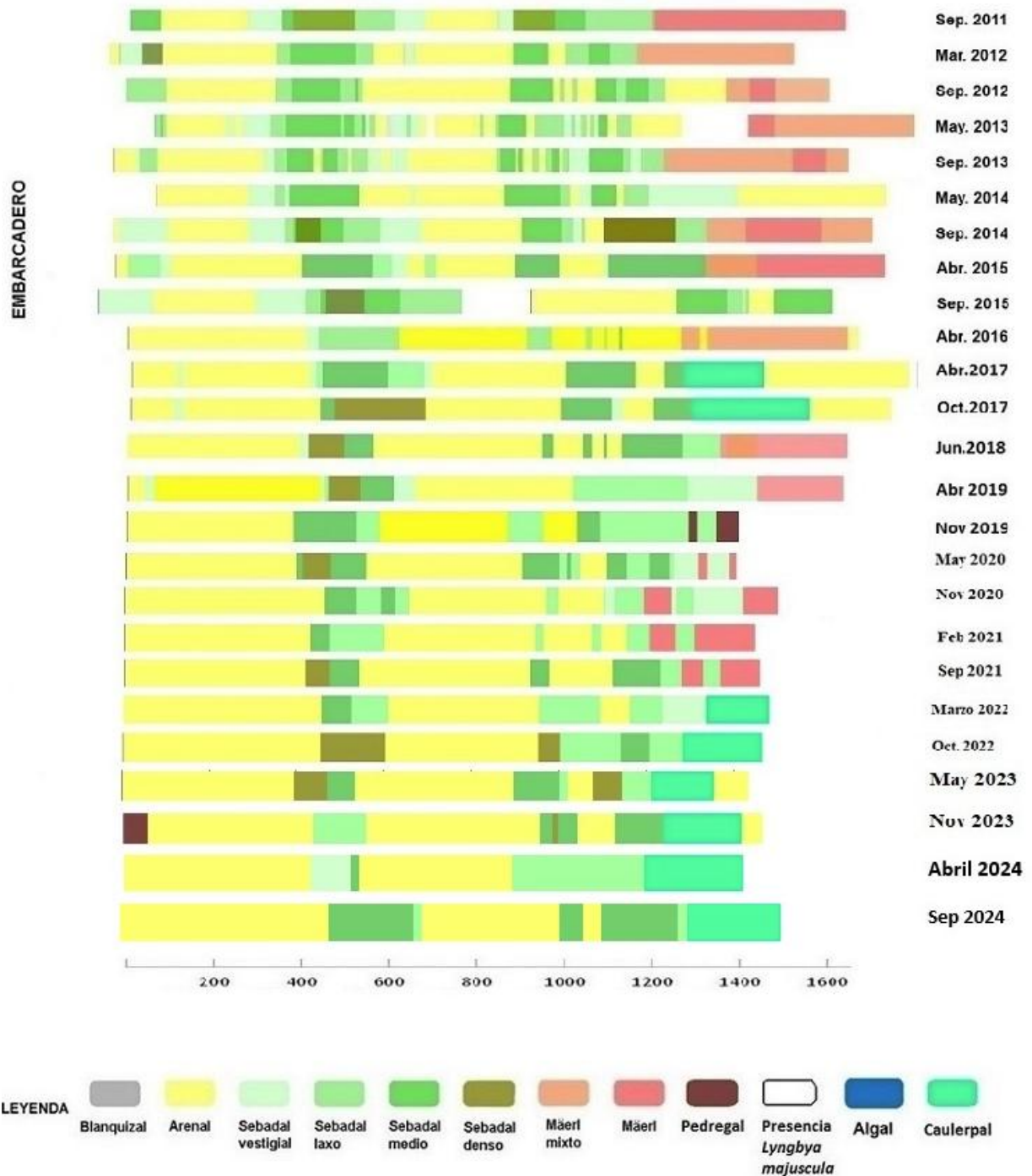


Figura 103: Espectros bionómicos del transecto embarcadero realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2024)

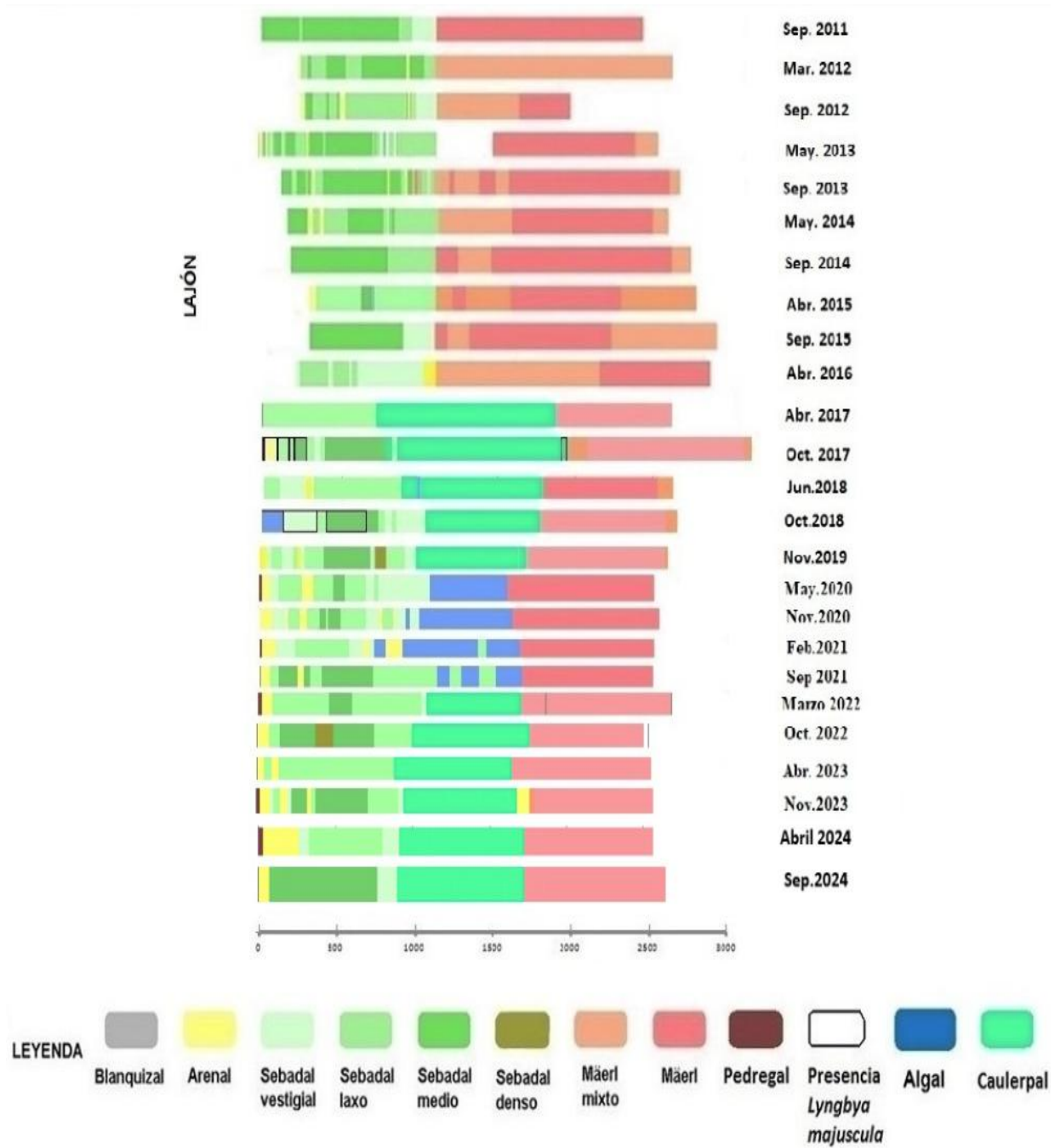


Figura 104: Espectros bionómicos del transecto Lajón al sur de Granadilla (2011-2024)

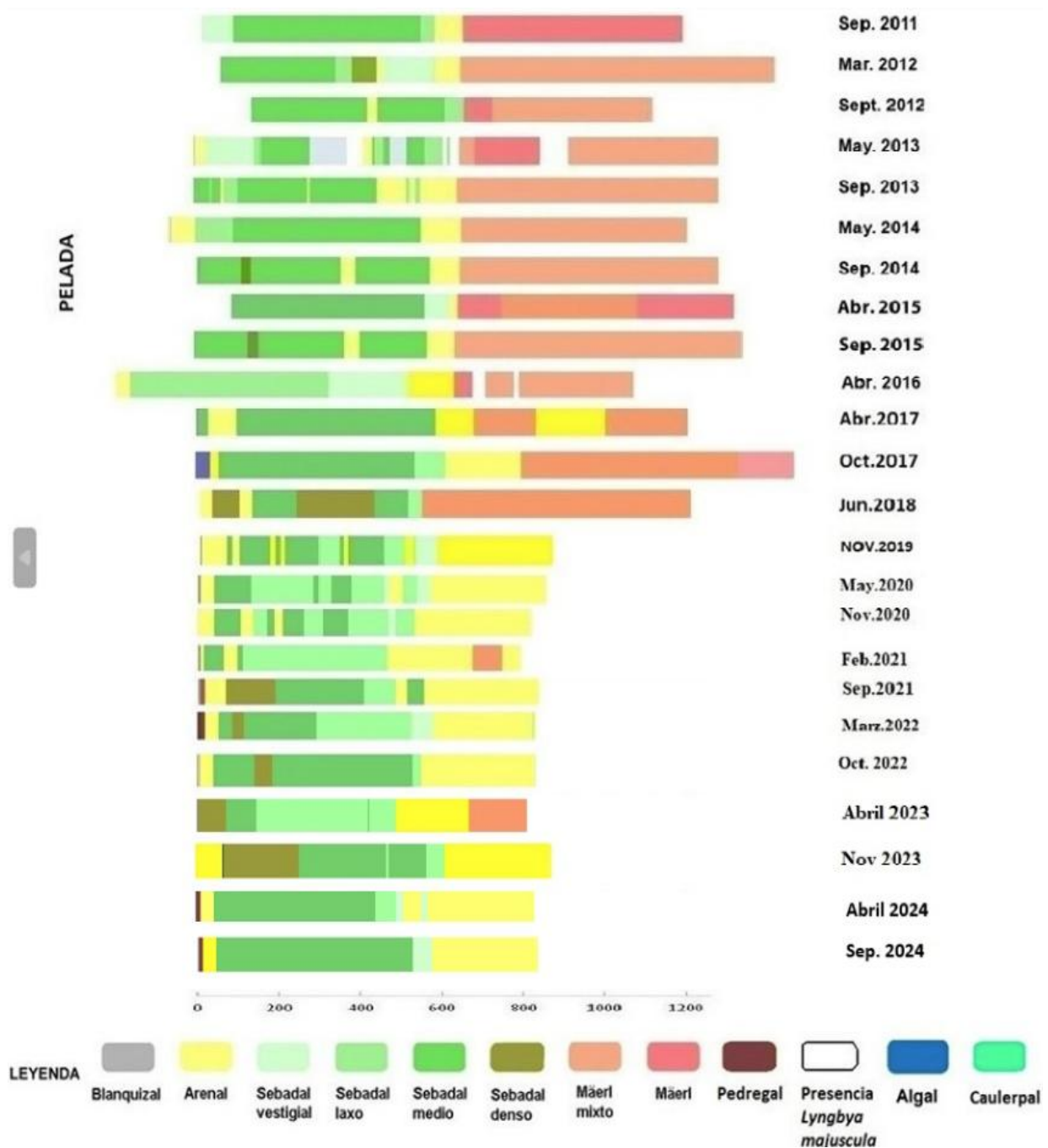


Figura 105: Espectros bionómicos del transecto Pelada al sur de Granadilla (2011-2024)

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 continuó en 2018, con la presencia, por ejemplo, de praderas densas en Pelada. Disminuyó en 2019 y después volvió a recuperarse en 2020 y 2021 y más aún en el periodo 2022-2024. No obstante, al comienzo del transecto de El Lajón, en octubre de 2018, pudo observarse un fondo algal de aproximadamente 100 m de longitud. Estas algas no



han sido detectadas en 2019 y sin embargo, sí se detectaron en 2020 y, en menor medida, en el segundo semestre de 2021, una extensión de algal en medio del transecto. A partir de 2022 este fondo algal en medio del transecto fue catalogado como Caulerpal, ya que la presencia de esta alga es mayoritaria, frente a la seba. En este fondo tampoco se ha encontrado *Lyngbya sp.*, observada únicamente en el año 2018. El caulerpal reconocido en el transecto del Lajón en torno a los 900 m, detectado de 2017 a 2019, apareció nuevamente en el año 2022 y continúa su presencia hoy.

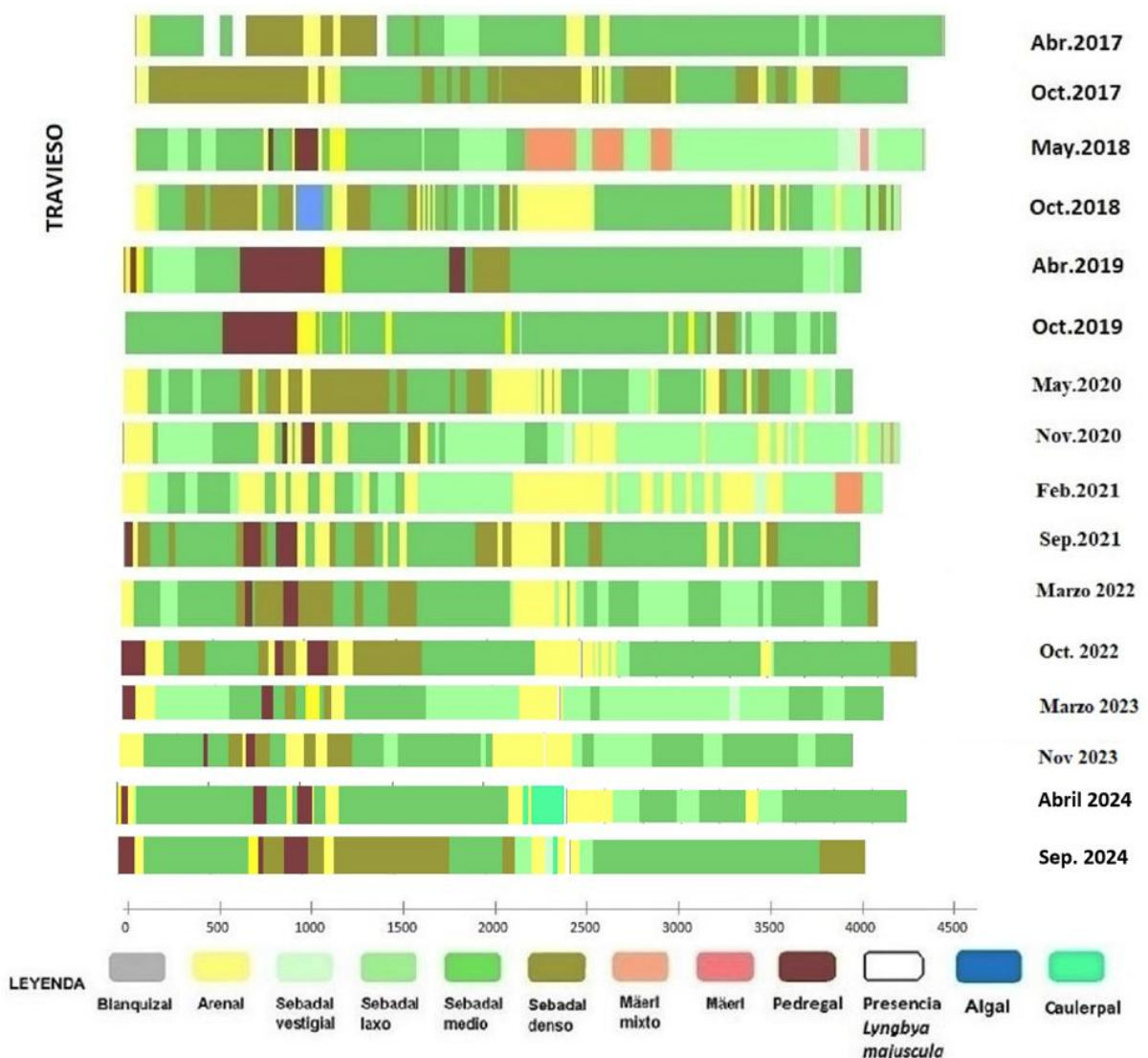


Figura 106: Espectros bionómicos del transecto Travesio (2017-2024)

El transecto Travesio, definido por primera vez en 2017, está constituido casi en la totalidad de sus 4500 m de longitud, por sebadales de distinta densidad. En comparación con la referencia del 2017, los sebadales parecen haber disminuido ligeramente en densidad. Entre los 600-1000 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 (costado hacia la costa) y al otro lado (costado mar adentro), el fondo de arena con los seadales de distinta densidad. En este año 2024 sigue misma dinámica que años anteriores, con una extensa zona de sebadal denso en verano de 2024.

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 haya. 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 obtienen 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* ²¹

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

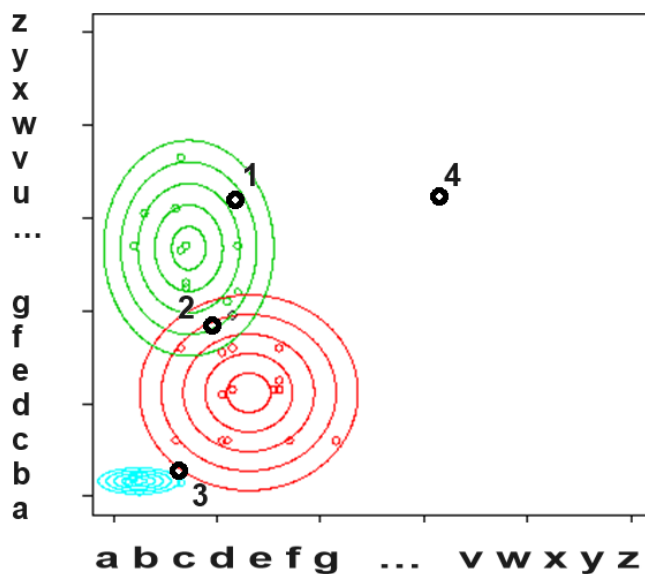
²¹ (*) (hasta profundidades de 25-30 m)



defectos que sistemáticamente presentan, como un bandeo parásito). 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 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.

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 ande en torno al 90% de parecido, 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 mostrada se observa 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 o 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 en el OAG se ha ido incrementando el número de clases tratando de exprimir los algoritmos que, diseñados para poder representar mejor la diversidad de las formaciones bentónicas y así conocer un poco más 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 33.

Tabla 33: Tipologías bentónicas anteriores a los nuevos algoritmos y actuales

Hasta 2022	Desde 2022
Algal	Algar
Arenal	Arenal
Blanquizal	<i>Blanquizal - pedregal</i>
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) ²²
Caulerpal	Caulerpal
Aguas turbias o fecales	Agua sucia, fangosa o limo

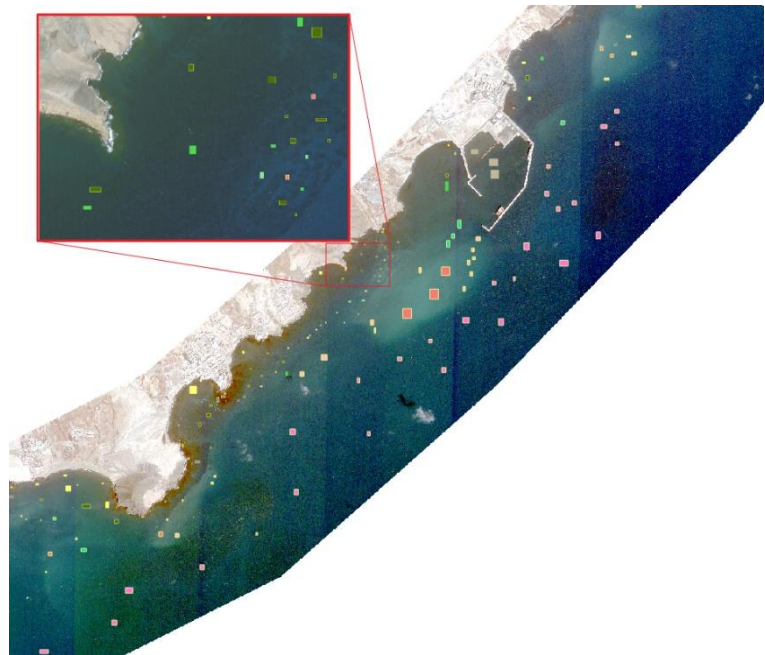
En la actualidad existen multitud de métodos para la clasificación de datos de teledetección. Los métodos no supervisados no necesitan una etapa preliminar de entrenamiento, pero sus precisiones son peores por lo que habitualmente se utilizan clasificación supervisada.

²² En 2024 se añade esta clase que no se obtiene mediante análisis, puesto que en los últimos algoritmos provoca conflictos con las demás.



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*)²³ y KNN (*K-Nearest Neighbor*)²⁴, 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 107 se ven 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 trabajo es defendible hasta profundidades de 25-30 m.

Figura 107 Recintos de entrenamiento para el proceso de clasificación. En esas regiones existen ejemplos conocidos de los sustratos para los que se quiere entrenar al software

²³ 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.

²⁴ 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.

Como cierre a este preámbulo, ya comentado en informes anuales anteriores, 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 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 dejarse de reflejar en este informe que este trabajo de investigación ha generado material destinado a una publicación de un artículo en una revista del ramo de la teledetección (*Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (JAEOG)*), 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.

Las editoriales que publican artículos científicos requieren que los contenidos sean inéditos, de manera que por el momento será imposible incluirlos en este informe anual a pesar del interés que tiene para conocer cómo evoluciona la biodiversidad en el área del Puerto de Granadilla.

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 29 de octubre 2023.



6.6.3.3 2011

Como situación de referencia se emplea mapa reelaborado con la imagen del 1 de diciembre de 2011 (Figura 108), 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 imagen. En el mapa de 2011 se señaló 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.

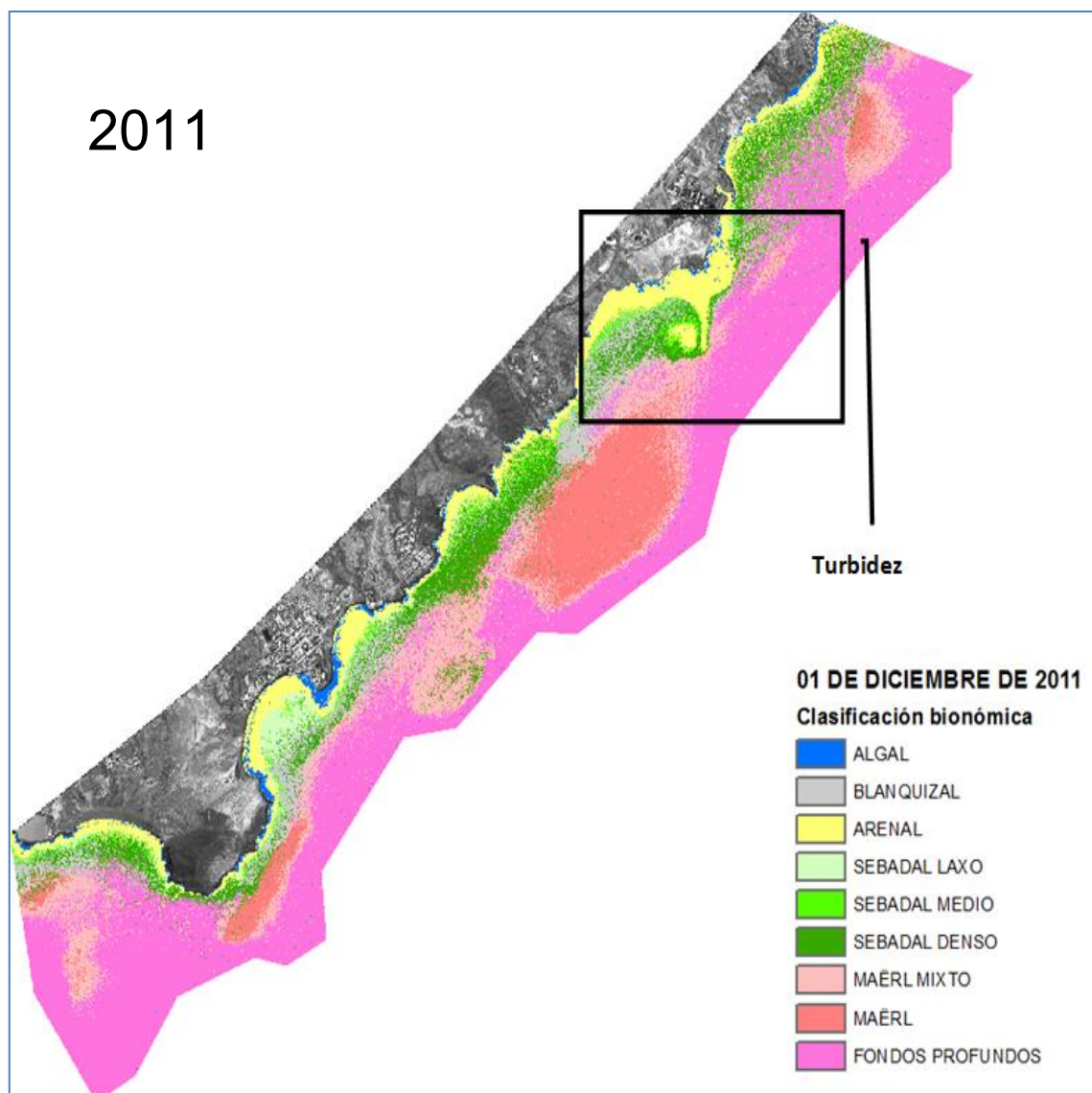


Figura 108: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)

6.6.3.4 2013

En 2013 (Figura 109), las zonas no afectadas por las nubes o la turbidez mostraban algunos cambios en la densidad del sebadal: por ejemplo, menos denso en la zona de La Tejita, y más denso en el tramo de Montaña Pelada o El Médano, a medida que se aproxima al puerto, apreciación coherente con el estudio detallado del sebadal recogido en el informe final de 2013, que reflejaba un aumento de densidad y longitud de hoja en varias zonas, atribuido a la presunta fertilización derivada de los vertidos de las obras. El algar fotófilo también parecía haberse desarrollado más ese año, descartando la sección al norte del puerto (afectada por nubes). En el maërl no se apreciaron mayores cambios.

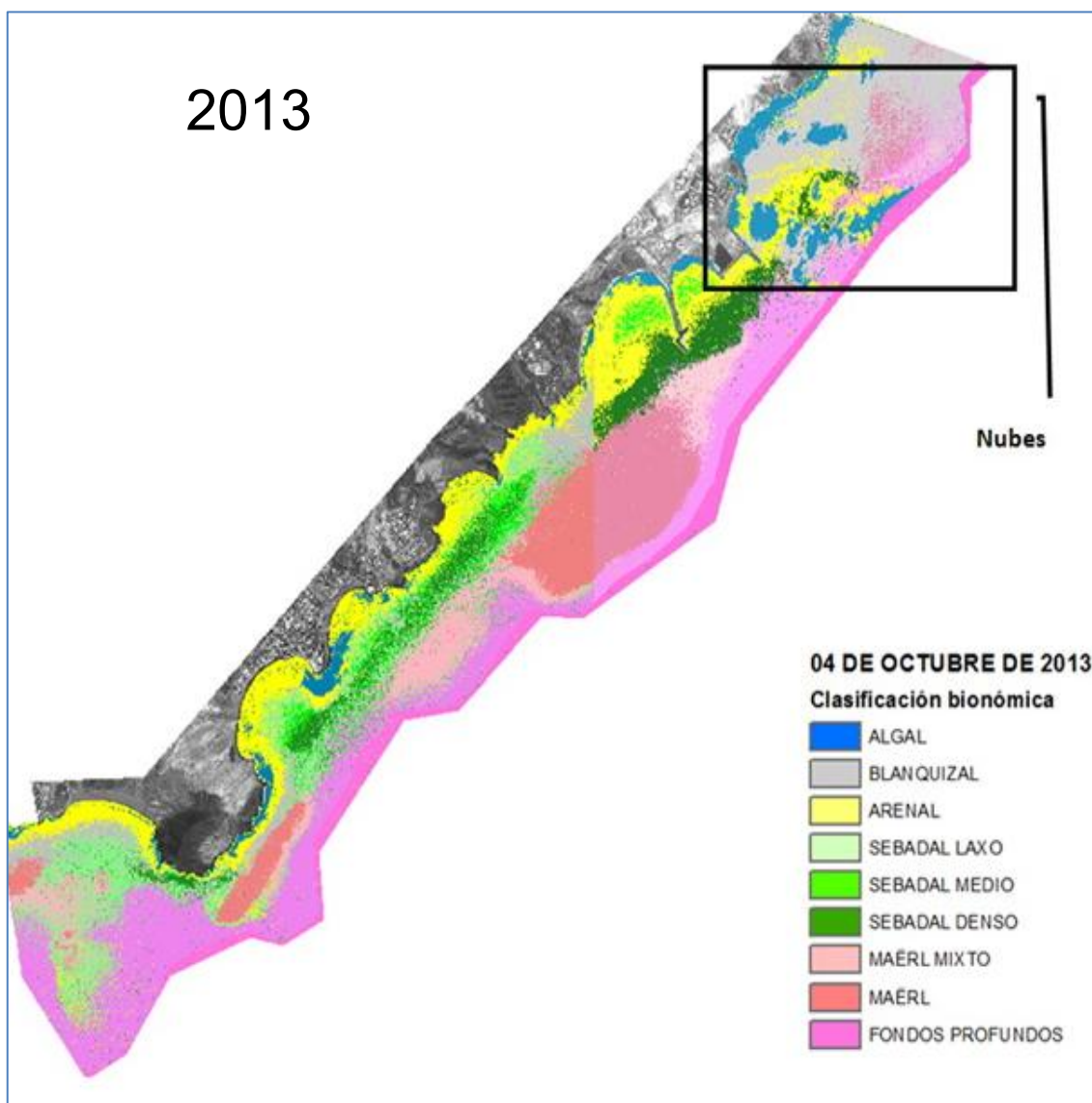


Figura 109: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG)



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 seabadal denso y laxo, salvo por fuera del puerto, donde disminuía considerablemente (ver Figura 110). 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.

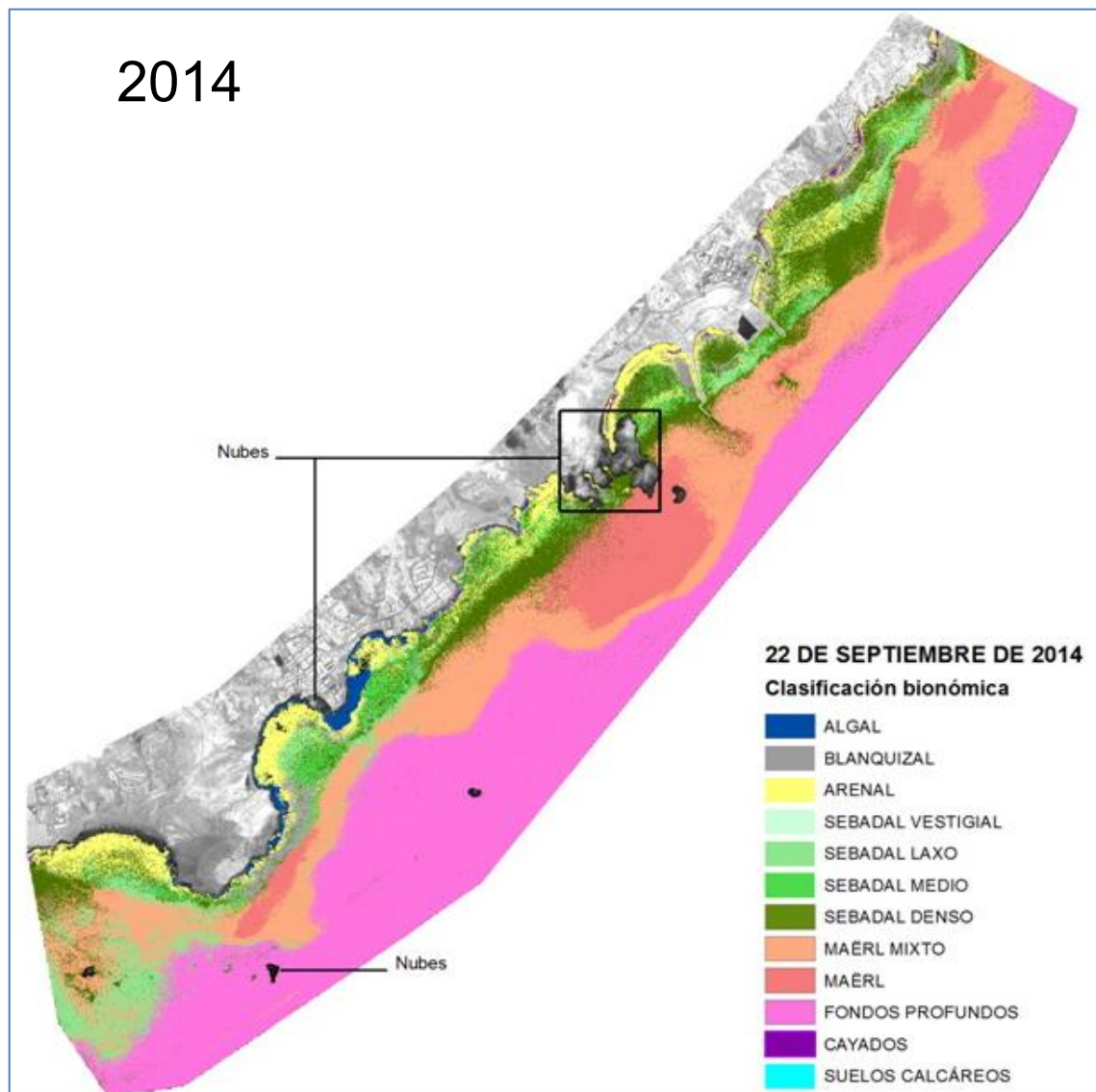


Figura 110: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG)

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. No obstante, en 2015 el seabed 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, como se ve en la Figura 111.

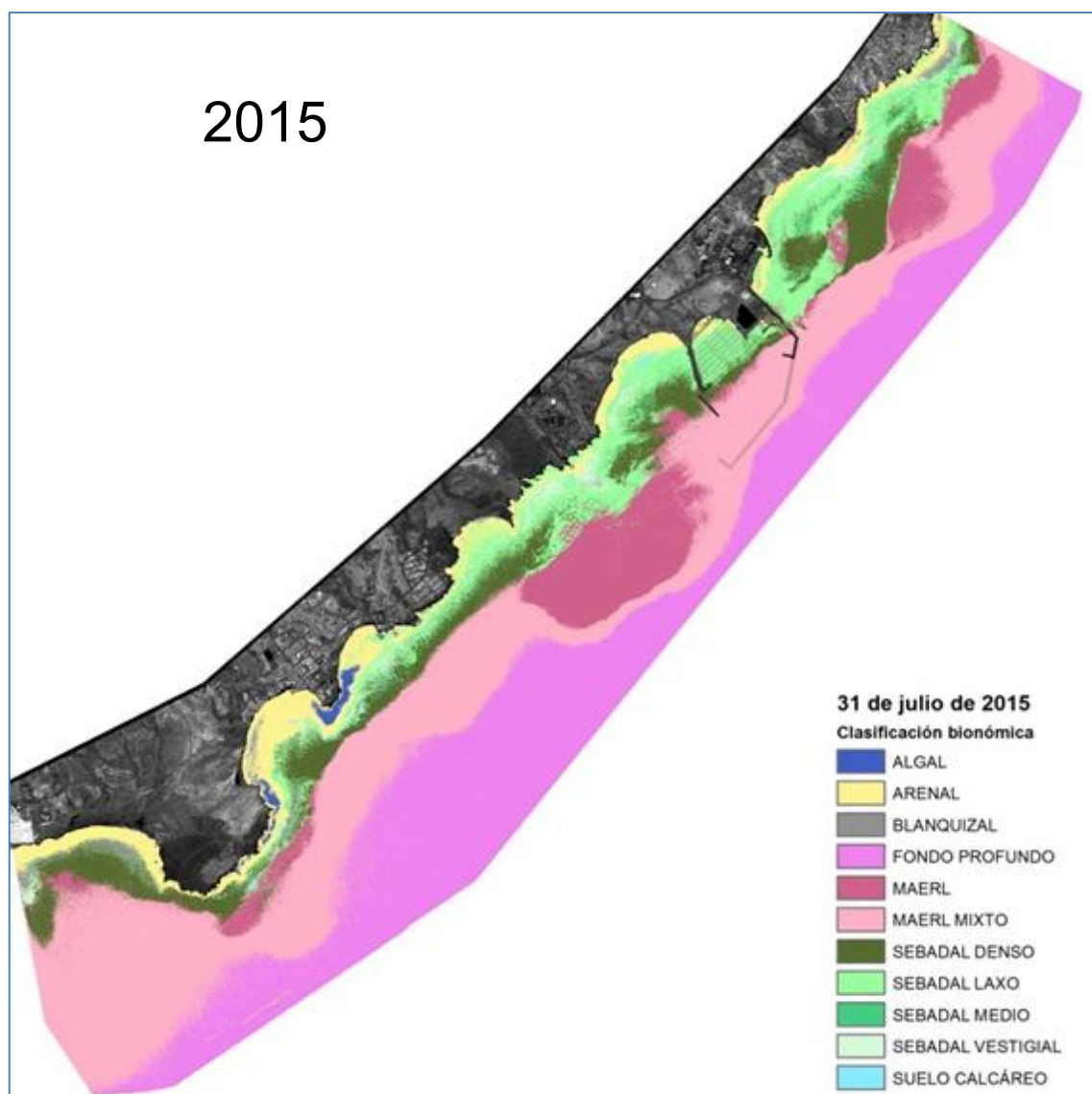


Figura 111: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG)



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). En ese ejercicio se realizó una inspección del bentos en lugares concretos para ayudar en la interpretación de la imagen de satélite, ya que hubo que desechar los índices digitales del bentos que se venían empleando al verse afectados por la presencia de humo en la atmósfera, limo, y por oleaje superficial. Finalmente se analizó con la técnica iterativa previa a 2015 (25 repeticiones del análisis) hasta conseguir un resultado razonablemente coherente con los diferentes muestreos (Figura 112). 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 seabedal (le roba intensidad) y es muy posible que la merma en densidad registrada, que llega hasta Tajao, sea en parte engañosa.

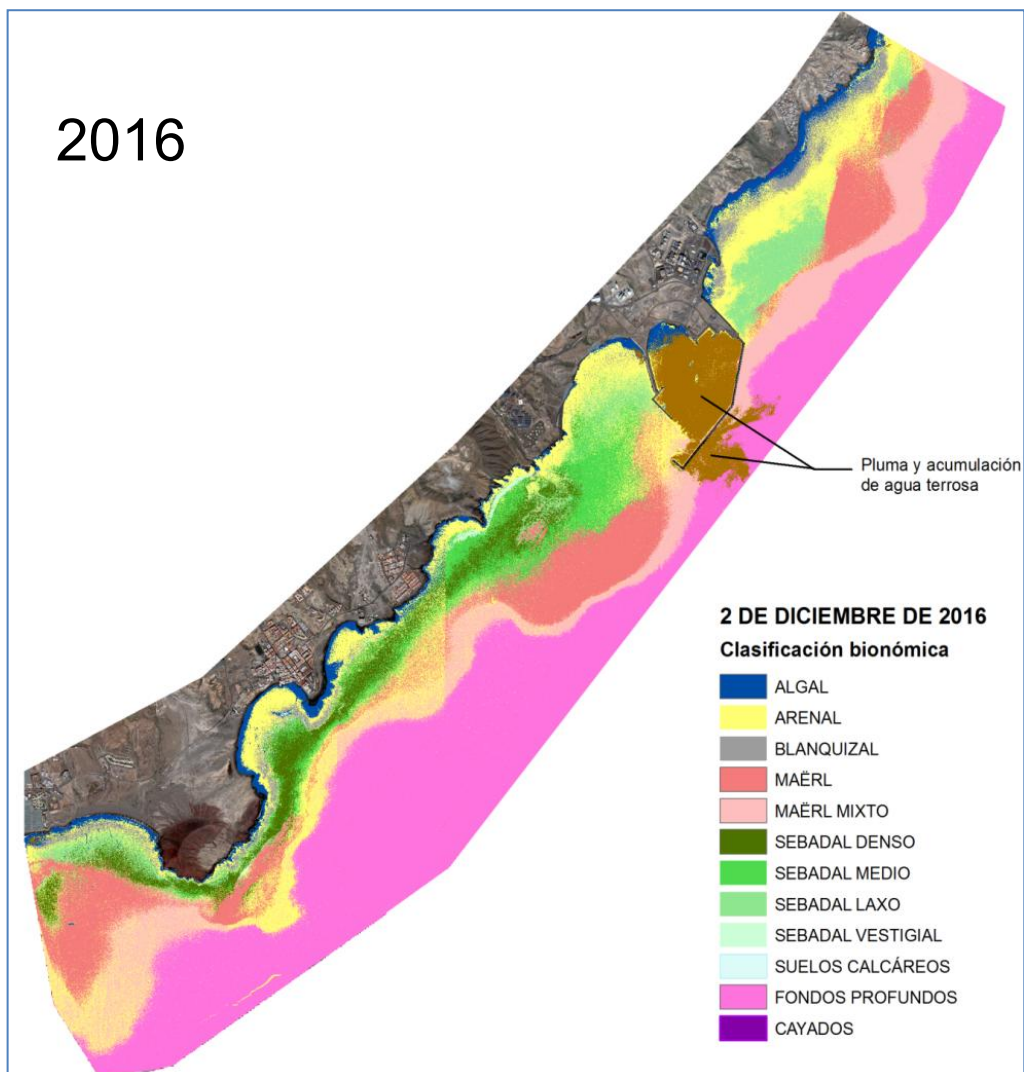


Figura 112: Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG)

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 ha elaborado 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 113).

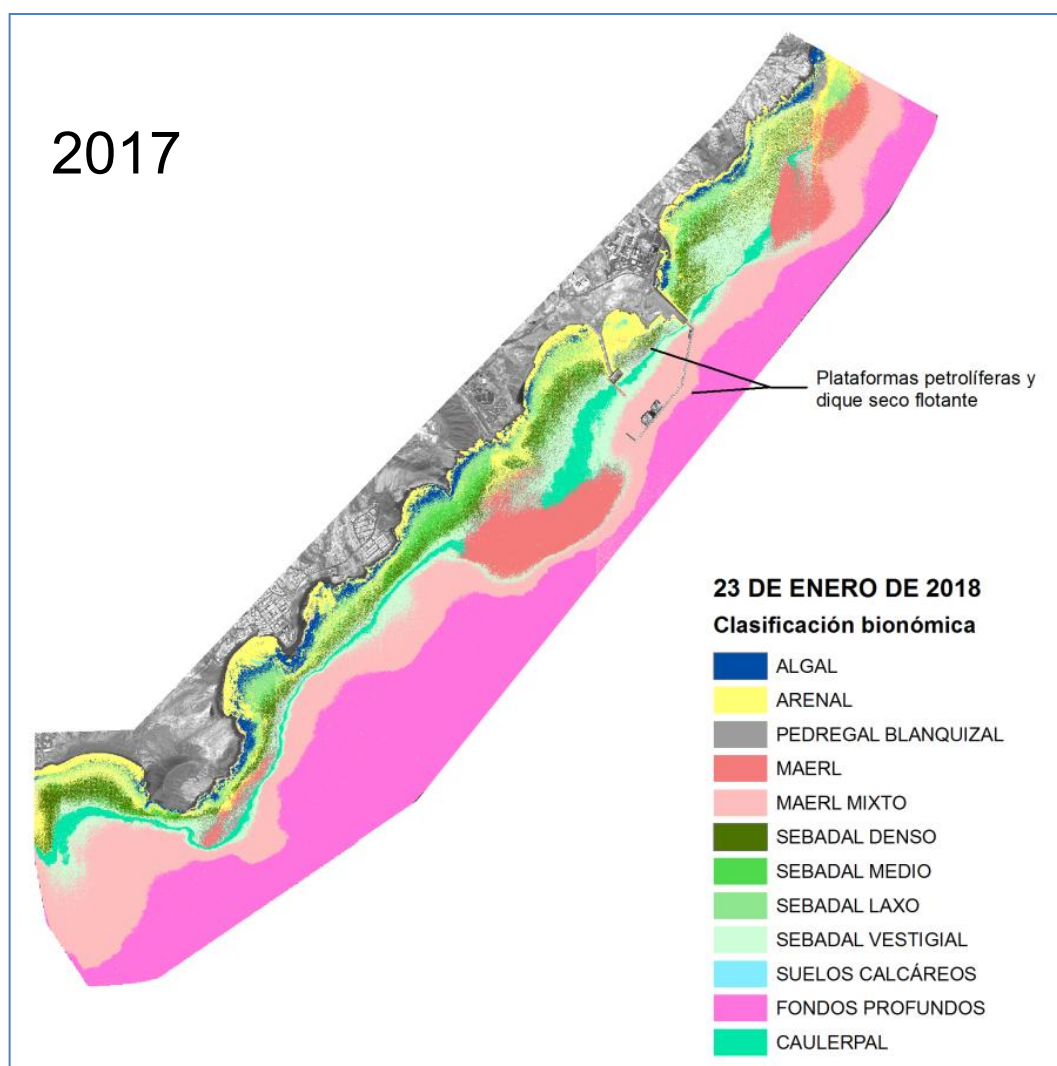


Figura 113: Mapa bionómico de “2017” (a partir de imagen del 22 de enero de 2018. Fuente OAG)

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



futuro tras haber sido alterado su hábitat por completo. En 2018, sin embargo, el análisis de las imágenes satelitales arroja un resultado más halagüeño para *Cymodocea*, que muestra una cierta recuperación en la parte norte y en la ensenada de La Tejita. Al menos en extensión. Pormenorizadamente se recoge en la Tabla 34 el resumen de las clases de sebadal en los años 2016, 2017 y 2018.

Tabla 34: Extensión y diferencias anuales (2016 a 2018, en ha) de las clases de comunidad de *Cymodocea nodosa*

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

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

6.6.3.9 2018

Puede verse más abajo el mapa correspondiente a abril del año 2018 (Figura 114).

El área en la que se detecta *Caulerpa*, al menos la mancha principal, sigue también estable frente a la bocana del puerto, sin percibirse una dispersión a través de la imagen del satélite. Se puede decir que presenta una retracción en la longitud de la mancha al sur del martillo, y una ganancia en anchura. Las zonas que en 2017 se marcan dentro del puerto desaparecen en la imagen de 2018, dado que en esa área la turbidez impide determinar qué hay en el fondo.

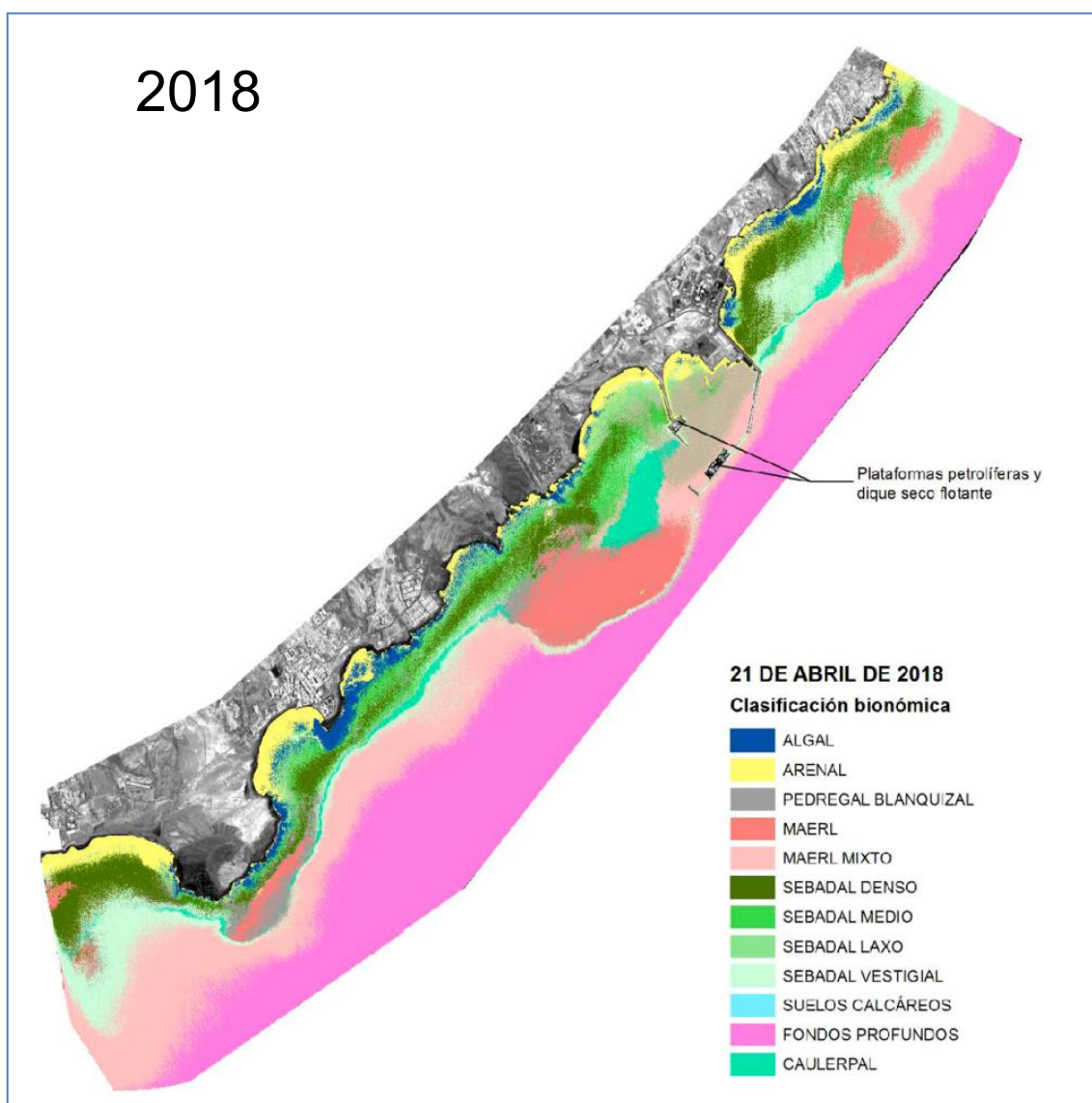


Figura 114: Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. Fuente OAG)



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 que presentamos más abajo en la Figura 115.

El resultado del estudio, en este caso, hay que tomarlo con precauciones. Las imágenes satelitales sufren la interferencia de la atmósfera, entre otras, que afecta a la reflectividad que llega al sensor desde las distintas superficies de los objetos abarcados. Es por ello que se somete a esas imágenes a un proceso de filtrado para eliminar esas interferencias y recuperar el valor real de la radiación emitida por los objetos emiten.

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

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

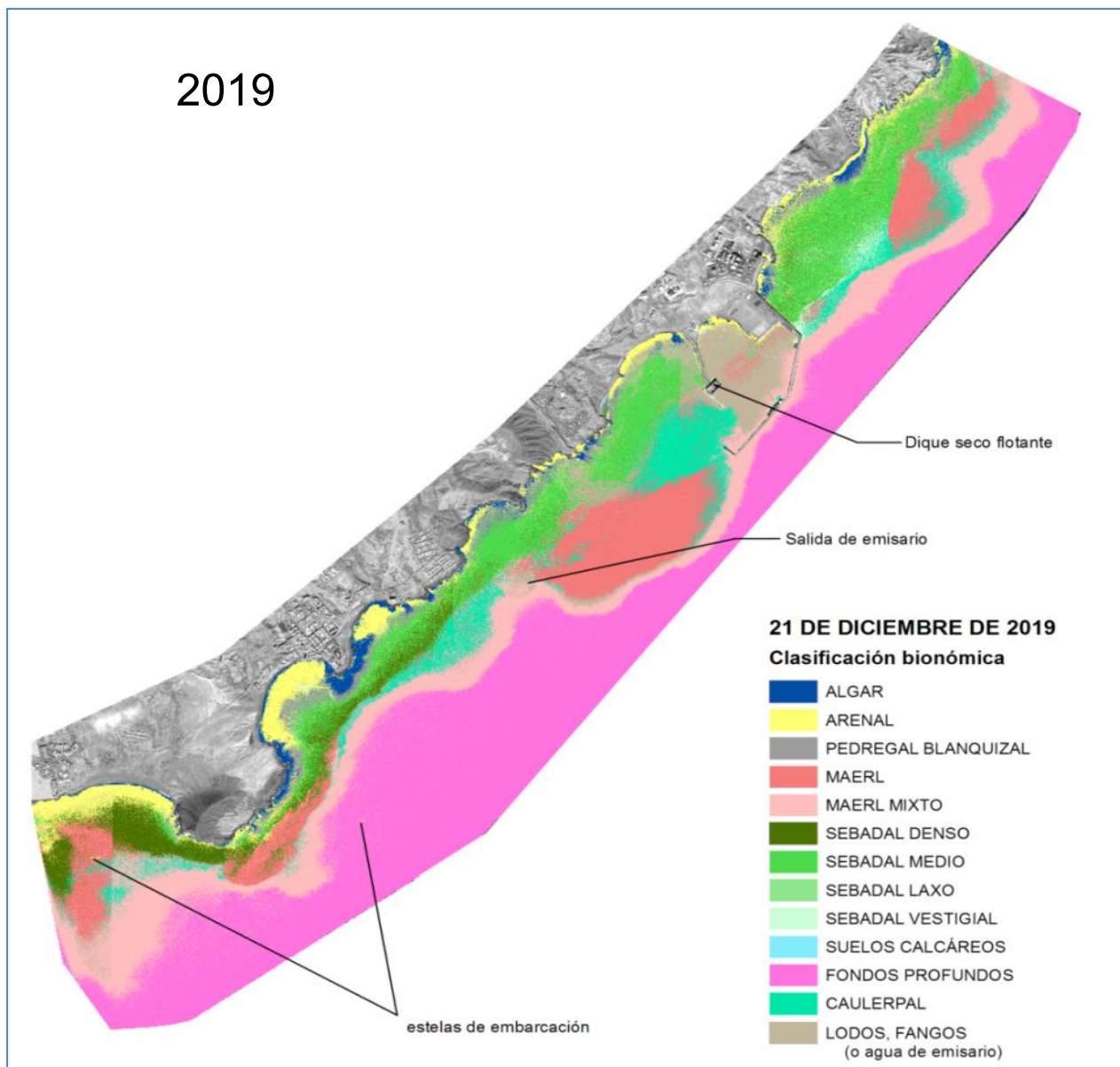


Figura 115: Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. Fuente OAG)

A la luz del trabajo, como se puede ver en la Figura 115 y en la Tabla 35, el sebadal denso se restringe bastante y el vestigial sufre una aparente erosión de gran magnitud. Sin embargo, parece que el sebadal medio se recupera de manera global. Como se ha dicho, se depende de unos niveles de reflectividad concretos para decidir cuándo una zona de la imagen representa una u otra comunidad. Es muy posible que los valores estén atenuados al no poder eliminar el polvo atmosférico con el procedimiento correctivo, y podrían variar sustancialmente.



Tabla 35: Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de *C. 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 (Figura 116). Existe igualmente un análisis de una imagen de diciembre de 2021 pero presenta algunas incertidumbres se decidió presentar el mapa de octubre.

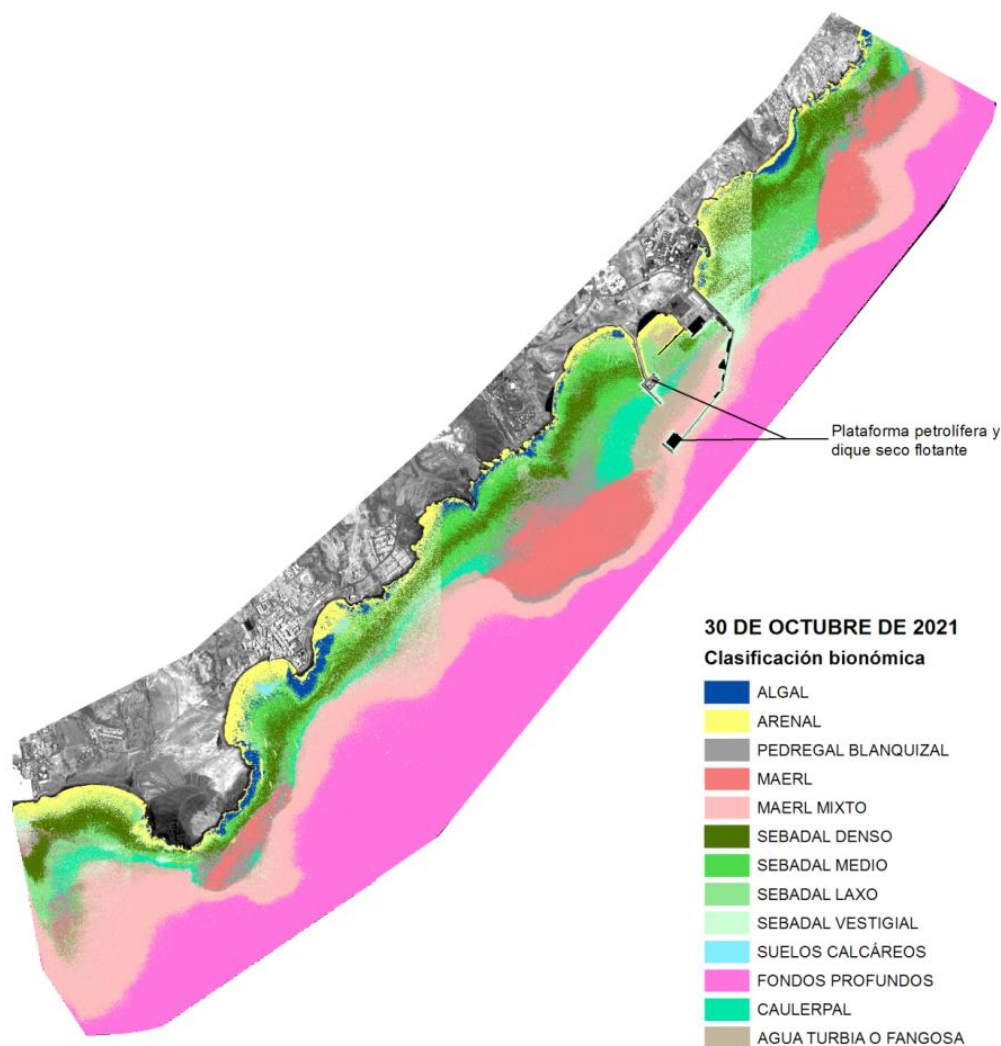


Figura 116: Mapa bionómico correspondiente al 30 de octubre de 2021 (Fuente OAG)

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 multispectral. Las



fotografías digitales comúnmente usadas tienen tres capas reservadas para los colores rojo, verde y azul.

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

Centrándonos en los valores numéricos (que resultan de multiplicar el número de celdas por el área de cada celda), en la tabla que sigue exponemos el área de cada clase de sebadal por cada sector de la zona de vigilancia (para ello usamos el método “área tabulada”²⁵ cruzando los sectores de vigilancia con el bionómico) y luego el total por cada clase:

Tabla 36: 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, se repite la tabla comparativa de 2019 pero referida a los años 2017, 2018, 2019 y 2021. Los valores expresan superficie en hectáreas:

Tabla 37: 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

²⁵ Ver “Área tabulada—Ayuda | ArcGIS Desktop”, <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.6/tools/spatial-analyst-toolbox/tabulate-area.htm>

Aunque conviene recordar 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 presenta mayor cobertura y vitalidad. 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, a las que se aplicará un solo método para no tener, como ahora, resultados conseguidos por procedimientos en la práctica no exactamente homogéneos.



6.6.3.12 2022

Aunque más abajo se incluye una totalización de áreas ocupadas por las diferentes clases de sebadal, se adelanta 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, una vez que está libre del embargo debido a la intención de publicarlo hacia la comunidad científica en la *Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (IJAEOG) o en otra, en caso de que no prospere esta apuesta.

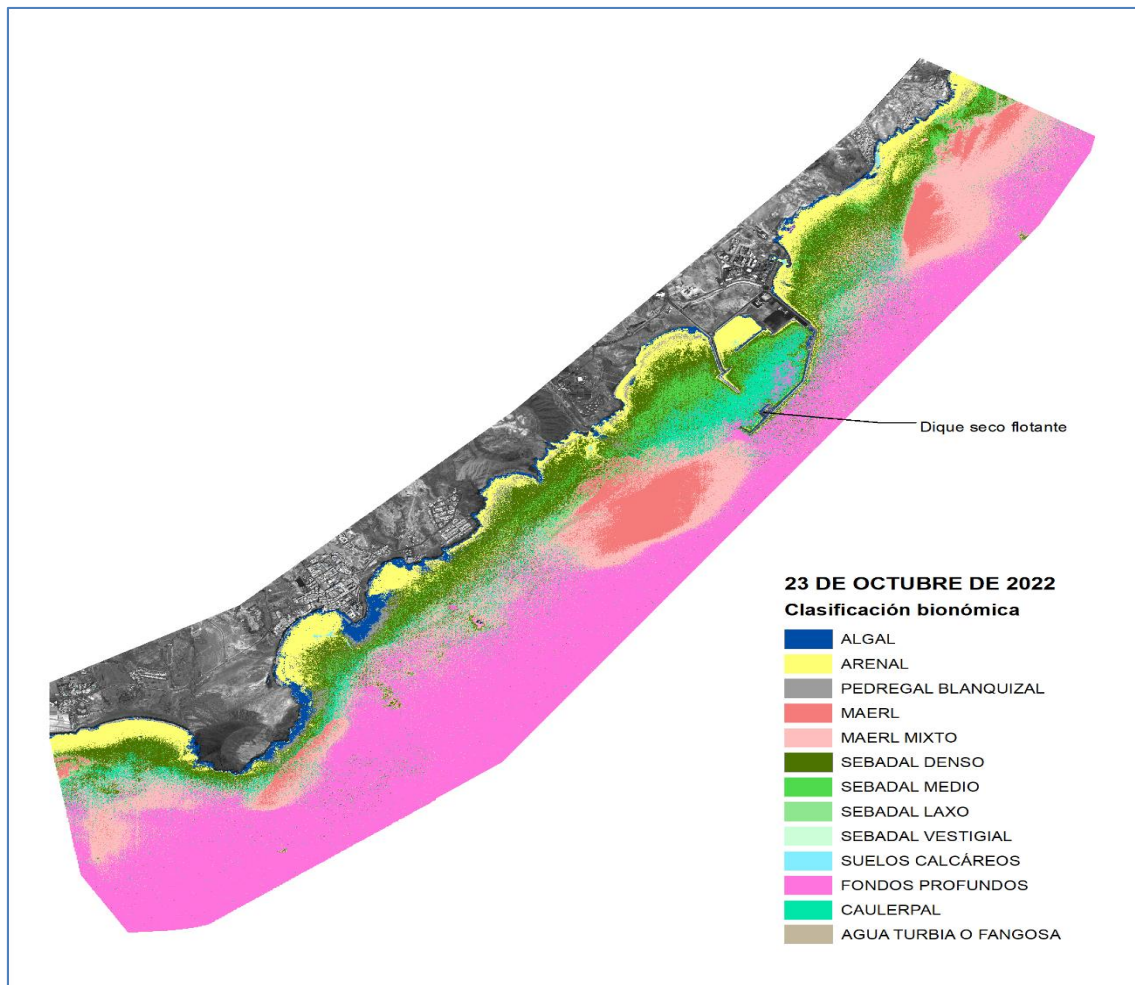


Figura 117: Mapa bionómico correspondiente al 23 de octubre de 2022 (Fuente OAG)

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.

6.6.3.13 2023

Del mismo modo que ocurre con el estudio de 2022, en 2023 se comparan los datos con los resultados de análisis hechos con el nuevo método. El análisis en este año 2023 se realiza sobre la toma del 29 de octubre, porque, aunque hubo una toma en el mes de junio, los reflejos en la superficie marina inhabilitan la imagen de ese mes. Siguiendo los procedimientos disponibles, se confecciona una copia del ámbito marino de la imagen original mediante el enmascarado numérico del programa del GPIT y se somete a las correcciones radiométrica y espacial y, seguidamente, se le aplica un filtro para tratar de eliminar el reflejo del oleaje. Es sobre este último resultado sobre el que se elabora el mapa bionómico mediante las técnicas de machine learning que han sido presentadas aquí, eligiéndose el producto de la clasificación mediante estimación SVM, que para esta imagen parece suficientemente buena y concordante el conocimiento experto de los técnicos de la Fundación. La imagen presenta algunas nubes con sus respectivas sombras que distorsionan los datos finales que, no obstante, se consideran aceptables al tratarse de una región pequeña y alejada suficientemente del puerto (ver Figura 118). Según el historial de registro de la bionomía, se trata de un área rica en seba pero que no sufre variaciones de entidad a lo largo de los años de estudio por el OAG, manteniéndose la calidad de su hábitat, por lo que esta sombra nubosa no será relevante.

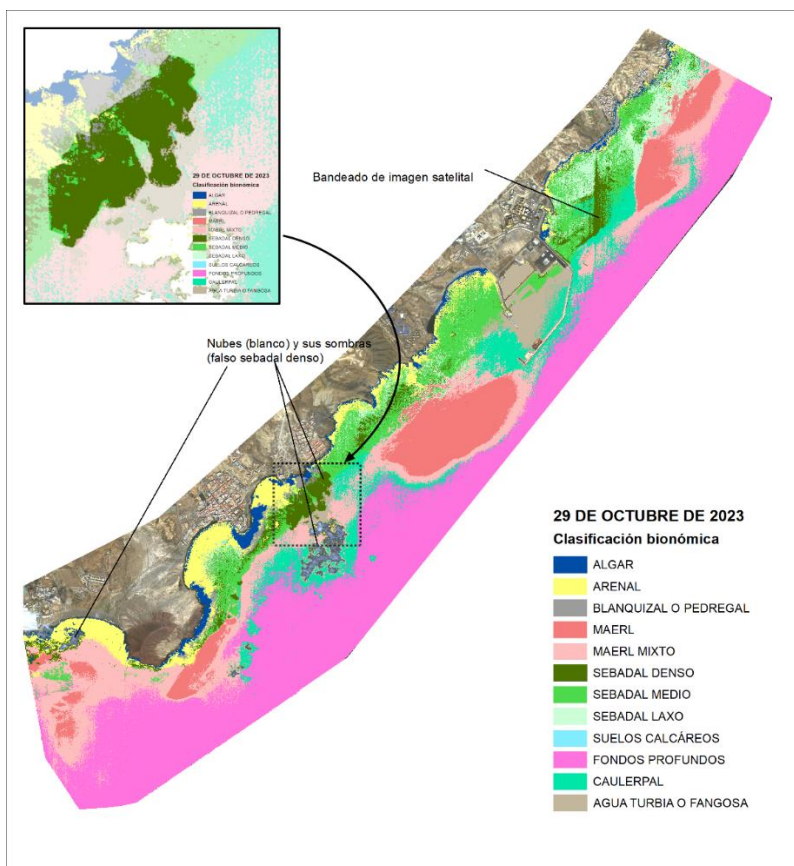


Figura 118: Mapa bionómico correspondiente al 29 de octubre de 2023 (Fuente OAG)



Es más perturbador el efecto provocado por interferencias en el sensor, en el norte de la imagen, que conducen a un bandeado en el fichero de partida, imposibles de eliminar completamente. No obstante, se ha considerado conveniente realizar el mapa a pesar de esas incertidumbres y corrigiendo los datos adecuadamente. Cabe aclarar que el problema consiste en la asignación de las celdas a clases equivocadas y afectando a las superficies finales de las clases detectadas. La corrección se ha centrado en la sombra de las nubes que induce al algoritmo a clasificar como sebadal denso una extensión notable (etiquetada en el propio mapa) que el personal del OAG sabe que engloba sebadal de diferentes densidades, así como arenasles, lajas rocosas (blanquizal) y algares. Este hecho se incluye en la esquina superior de la Figura 118.

Ya fue mencionada la reducción que afectará al espacio controlado por mar del avance del muelle de ribera. Por lo pronto se ha eliminado la sección que ya está cerrada por la finalización en diciembre de 2022, de la mota construida que la delimita, y que será sepultada finalmente.

Los datos totales (en hectáreas) de superficie de las clases se recogen en la siguiente tabla (Tabla 38) y se particularizan para la seba en la Tabla 39.

Tabla 38: Superficie de las distintas clases bionómicas por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2023

SECTORES (superficies en hectáreas)									
CLASE	TAJAO	TARAJAL	M.PELADA	LA_JAQUITA	EL MÉDANO	CAMELLO	LA_TEJITA	PUERTO	TOTALES
ALGAR	5,26	5,83	1,94	13,64	17,15	2,08	3,29	7,21	56,40
ARENAL	6,99	7,24	12,52	32,13	48,54	3,35	36,48	20,34	167,59
BLANQUIZAL	1,57	2,72	0,67	11,03	8,47	0,87	0,38	1,90	27,60
MAERL	33,70	45,34	146,80	0,08	30,91	0,21	16,56	7,77	281,37
MAERL MIXTO	35,38	33,92	45,52	50,71	65,06	27,49	106,56	29,48	394,11
SEBADAL DENSO	4,91	13,83	9,35	41,93	10,24	14,43	5,50	3,68	103,86
SEBADAL MEDIO	21,85	40,13	25,82	45,25	32,78	25,90	5,34	80,18	277,24
SEBADAL LAXO	34,35	37,04	11,15	5,81	5,53	5,13	0,04	8,97	108,03
SUELOS CALCÁREOS	0,06	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,50
FONDOS PROFUNDOS	34,12	34,02	50,46	20,75	29,10	46,35	114,10	10,81	339,71
CAULERPAL	1,66	23,20	10,76	43,05	14,38	35,31	0,01	54,39	182,76
AGUA TURBIA O FANGO	0,36	0,12	0,30	13,59	2,18	1,06	0,02	60,75	78,37
TOTAL POR CLASE	180,20	243,40	315,29	277,98	264,76	162,18	288,25	285,49	2017,56

Tabla 39: Superficie de las distintas clases de sebadal por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2023

CLASE	SEBADAL DENSO	SEBADAL MEDIO	SEBADAL LAXO	Total Sector
TAJAO	4,91	21,85	34,35	61,10

TARAJAL	13,83	40,13	37,04	91,00
MÑA PELADA	9,35	25,82	11,15	46,32
LA_JAQUITA	41,93	45,25	5,81	92,99
EL MÉDANO	10,24	32,78	5,53	48,55
CAMELLO	14,43	25,90	5,13	45,46
LA_TEJITA	5,50	5,34	0,04	10,87
PUERTO	3,68	80,18	8,97	92,83
Total clase	103,86	277,24	108,03	489,14



6.6.3.14 2024

Siguiendo los procedimientos disponibles, se confecciona una copia del ámbito marino de la imagen original mediante el enmascarado numérico del programa del GPIT. La copia se somete a las correcciones radiométrica y espacial, en primer lugar, y después se le aplica un filtro para tratar de eliminar el reflejo del oleaje.

Es sobre este último resultado sobre el que se elabora el mapa bionómico mediante las técnicas de machine learning que han sido presentadas aquí, eligiéndose el producto de la clasificación mediante estimación SVM, que para esta imagen parece suficientemente buena y concordante el conocimiento experto de los técnicos de la Fundación.

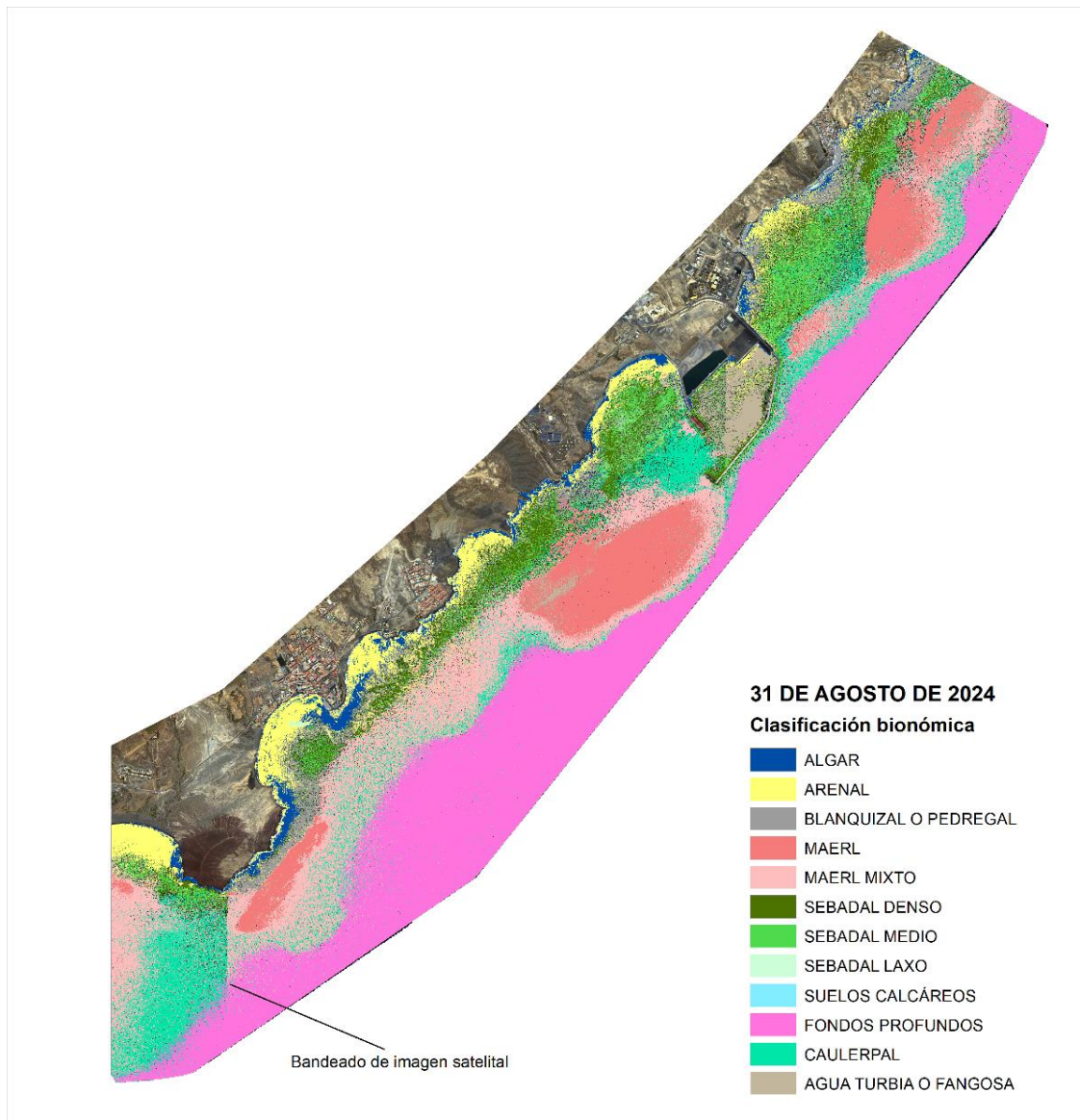


Figura 119: Mapa bionómico correspondiente al 31 de agosto de 2024 (Fuente OAG)

Dado el tamaño de la imagen, fue preciso dividirla en dos porciones con un solape entre ellas, como se muestra en la Figura 120. Cada fracción se somete al procedimiento previsto, y cada una con sus zonas particulares de entrenamiento (aunque en el espacio compartido, esas parcelas son idénticas en ambas fracciones). Una vez clasificadas, se recurre a una mezcla con técnicas de mosaico, aplicando un filtro para que cada píxel de la zona reciba la clase mayoritaria de entre los píxeles vecinos, tanto de una zona como de la otra, para mayor objetividad.

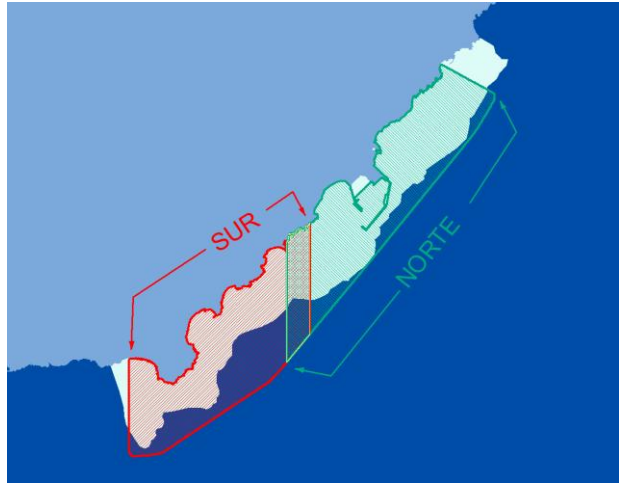


Figura 120: Subdivisión del ámbito del análisis N/S, mostrando el solape entre ambas porciones.

Tras probar con las diferentes técnicas de la última versión del programa (Cross Entropy y Hinge los, del grupo de SVM, y KNN, modelo *lazy learning*, basado en distancias en espacios vectoriales) y finalmente es la KNN, la que arroja resultados más fiables, a juicio de los miembros del OAG expertos en el medio marino.

La Tabla 40 muestra las superficies de las distintas clases bionómicas por cada sector de vigilancia, y la Tabla 41 las superficies de sebadal, por clases y sectores de vigilancia.

Tabla 40: Superficie de las distintas clases bionómicas por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2024

SECTORES (superficies en hectáreas)									
CLASE	TAJAO	TARAJAL	M.PELADA	LA_JAQUITA	EL MÉDANO	CAMELLO	LA_TEJITA	PUERTO	TOTALES
ALGAR	5,38 ha	4,01 ha	4,16 ha	12,42 ha	17,86 ha	3,04 ha	2,26 ha	8,87 ha	58,01 ha
ARENAL	10,30 ha	22,45 ha	5,28 ha	55,23 ha	36,78 ha	8,04 ha	28,14 ha	25,57 ha	191,79 ha
BLANQUIZAL	15,15 ha	15,16 ha	6,30 ha	18,28 ha	34,64 ha	3,69 ha	3,29 ha	6,85 ha	103,36 ha
MAERL	36,85 ha	51,02 ha	137,15 ha	2,59 ha	31,78 ha	6,75 ha	3,29 ha	5,79 ha	275,23 ha
MAERL MIXTO	34,02 ha	32,34 ha	48,70 ha	107,03 ha	91,61 ha	29,46 ha	89,32 ha	34,34 ha	466,83 ha
SEBADAL DENSO	14,73 ha	12,73 ha	16,94 ha	23,30 ha	8,78 ha	4,81 ha	4,90 ha	28,23 ha	114,42 ha
SEBADAL MEDIO	8,97 ha	26,24 ha	10,67 ha	12,34 ha	7,65 ha	24,96 ha	11,06 ha	31,00 ha	132,90 ha
SEBADAL LAXO	8,72 ha	9,58 ha	3,13 ha	1,79 ha	1,34 ha	2,91 ha	0,38 ha	16,17 ha	44,03 ha
SUELOS CALCÁREOS	0,05 ha	0,49 ha	0,00 ha	0,18 ha	1,73 ha	0,00 ha	0,03 ha	0,00 ha	2,48 ha
FONDOS PROFUNDOS	15,42 ha	21,63 ha	46,69 ha	15,44 ha	0,48 ha	38,15 ha	3,73 ha	14,35 ha	155,88 ha
CAULERPAL	11,15 ha	23,81 ha	10,77 ha	24,44 ha	20,90 ha	27,94 ha	80,84 ha	42,56 ha	242,41 ha
A.GUA TURBIA, FANGO	3,39 ha	4,45 ha	14,92 ha	0,16 ha	0,97 ha	1,07 ha	0,10 ha	49,15 ha	74,22 ha
TOTAL POR CLASE	164,13 ha	223,91 ha	304,72 ha	273,23 ha	254,53 ha	150,82 ha	227,35 ha	262,87 ha	1861,56 ha



Tabla 41: Superficie de las distintas clases de sebadal por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2024

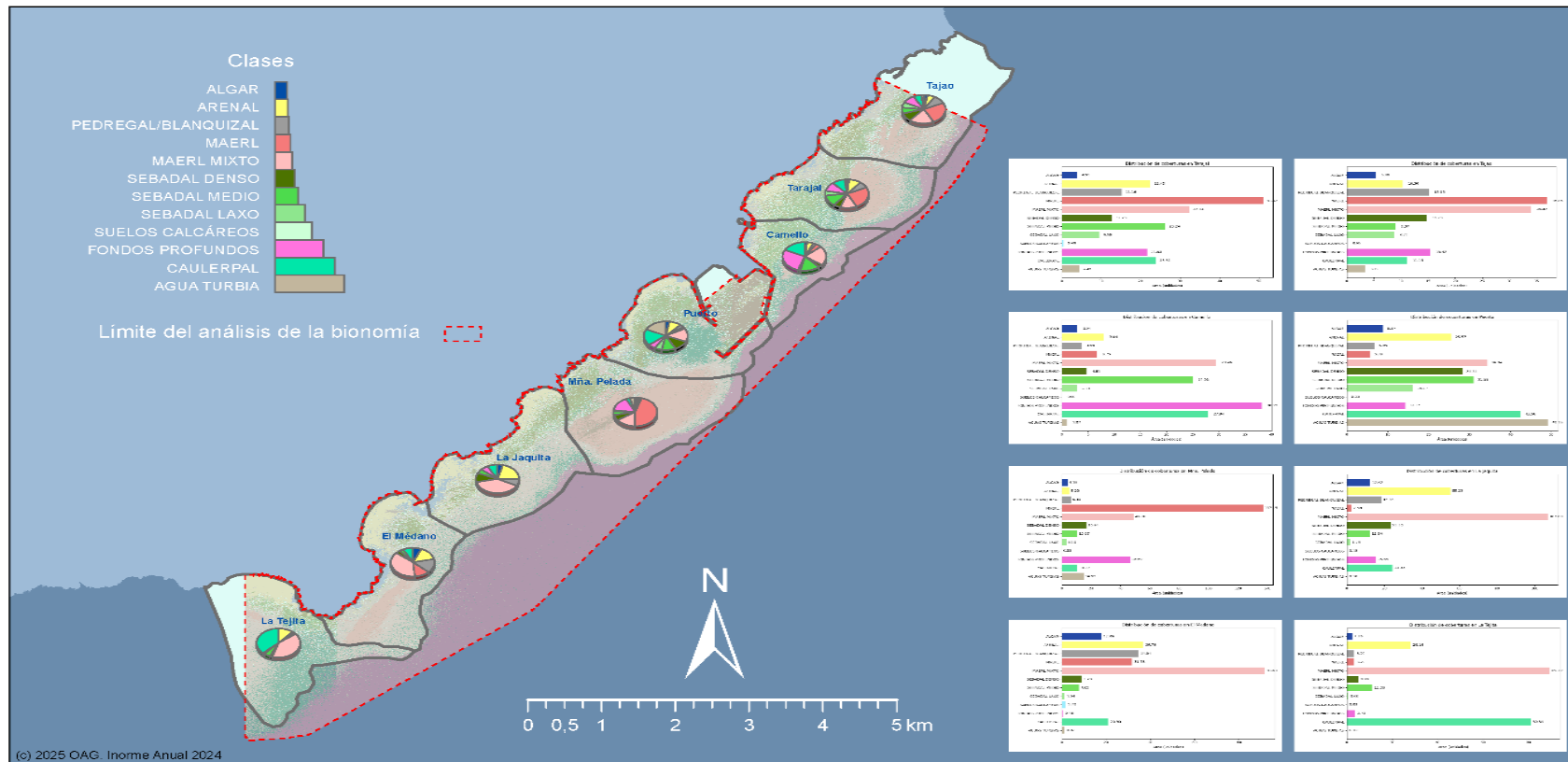
CLASE	SEBADAL DENSO	SEBADAL MEDIO	SEBADAL LAXO	TOTAL SECTOR
TAJAO	14,73 ha	8,97 ha	8,72 ha	32,42 ha
TARAJAL	12,73 ha	26,24 ha	9,58 ha	48,55 ha
MÑA PELADA	16,94 ha	10,67 ha	3,13 ha	30,75 ha
LA_JAQUITA	23,30 ha	12,34 ha	1,79 ha	37,44 ha
EL MÉDANO	8,78 ha	7,65 ha	1,34 ha	17,77 ha
CAMELLO	4,81 ha	24,96 ha	2,91 ha	32,68 ha
LA_TEJITA	4,90 ha	11,06 ha	0,38 ha	16,34 ha
PUERTO	28,23 ha	31,00 ha	16,17 ha	75,40 ha
TOTAL CLASE	14,73 ha	8,97 ha	8,72 ha	32,42 ha

La información recogida en estas tablas puede presentarse a modo gráfico, según la Figura 121, para una mejor comprensión.

Más allá de los metros cuadrados de recubrimiento, interesa saber cómo cambia respecto al año pasado. En la Tabla 42 se presentan las variaciones por cada clase en cada sector calculadas mediante la sustracción del área que ocupaban en 2023 al área que ocupan en 2024. Así, los valores positivos suponen que este año 2024 el área es mayor y hay ganancia. Los negativos una pérdida (un área menor).

Tabla 42: Cambios por clase y sector. Azul: ganancias; rojo: pérdidas. La intensidad del color denota la magnitud del cambio

clase	Tajao	Tarajal	Mña. Pelada	La Jaquita	El Médano	Camello	La Tejita	Puerto	Total clase
ALGAR	0,12	-1,82	2,22	-1,22	0,71	0,96	-1,03	1,66	1,61
ARENAL	3,31	15,21	-7,24	23,1	-11,76	4,69	-8,34	5,23	24,2
PEDREGAL BLANQUIZAL	13,58	12,44	5,63	7,25	26,17	2,82	2,91	4,95	75,76
MAERL	3,15	5,68	-9,65	2,51	0,87	6,54	-13,27	-1,98	-6,14
MAERL MIXTO	-1,36	-1,58	3,18	56,32	26,55	1,97	-17,24	4,86	72,72
SEBADAL DENSO	9,82	-1,1	7,59	-18,63	-1,46	-9,62	-0,6	24,55	10,56
SEBADAL MEDIO	-12,88	-13,89	-15,15	-32,91	-25,13	-0,94	5,72	-49,18	-144,34
SEBADAL LAXO	-25,63	-27,46	-8,02	-4,02	-4,19	-2,22	0,34	7,2	-64
SUELOS CALCÁREOS	-0,01	0,49	0	0,18	1,3	0	0,03	0	1,98
FONDOS PROFUNDOS	-18,7	-12,39	-3,77	-5,31	-28,62	-8,2	-110,37	3,54	-183,83
CAULERPAL	9,49	0,61	0,01	-18,61	6,52	-7,37	80,83	-11,83	59,65
AGUAS TURBIAS	3,03	4,33	14,62	-13,43	-1,21	0,01	0,08	-11,6	-4,15



(c) 2025 OAG. Informe Anual 2024

Distribución de clases según sector de vigilancia

SECTOR	ALGAR	ARENAL	PEDREGAL/BLANQUIZAL	MAERL	MAERL MIXTO	SEBADAL DENSO	SEBADAL MEDIO	SEBADAL LAXO	SUELOS CALCÁREOS	FONDOS PROFUNDOS	CAULERPAL	AGUA TURBIA
Tajao	5,38	10,3	15,15	38,85	34,02	14,73	8,97	8,72	0,05	15,42	11,15	3,39
Tarajal	4,01	22,45	15,16	51,02	32,34	12,73	26,24	9,58	0,48	21,63	23,81	4,45
Mña. Pelada	4,16	5,28	6,3	137,15	48,7	16,94	10,67	3,13	0	46,69	10,77	14,92
La Jaquita	12,42	55,23	19,28	2,59	107,03	23,3	12,34	1,79	0,16	15,44	24,44	0,16
El Médano	17,86	36,78	34,64	31,78	91,61	8,78	7,65	1,34	1,73	0,48	20,9	0,97
Camello	3,04	8,04	3,69	6,75	26,46	4,81	24,96	2,91	0	38,15	27,94	1,07
La Tejita	2,25	28,14	3,29	88,32	34,34	4,9	11,06	0,38	0,03	3,72	80,84	0,1
Puerto	8,87	25,57	6,85	5,79	34,34	28,23	31	16,17	0	14,35	42,56	45,15

Figura 121: Distribución de comunidades por sectores de vigilancia



Se pueden vislumbrar más rápidamente los resultados en la siguiente composición de gráficos de barra (Figura 122) en la que se emplea el mismo código de color para reflejar los cambios positivos y negativos.

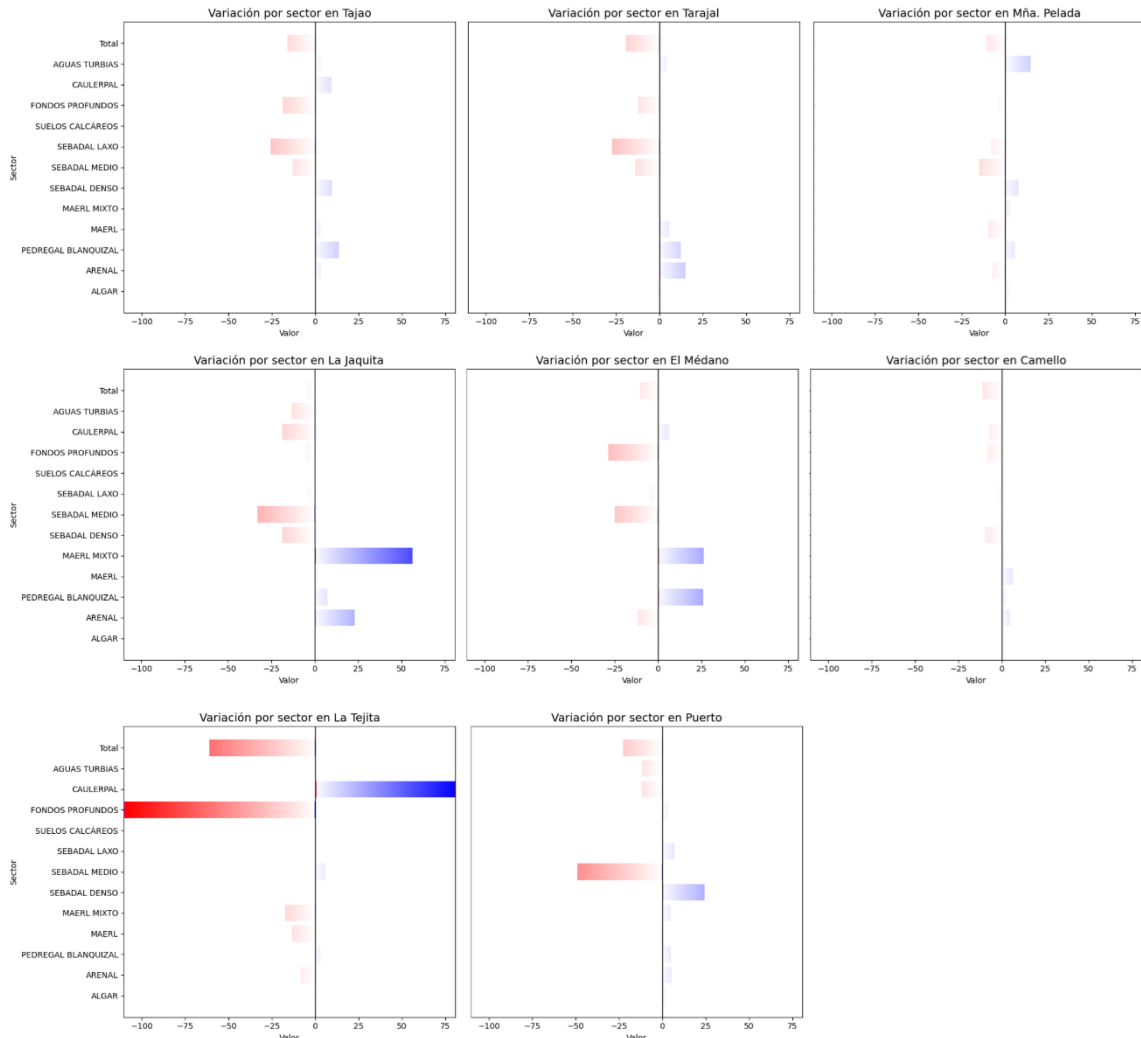


Figura 122: Gráficos de las ganancias y pérdidas por clase, en cada sector, según los datos mostrados en la tabla anterior

Destacan, a primera vista, las pérdidas en fondos profundos de La Tejita y las ganancias de *Caulerpal* en La Jaquita y La Tejita. Sin embargo, debe notarse que el bandeo de la imagen afecta en buena medida a la primera de las dos playas, y, aunque es cierta la presencia de la Caulerpa, puede notarse que esa presencia se da en los antiguos dominios de los fondos profundos, aunque in situ también se ha observado su predominio paulatino frente a la seba.

Quiere decirse que no han de tenerse en cuenta la parte que responden a profundidades mayores que las que el procedimiento respalda y en áreas que se consideran extrañas al efecto de la infraestructura portuaria que la Fundación vigila.

Es necesario detenerse en la definición de esta última clase, Fondos profundos. Su origen está en los primeros trabajos del OAG en esta disciplina y servía para englobar todas las zonas más profundas sin reparar en la composición bionómica existente. Aparte de ser muy heterogéneo, contiene sustratos que ya están en las otras clases y no constituye una verdadera comunidad, así que es fácil confundir al modelo.

Las técnicas disponibles se ven afectadas por este hecho, más aún cuando esa región es tan superior en términos de superficie, compitiendo con las demás a la hora de ser candidata a ser asignada a los píxeles. En los primeros años se empleaba otro enfoque más común entonces, la clasificación supervisada por el método de la máxima verosimilitud, que sí soportaba bien el desequilibrio de la representación de las clases, pero ese método es anticuado y en la actualidad interesa más aprovechar las estrategias que presenta el trabajo de la ULPGC.

Esta sobrerrepresentación ha generado múltiples escollos a la hora de realizar la clasificación, que ha requerido de hasta once ciclos de refinamiento. Gracias a que el programa, tras la aplicación de las técnicas que hemos nombrado, genera unas representaciones gráficas de la bondad de los resultados, como son la gráfica de la función de pérdida, en los modelos de SVM, y la matriz de confusión, permite detectar cuánto “se molestan” las clases y cuánto de sobre o subrepresentadas están, de forma que pueden irse modificando las parcelas de entrenamiento (ROI) para tratar de atajar los problemas.

La eliminación de la clase Fondos Profundos permitió dejar atrás los problemas, consiguiendo equilibrar más las clases. Se consiguió un resultado más creíble, aunque a costa de obtener también coberturas en regiones profundas, que quedan fuera del alcance del modelo, así que al final esas regiones con profundidades mayores de 30 m fueron sustituidas por la zona de fondos profundos de 2023 con fines estéticos y para dejarlas al margen de las estadísticas. También se consigue una coherencia con mapas anteriores.

Otra realidad aparece respecto al sebadal, que, en general, parece retroceder respecto a 2023, principalmente en lo que respecta al sebadal medio. De nuevo han de tomarse con cautela estos resultados porque la forma de analizar las imágenes aún genera incertidumbres debidas a la dificultad en la definición de las zonas de entrenamiento y de la explotación del modelo, teniendo en cuenta que se trata de tecnología de última generación para la cual el personal del OAG debe aún adquirir destreza a la hora de aplicarla y a la hora de perfeccionarla. En concreto, en este año, ante las dificultades de la imagen y el parecido de las clases del sebadal establecidas, y de esta formación con otros biotopos, se ha optado por la estrategia de clasificar en una sola clase todo el sebadal y, una vez obtenido el recinto, volver a clasificar la imagen sólo en ese recinto y sólo para las tres clases de sebadal (denso, mixto y laxo). Sólo así ha podido derivarse el mapa bionómico de este año y todo hace prever que en años venideros ésa sea exactamente la ruta por la que seguir en este análisis de imágenes del satélite.

Como conclusión, ha de indicarse que, a la hora de comparar con los anteriores años, se recomienda cautela. La interpretación en este informe es que la salud de la seba en esta área del



litoral de la isla es buena y no parece reflejar el declive que se anuncia en general en el archipiélago, así como tampoco el que otros investigadores perciben cerca del puerto. La especie parece acantonada en la ensenada al Sur de la infraestructura, hasta la costa de Montaña Pelada y Punta Brava.

Persiste *Caulerpa* en la bocana y también al Norte del puerto, lugares donde ya se definió su distribución en el atlas bionómico de SIGMACAN. Esta formación se detecta al sur de Montaña Roja y; aunque allí, como ya se dijo, la imagen presenta una interferencia en las bandas que posiblemente esté forzando el resultado, se ha observado *in situ* una sustitución paulatina de la fanerógama por el alga. Esta sucesión ha estado, además, favorecida por distintos blooms a pequeña escala, pero continuados, de *Lyngbya*.

No debe olvidarse tampoco que este análisis no supone una fotografía de los fondos sino una información más que se suma al resto de muestreos y valoraciones que realiza el OAG y del que extrae las conclusiones sobre la evolución de la biodiversidad en el área del puerto de Granadilla.

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 invasión de mano del ser humano y sus actividades (transporte pasivo) o de colonización favorecida por el calentamiento de las aguas a 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). Tuvo una fuerte expansión por toda la costa de Granadilla y en la ZEC *Sebadales del sur de Tenerife* desde 2018, con un declive a partir de 2021. 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, y se dedicará un informe exclusivo a este tema en el próximo informe anual, una vez terminen de analizarse todos los datos obtenidos. La otra especie es *Carijoa riseii* (Duchassaing & Michelotti, 1860), conocida comúnmente como “coral copo de nieve” y ha sido reportada como 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 fue, ni es, tan patente, en parte por su predilección por ambientes umbrófilos. Como ya se ha informado, 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.

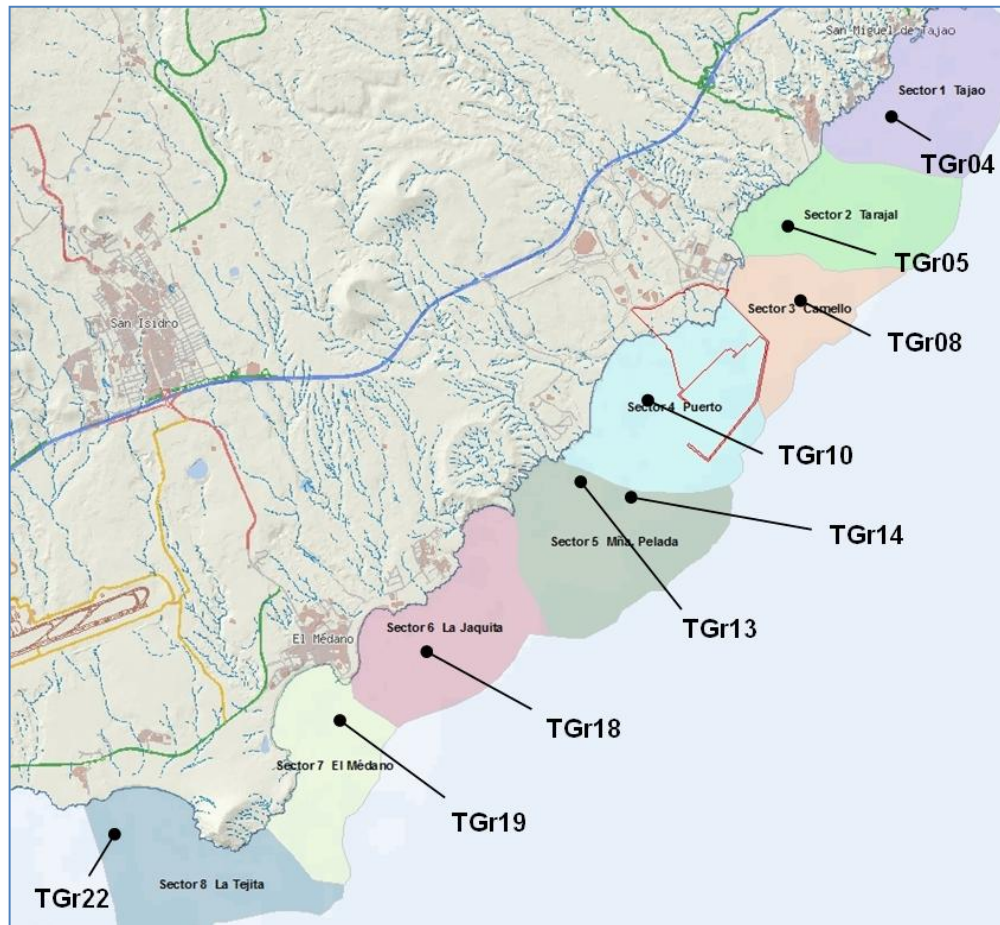


Figura 123: Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas

Para hacer un seguimiento del estado de desarrollo de los sebales y conocer sus variaciones naturales y aquéllas atribuibles a las obras del puerto de Granadilla, se ha establecido una estación de muestreo en cada sector ambiental, a excepción del sector 5 “Montaña Pelada”, donde se han ubicado dos estaciones (TGr13 y TGr14) junto al límite oriental de la ZEC “Sebales del Sur de Tenerife” (Figura 123). Tres estaciones (TGr18, TGr19, TGr22) están 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 2024 tuvieron lugar en el mes de enero (campaña invernal) y de 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 43).

Tabla 43: Tipificación de los parámetros descriptivos del seabal

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 colapso²⁶.

Tabla 44: 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 44 se han incluido los datos del 2º semestre de 2011 que son los de referencia, y en la Tabla 45 se muestran los datos 2024, 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 2022 con las de 2024 (Tabla 46), se aprecia un patrón similar para ambas estaciones, con disminución generalizada de todas las estaciones en densidad de haces y densidad de hojas, exceptuando la estación TGr08, tanto en invierno como en verano, y aun aumento del resto de parámetros, sobre todo en verano. Continúa la disminución preocupante observada en 2022 en muchos de los parámetros, pero de forma generalizada en todas las estaciones, no sólo las afectadas por el puerto.

²⁶ 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,

En la estación TGr22 no ha aparecido seba, ha desaparecido de forma generalizada en toda el área. Desde el año 2018, se empezaron a detectar en los transectos de vídeo remolcado unos montículos de *Derbesia* a gran profundidad que, con el paso de los años, ha ido estando cada vez más presentes a menor cota, siendo posible encontrarlos desde 2022 desde casi la orilla. Esto, unido a varios *blooms* consecutivos de *Lyngbya* sp. que han afectado al sebadal de la zona, ha hecho que ahora exista un caulerpal consolidado que ha sustituido a la seba en su totalidad, quedando sólo pies aislado.

Tabla 45: Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2024. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011

Ene. 2024	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epiftismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	485,33	1056	15,70	0,56	31,653	1	1	3	2	1
TGr. 05	176	432	14,52	0,50	12,800	1	1	3	1	1
TGr. 08	432	693,33	16,76	0,74	24,133	1	1	3	2	1
TGr. 10	474,67	1.082,67	12,09	0,40	26,352	1	1	3	2	1
TGr. 13	752	1.461,33	16,35	0,66	66,165	2	1	3	3	1
TGr. 14	549,33	672	19,84	0,9	40,288	1	1	3	2	1
TGr. 18	448	901,33	19,36	0,84	36,833	2	1	3	3	1
TGr. 19	602,67	1.477,33	14,24	0,53	49,685	2	1	3	3	1
TGr. 22	400	874,67	7,75	0,30	8,955	1	1	3	3	1

Oct. 2024	Densidad de haces	Densidad de hojas	Altura hojas	Área foliar	Biomasa	Cobertura	Epiftismo	Vitalidad foliar	Sistema radicular	Balance sedimentario
TGr. 04	421,33	1.210,67	24,40	1,10	108,832	2	1	3	3	1
TGr. 05	384	704	24,07	1,18	29,152	1	1	3	1	1
TGr. 08	554,67	1.498,67	26,48	1,28	165,237	3	2	3	3	1
TGr. 10	618,67	874,67	34,42	1,72	80,656	2	1	3	2	1
TGr. 13	752	1.557,33	29,66	1,48	581,755	3	3	3	2	1
TGr. 14	634,67	1.205,33	29,89	1,50	292,725	3	1	3	2	1
TGr. 18	496	1.184	30,42	1,41	178,112	3	1	3	3	1
TGr. 19	1.045,33	2.144	28,15	1,39	262,805	3	2	3	3	1
TGr. 22	0	0	0	0	0	1	1	3	3	1



Tal y como se comentó en el pasado informe, se retomaron los controles de sebadal por acuerdo expreso del Patronato de la Fundación, para continuar monitorizando la seba; puesto que, por un lado, como hábitat y como especie, su conservación está declarada como prioritaria; y, por otro, su restauración implicaría grandes costos económicos, toda vez que sería necesario un nuevo estudio de la viabilidad de tal acción.

Nada más acertado, vistos los resultados para este último periodo, que se muestran a continuación y que hace necesario un estudio en profundidad y informe monográfico al respecto, una vez se disponga de los datos del año 2025.

Tabla 46: Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2022 con 2024.
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	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓

Utilizando el principal factor de referencia, la densidad de haces por metro cuadrado, se resume la evolución del sebadal, desde 2011 a 2024 en las Figura 124, Figura 125 y Figura 126. Como se indicó, tan pronto se disponga de los datos de 2025, se emitirá informe exclusivo, para la toma de medidas correctoras o compensatorias si fuera necesario.

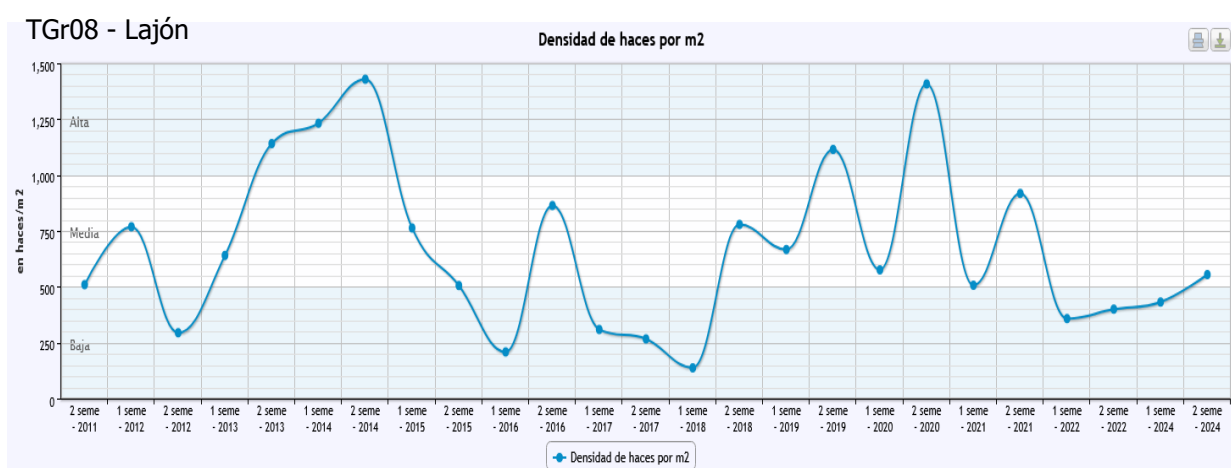
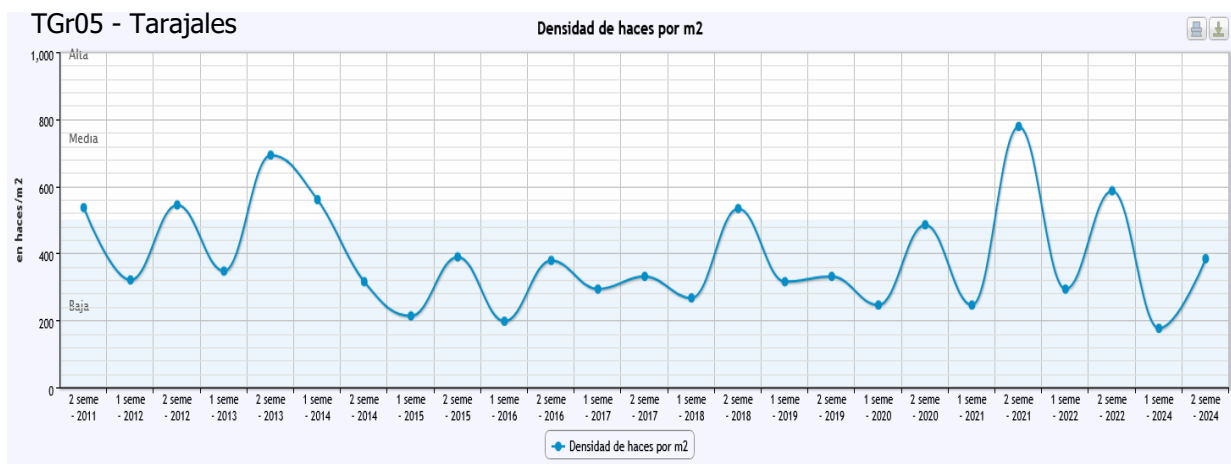
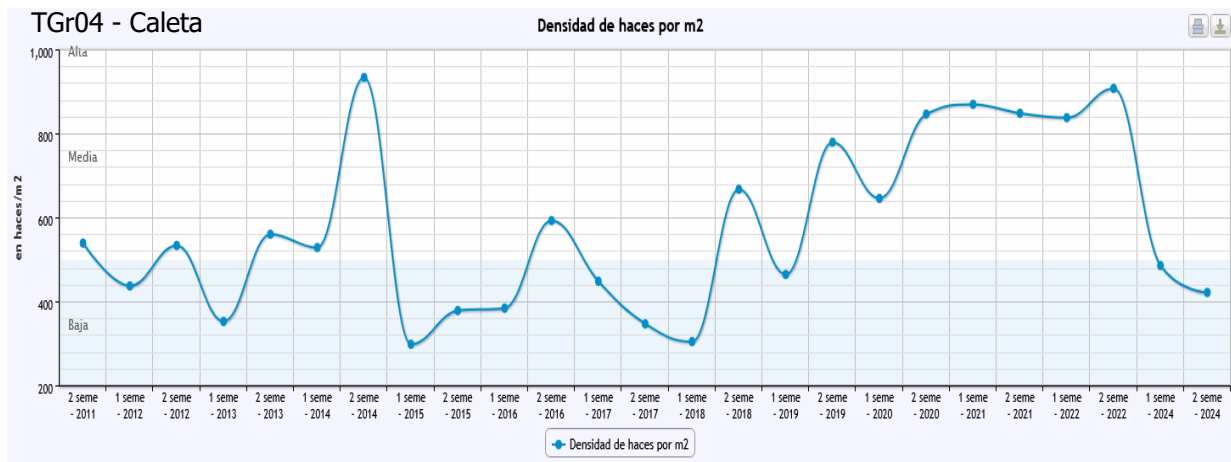
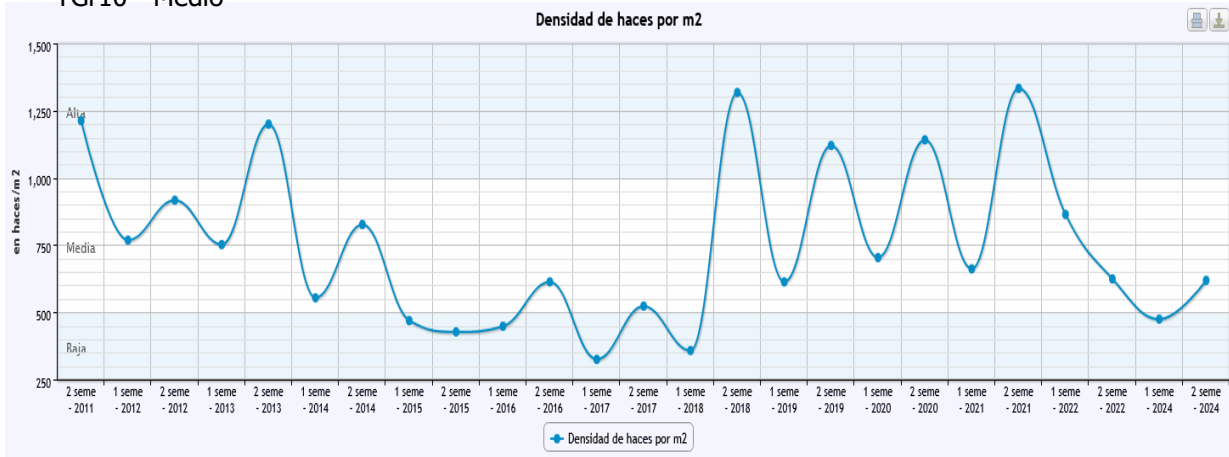


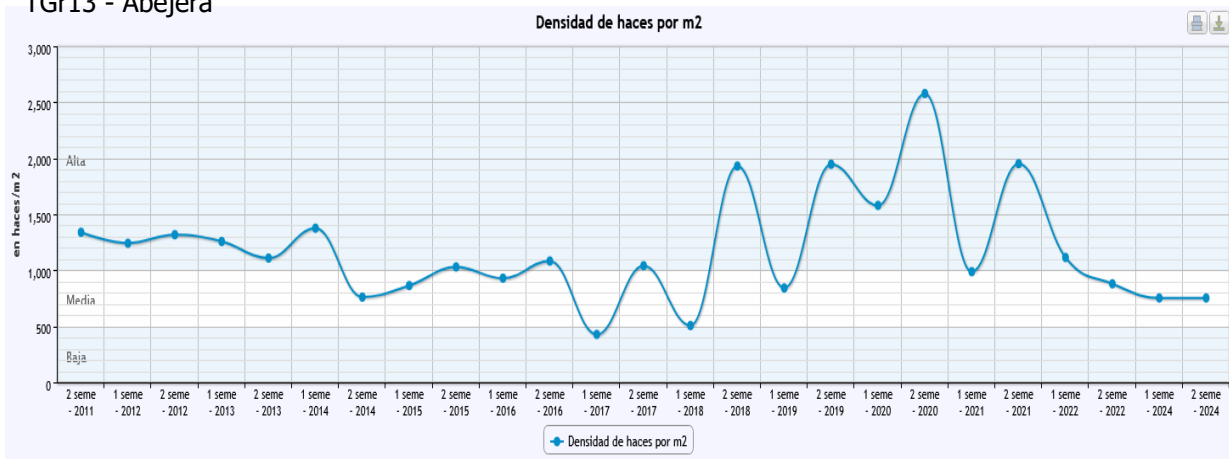
Figura 124: Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto



TGr10 - Medio



TGr13 - Abejera



TGr14 - Charcón

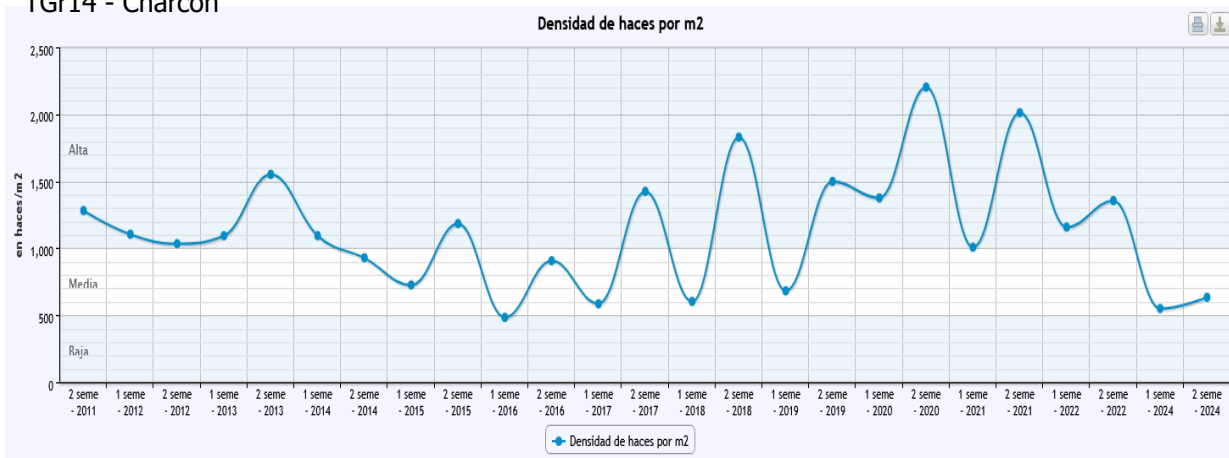
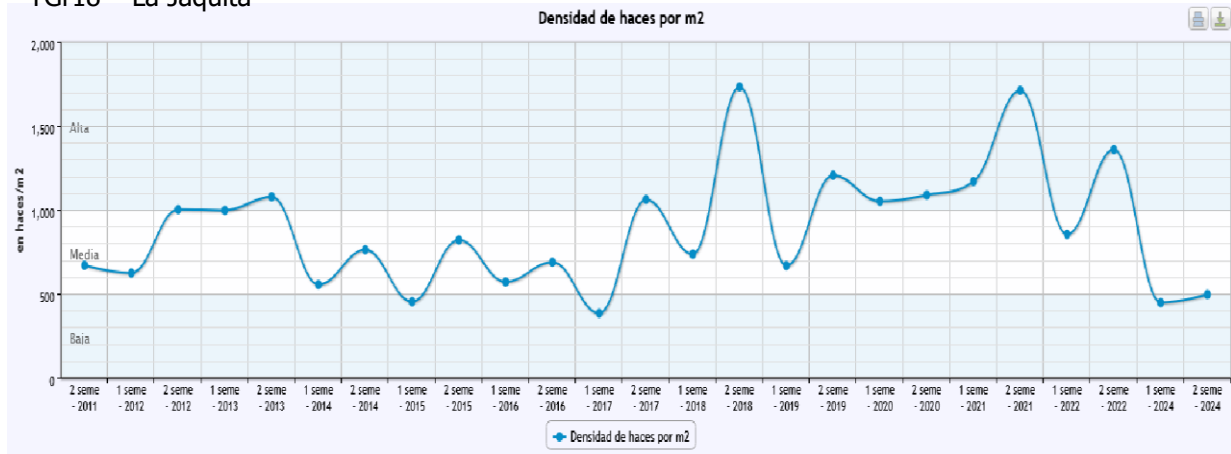
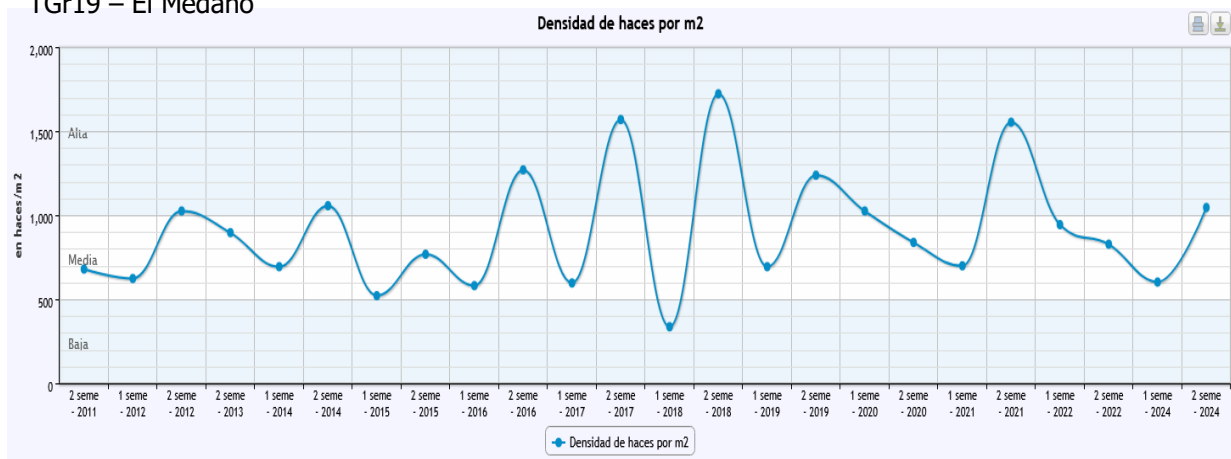


Figura 125: Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto

TGr18 – La Jaquita



TGr19 – El Médano



TGr22 – Tejita

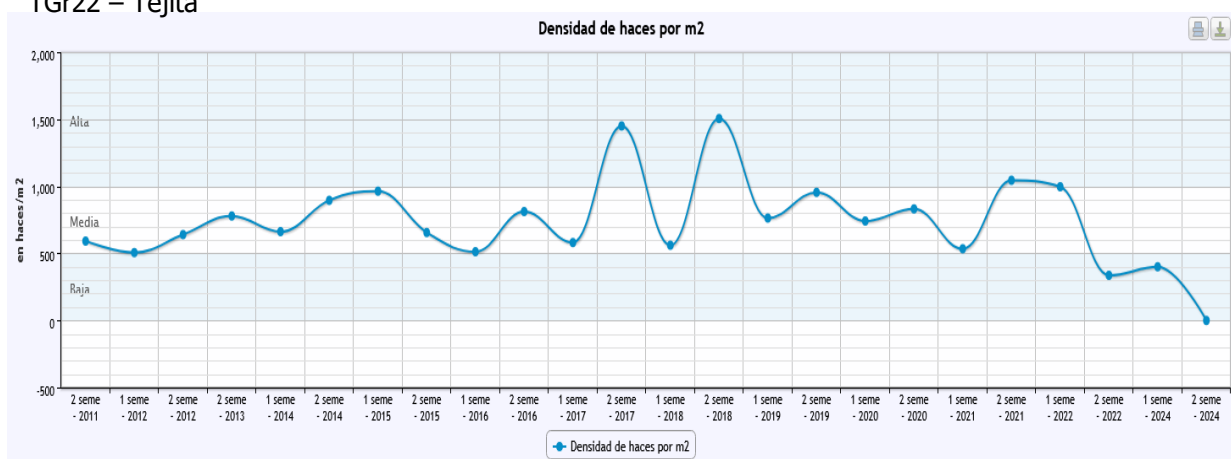


Figura 126: Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones de la ZEC



La biomasa foliar (epígea) se continúa analizando separadamente de la biomasa hipógea formada por el rizoma y las raíces. En la Tabla 47 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 0,138 - 1,237 en invierno y 0 - 6,013 en verano; el índice RWR varía entre 0,118 - 0,460 en invierno y 0 - 0,372 en verano.

Tabla 47: Biomasa de la campaña de 2024 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	31,653	41,760	31,008	72,768	104,421	0,435	0,297
	TGr05	12,800	28,891	5,595	34,485	47,285	0,371	0,118
	TGr08	24,133	70,267	74,267	144,533	168,667	0,167	0,440
	TGr10	26,352	49,467	64,544	114,011	140,363	0,231	0,460
	TGr13	66,165	37,264	16,235	53,499	119,664	1,237	0,136
	TGr14	40,288	41,648	31,568	73,216	113,504	0,550	0,278
	TGr18	36,833	61,605	34,459	96,065	132,898	0,383	0,259
	TGr19	49,685	145,120	148,379	293,499	343,184	0,169	0,432
	TGr22	8,955	49,115	15,637	64,752	73,707	0,138	0,212

Estaciones	A	C	D	B	E	A/B	RWR	
Fase estival	TGr04	108,832	79,605	32,416	112,021	220,853	0,972	0,147
	TGr05	29,152	14,384	24,699	39,083	68,235	0,746	0,362
	TGr08	165,237	64,053	51,285	115,339	280,576	1,433	0,183
	TGr10	80,656	43,157	73,248	116,405	197,061	0,693	0,372
	TGr13	581,755	44,267	52,485	96,752	619,973	6,013	0,085
	TGr14	292,725	37,216	75,771	112,987	405,712	2,591	0,187
	TGr18	178,112	85,856	74,160	160,016	338,128	1,113	0,219
	TGr19	262,805	37,995	42,693	80,688	343,493	3,257	0,124
	TGr22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

6.6.7 Evaluación general del sebadal

El mapa de la Figura 127 se muestra la valoración general de la situación de los sebadales en relación con la situación de referencia.

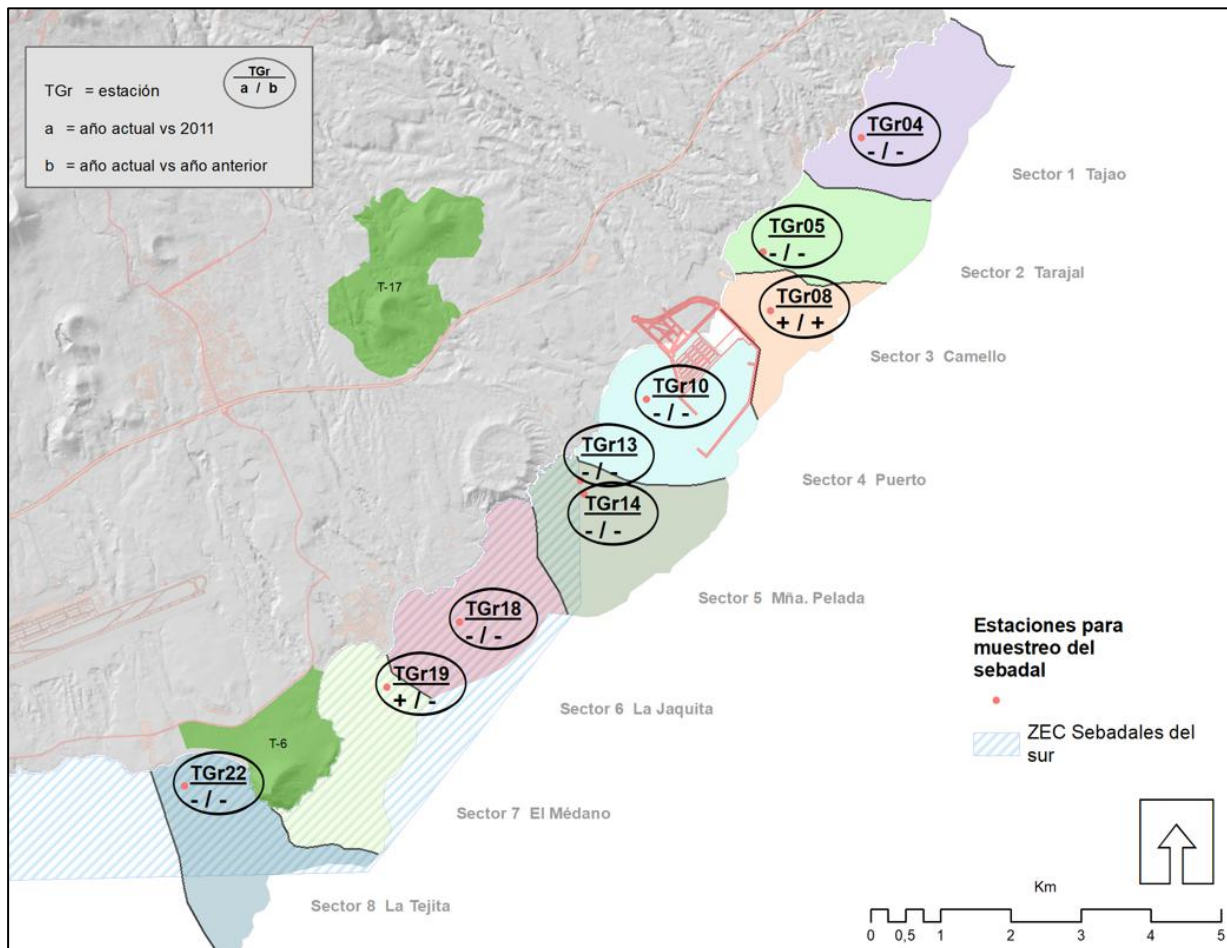


Figura 127: Valoración general de los sebadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2024 en relación con 2011 (referencia) / y la situación de 2024 en relación con 2022

En 2024, todas las estaciones, salvo una, y en muchos de los parámetros vigilados, presentan valores medios por debajo de los iniciales de referencia. Con respecto a 2022 y de forma generalizada, todas las estaciones presentan un decremento en los parámetros de estudio, salvo la TGr08, en la que aumentan. Este hecho, junto con lo anteriormente expuesto, hace necesario, como ya se ha comentado, un estudio en profundidad y toma de medidas, si el informe exclusivo, una vez se disponga de los datos de 2025, así lo recomienda.



6.6.8 Evaluación general de la biodiversidad

La valoración del sector “La Tejita” es desfavorable en declive, tras la aparente desaparición del sebadal. En los sectores “El Médano”, “La Jaquita” y “Montaña Pelada” continúa siendo de “favorable mantenida”. Se mantiene esta calificación por el comportamiento general de los valores de los parámetros, pero, al estar estos tres sectores dentro de la ZEC, habrá que vigilar de cerca la evolución del sebadal, por la disminución de su calidad, con respecto a 2022, e 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 imponen esta calificación. El sector Puerto es catalogado como “desfavorable en declive”, ya que se mantiene el declive de la seba. La biodiversidad en los sectores “Tarajal” y “Tajao” ha sido catalogada como “favorable mantenida”, dado que también hay un empeoramiento de la calidad del sebadal (Figura 128). El sector “Camello” se ha catalogado como con biodiversidad “desfavorable sin cambios”, manteniendo la categoría del año pasado.

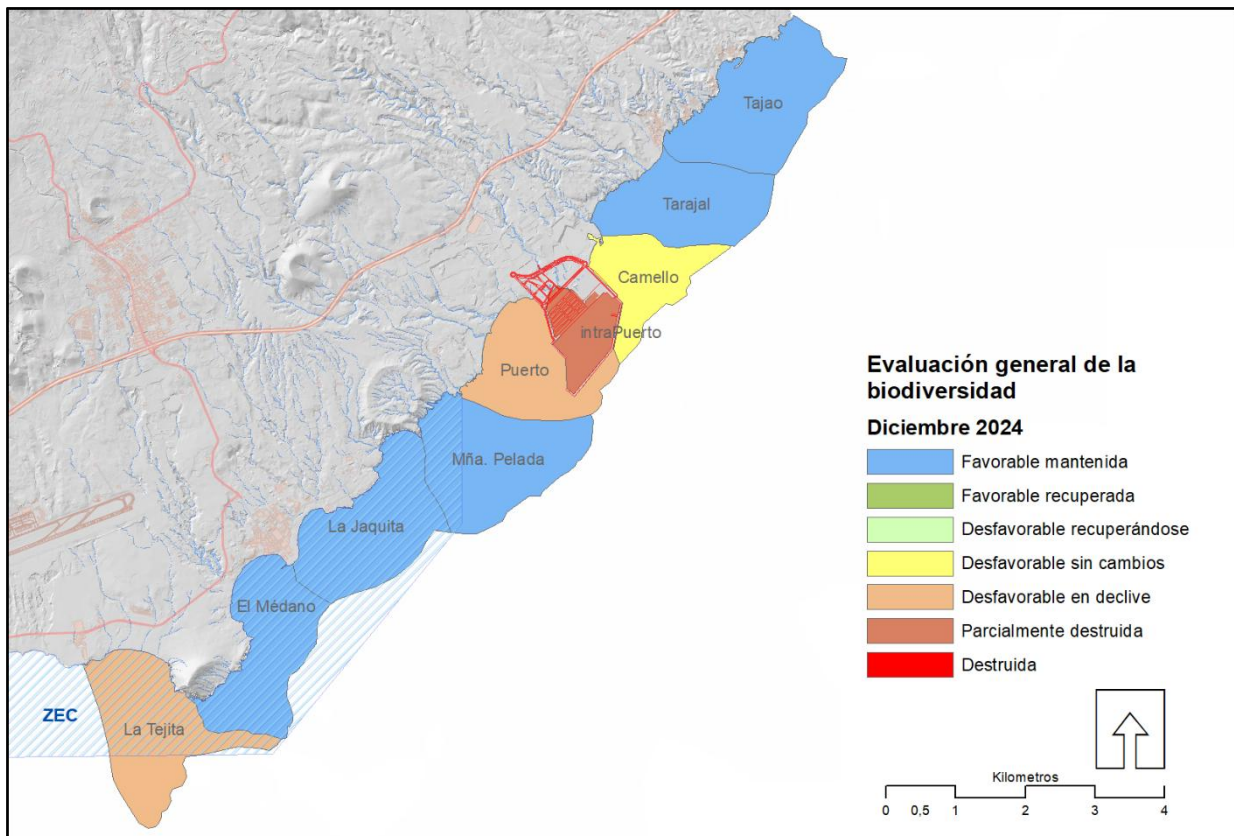


Figura 128: Valoración general de la biodiversidad en 2024

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**, pero es necesario hacer un seguimiento exhaustivo al sebadal del sector La Tejita.



Figura 129: 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 valores de 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 seadales al norte de la ZEC han perdido densidad, como en 2014, y también dentro de la ZEC, aunque no tanto, a pesar de que allí la vitalidad de las plantas es buena. En La Jaquita y El Médano no se habían registrados valores tan bajos desde 2011. Interesa saber si esta reducción marca tendencia o no.
- Año 2017 **Favorable mantenido:** Los valores de 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 seadales de la ZEC han perdido en cobertura pero ganado en densidad, obteniéndose en la campaña estival de 2017 los valores más altos hasta ahora registrados en las tres estaciones que se ubican dentro de ésta. La valoración del año pasado concluyó (ver más arriba) con que habría que ver si la reducción marcaba tendencia o no. Obviamente no marca tendencia, denotando una vez más la compleja dinámica del sebadal.
- Año 2018 **Favorable mantenido:** Los valores de 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 seadales 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 valores de los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados, sin superar los valores que suponen un peligro para el medio ambiente. El sebadal por encima del puerto y la que queda en la zona aplacerada, al sur del contradique, es el que ha sufrido mayores variaciones. Por encima del puerto, el sebadal se mantiene en muy buen estado, de forma generalizada, a cotas por debajo de los -10m, o por encima de los -20m. Entre estas dos profundidades, en las estaciones más próximas a la obra de abrigo, el sebadal únicamente está constituido por “islas” de seba, y 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 sebadal de la ZEC, aunque disminuyen los registros en algunos parámetros con respecto al año anterior, se mantiene en buen estado.



- Año 2020 **Favorable mantenido:** Los valores de los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados, sin llegar a valores que supongan un peligro para el medio ambiente. Aunque queda fuera de la ZEC, el sebadal al Norte del puerto se ha recuperado considerablemente. El sebadal en la zona de influencia del puerto, dentro de la ZEC se mantiene en muy buen estado, aunque los parámetros en los alrededores de la estación TGr19 presentan disminución en sus valores, observándose en verano cifras por debajo de los de invierno, hecho éste hasta ahora nunca producido en ninguna estación de Granadilla.
- Año 2021 **Favorable mantenido:** Los valores de los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados, sin llegar a valores que supongan un peligro para el medio ambiente. Los sebadales de la ZEC han ganado en densidad de hojas y de haces. Hay disminución en las cifras 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 valores de los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados. Los sebadales 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 los números 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.
- Año 2023 **Favorable mantenido:** Los valores de los parámetros analizados se mantienen dentro de la normalidad, aunque continúan los valores altos en algunos metales pesados y otros parámetros. Los transectos de vídeo muestran un mantenimiento en los sebadales de la ZEC, exceptuando la estación situada en el sector La Tejita. 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, donde también ha disminuido su abundancia, aunque ésta es muy dependiente de las condiciones oceanográficas.

Año 2024 **Favorable mantenido:** En general, los valores de los parámetros físicos analizados se mantienen dentro de la normalidad, si bien persisten en algunos metales pesados y otros parámetros, valores llamativamente próximos a los máximos de los umbrales de referencia. Junto a esto, los transectos de vídeo no muestran una degradación en los seadales de la ZEC en el área de vigilancia, no así las vistas en la estación situada en el sector La Tejita, que han permitido detectar un importante declive de la salud de la biocenosis de ese sector, también reflejado en la síntesis del mapa bionómico por teledetección. Téngase en cuenta, como fundamento de esta asignación de “favorable mantenido” y sin perjuicio de lo anterior, que se valora más el conocimiento adquirido en la exploración física que los indicios que arrojan los análisis matemáticos y técnicos; muy útiles, por otro lado, para descubrir amenazas o tendencias preocupantes.



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) **“6.3.2.- Derrame accidental de hidrocarburos”**: el puerto cuenta con un Plan Interior Marítimo (PIM) que obliga al cierre total de la bocana mediante barrera anticontaminación si fuera necesario. Se ha realizado trasvase “Ship to ship” en el puerto de Granadilla. A pesar de que, tal y como ha informado la Fundación a la APSCTFE en varias ocasiones y ha dado cuenta en su web, la barrera de la que se dispone en el contradique no es lo suficientemente larga para llevar a cabo este cierre y el resto de medios que se exigen en el PIM se hallan deteriorados o no funcionales actualmente. El OAG considera que es urgente su puesta al día y renovación, para proteger el medio marino de los efectos de un derrame accidental.
- 2) **“6.3.3.- Residuos flotantes y basuras”**: se sigue sin disponer de la embarcación necesaria para llevar a cabo la limpieza de la dársena.
- 3) **“6.4.- Geodinámica litoral”**: es necesario establecer, a la mayor brevedad posible, la infraestructura necesaria en el punto de vertido para la reposición de arena en la costa de Granadilla, o reponer éste, de otra forma, hasta que esté definitivamente construido.
- 4) **“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 vigilar de forma continua, actuando cuando sea necesario.

— o O o —

EN SANTA CRUZ DE TENERIFE, A 29 DE DICIEMBRE DE 2025

DOCUMENTO FIRMADO ELECTRÓNICAMENTE

EL EQUIPO DE TRABAJO:

Dr. José María Espinosa Gutiérrez
Biólogo marino

Víctor Barrios Padilla
Biólogo marino

José Andrés Sevilla Hernández
Experto GIS

Revisión y maquetación

Gema de La Rosa Medina
Lcda. en periodismo





Índice de tablas

Tabla 1: Fechas y volúmenes vertidos en las distintas pruebas hasta final de 2022.....	17
Tabla 2: Valores de referencia para el ruido.....	22
Tabla 3: veces que se supera el máximo nivel de presión sonora (1 minuto/quincena) en 2019-2024	24
Tabla 4: Resultados del cambio para distintas mediciones hipotéticas de 2011 y 2024 en 10 puntos ficticios. En rojo se marcan pérdidas de material (hundimiento). En azul las acumulaciones /elevación). El valor mayor de cada par se representa en negrita.....	53
Tabla 5: Retranqueo de la línea de playa por metro de desnivel de marea y evolución del desplazamiento neto en los extremos S y N entre el 2 de febrero de 2013 y el 31 de octubre de 2024 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).....	69
Tabla 7: Campañas de muestreo	73
Tabla 8: Valores oceanográficos.....	74
Tabla 9: Valores de temperaturas medias, máximas y mínimas obtenidas en las distintas anualidades	75
Tabla 10: Valores de pH medios, máximos y mínimos obtenidos en las distintas anualidades.....	76
Tabla 11: Evolución de la concentración de clorofila a en la costa de Granadilla	78
Tabla 12: Extracto Anexo IV.A RD 817/2015 Normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y otros contaminantes.....	97
Tabla 13: Resumen de los datos analíticos de la costa de Granadilla: 2015-2024. Se resaltan en rojo los valores incrementados con respecto al año anterior	98
Tabla 14: Evolución de la concentración de materia orgánica en sedimentos a en la costa de Granadilla	101
Tabla 15: Evolución de la concentración de hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos en la costa de Granadilla.....	101
Tabla 16: Evolución de la concentración de nitrógeno total en sedimentos en la costa de Granadilla.....	102
Tabla 17: Evolución de la concentración de fósforo total (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla	103
Tabla 18: Evolución de la concentración de fosfatos (mg/kg) en sedimentos en la costa de Granadilla.	103
Tabla 19: Concentraciones de fósforo total y fosfatos en sedimentos por estación de 2018-2024 (mg/kg).....	105
Tabla 20: Resumen de metales pesados en sedimentos de la costa de Granadilla, 2014-2024. En verde los que han disminuido y en rojo, los que han aumentado respecto al año anterior	106
Tabla 21: Valores recomendados en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).....	111
Tabla 22: Extracto Anexo V.A RD 817/2015 Normas de calidad ambiental para las sustancias preferentes.....	113
Tabla 23: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2018	115
Tabla 24: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2019	115
Tabla 25: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2020	117
Tabla 26: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2021	118
Tabla 27: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2022	119
Tabla 28: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2023	120
Tabla 29: Resumen de valores de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones. Granadilla 2024	121
Tabla 30: Campaña de peces del primer semestre de 2024. Número de ejemplares.....	133
Tabla 31: Campaña de peces del segundo semestre de 2024. Número de ejemplares.....	133

Tabla 32: Tipos de hábitats bentónicos y su código	136
Tabla 33: Tipologías bentónicas anteriores a los nuevos algoritmos y actuales	151
Tabla 34: Extensión y diferencias anuales (2016 a 2018, en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea nodosa</i>	160
Tabla 35: Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de <i>C. nodosa</i>	164
Tabla 36: 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.	166
Tabla 37: Extensión y diferencias anuales (2016 a 2019 en ha) de las clases de comunidad de <i>Cymodocea</i>	166
Tabla 38: Superficie de las distintas clases bionómicas por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2023	170
Tabla 39: Superficie de las distintas clases de sebadal por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2023	170
Tabla 40: Superficie de las distintas clases bionómicas por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2024	173
Tabla 41: Superficie de las distintas clases de sebadal por sector de vigilancia del PVA actualizados a 2024	174
Tabla 42: Cambios por clase y sector. Azul: ganancias; rojo: pérdidas. La intensidad del color denota la magnitud del cambio	174
Tabla 43: Tipificación de los parámetros descriptivos del sebadal.....	181
Tabla 44: Estado de referencia de sebadal en la costa de Granadilla, fase estival (noviembre 2011)	182
Tabla 45: Parámetros descriptivos de las estaciones de sebadal en la costa de Granadilla, en 2024. Verde = aumenta; rojo=mengua respecto a septiembre de 2011.....	183
Tabla 46: Tabla cromo analítica comparando la situación invernal y estival de los años 2022 con 2024. Verde = aumenta; rojo = disminuye; gris = cambio no significativo	184
Tabla 47: Biomasa de la campaña de 2024 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	188



Índice de figuras

Figura 1: Relleno de la explanada (15-05-2024)	12
Figura 2: Zona de la explanada sin rellenar (19-12-2024).....	13
Figura 3: Útiles pendientes de ser retirados en Montaña Roja (02-01-2024).....	14
Figura 4: Mapa de las tres áreas de muestreo establecidas en el archipiélago	16
Figura 5: Punta Brava y Punta del Risco. Zona de caracterización	18
Figura 6: Tabla de materiales de 2024 publicada en la web del OAG.....	20
Figura 7: Extracto de lo informado en la web del OAG	21
Figura 8: Estaciones de medición de partículas en suspensión (GrAT) y de ruido (Er).....	22
Figura 9: medición de ruido en 2024 (1 minuto cada quincena) en las tres estaciones	25
Figura 10: Extracto de lo informado en la web del OAG	26
Figura 11: Extracto de lo informado en la web del OAG	27
Figura 12: Seguimiento web de la adecuación cromática de los edificios portuarios.....	28
Figura 13: Seguimiento del uso de la flora local en la web	29
Figura 14: Seguimiento web del uso y ubicación de los callaos.....	30
Figura 15: Seguimiento web de la restauración de la zona de obras	31
Figura 16: Trasvase "Ship to ship" llevado a cabo en abril de 2024	34
Figura 17: Cajones al descubierto del martillo de la obra de abrigo.....	35
Figura 18: Extracto de lo informado en la web del OAG	36
Figura 19: Extracto de lo informado en la web del OAG	37
Figura 20: 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	42
Figura 21: 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	42
Figura 22: 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	43
Figura 23: Rebotes de ola y derivaciones (02/06/2017)	44
Figura 24: Ejemplo de georreferenciación. Puntos de control y resultado final de la técnica sobre el mapa de la IDE Canarias Ortoexpress del Gobierno de Canarias	45
Figura 25: Toma satelital del 17 de julio de 2020	46
Figura 26: Diferencias batimétricas (> -2m) entre 2011 y 2015	47
Figura 27: a y b: Método KNN con distintas zonas de entrenamiento. C) Subspace KNN. Las manchas amarillas (S de Montaña Roja y NE de la imagen) corresponden a zonas de maërl.	50
Figura 28: Detalle del resultado del cálculo batimétrico en Bahía de El Médano con la zona de entrenamiento (recuadro blanco). A la derecha la gráfica del ajuste sigmoide.	51
Figura 29: Ejemplo de batimetría sin ruido. Modelo batimétrico obtenido a partir de isóbatas del estudio de Aemon en 2008 para la APSCTFE.....	51
Figura 30: Diferencias (2011-2024) arrojadas por la aplicación IprISat a partir de imágenes de satélites WorldView. En la parte superior, el modelo batimétrico de cada imagen	52
Figura 31: Pluma de emisión de aguas fecales en Pelada a través de un emisario submarino.....	55
Figura 32: Histograma de pérdidas y ganancias en el estudio preliminar de alteraciones entre 2011 y 2022.....	56
Figura 33: Esquema del oleaje de una playa, tomado de Ortíz, Idalí and Mónica Galicia Jiménez, 2012.....	57
Figura 34: Playa de Tarajales en marea baja	58
Figura 35: Playa de Tarajales en marea alta	58
Figura 36: Playa de Los Tarajales (31/08/2024)	61
Figura 37: Playa de La Caleta (31/08/2024).....	62
Figura 38: Playa de El Medio (31/08/2024).....	62
Figura 39: Playa Punta del Vidrio (31/08/2024)	63
Figura 40: Playa de Pelada (31/08/2024)	63

Figura 41: Playa de La Jaquita (31/08/2024)	64
Figura 42: Playa de El Médano (31/08/2024).....	64
Figura 43: Playa de La Tejita (31/08/2024).....	65
Figura 44: Cambio en la referencia de la medición del retraimiento en el extremo sur de la playa de Punta del Vidrio.....	66
Figura 45: 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.	68
Figura 46: Playa Punta del Vidrio: 2011 (azul). La rompiente de 2011 en azul claro. Sucesivas mediciones en tonos de malva a rojo según antigüedad. 2023 en amarillo.	68
Figura 47: Cambios en la orientación en el eje de las playas en 2024	69
Figura 48: Evolución de los ángulos de basculamiento. Se ha sombreado la proyección a un año vista de la tendencia, calculada con un polinomio cuadrático.	70
Figura 49: Playas objeto del levantamiento batimétrico	71
Figura 50: Sectores y estaciones de muestreo de aguas desde comienzo del PVA.....	72
Figura 51: Evolución de la temperatura del agua en la estación TGr14 (medición con sonda) 2011 - 2024.....	75
Figura 52: Registro del pH en la estación Dársena (TGr09) (2012-2024)	77
Figura 53: Salinidad medida con sonda en la Dársena (TGr09), desde 2016 a 2024.....	77
Figura 54: Arriba: evolución de la concentración de clorofila proveniente de análisis de laboratorio entre 2011 y 2024 en todas las estaciones. Abajo: Concentración de clorofila del periodo del 2022 al 2024.....	79
Figura 55: Evolución 2011-2024 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.....	80
Figura 56: Extracto del Anexo II.F.2. del RD 817/2015. Tipo de aguas: puertos	82
Figura 57: Extracto del Anexo II.E.1 y E.2 del RD 817/2015. Tipo de aguas: aguas costeras.....	83
Figura 58: Concentración de nitritos, nitratos y fosfatos en las estaciones a lo largo de la costa de Granadilla; desde 2011 a 2024.....	84
Figura 59: Concentraciones de materia en suspensión. Arriba: evolución temporal 2012-2024 según las estaciones. Abajo: datos de 2017 a 2024.....	85
Figura 60: Concentraciones de amonio a lo largo de la costa de Granadilla (2012-2024)	85
Figura 61: Carbono orgánico total. Evolución temporal 2011-2024.....	86
Figura 62: Concentraciones de aceites y grasas a lo largo de la costa de Granadilla. Arriba: periodo 2011-2024. Abajo: concentración del periodo 2023-2024.....	86
Figura 63: Concentraciones de detergentes a lo largo de la costa de Granadilla (2011-2024)	87
Figura 64: Evolución de hidrocarburos totales 2011-2024 en la costa de Granadilla	87
Figura 65: Distribución de la concentración de hidrocarburos totales en el periodo 2017-2024 en la costa de Granadilla.....	87
Figura 66: Extracción Anexo V.A del RD 817/2015. Normas de calidad ambiental para sustancias preferentes.....	89
Figura 67: Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (I).....	90
Figura 68: Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (II)	91
Figura 69: Evolución de parámetros químicos y contaminantes en la estación TGr09 (III).....	92
Figura 70: Evolución de concentraciones de <i>E. coli</i> y de <i>Enterococos</i> fecales en la estación TGr50	93
Figura 71: Evolución de concentraciones de <i>E. coli</i> y de <i>Enterococos</i> fecales en la estación TGr51	93
Figura 72: Clasificación D50 de los sedimentos en el tercer trimestre de 2011 (referencia)	94
Figura 73: Clasificación D50 de los sedimentos de 2024. Arriba: 1 ^{er} semestre. Abajo: 2 ^o semestre	95
Figura 74: Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE. Tercer cuatrimestre de 2011 (referencia)	95
Figura 75: Composición granulométrica de 100 gr de sedimentos a lo largo de la costa de Granadilla de SW a NE en 2024. Arriba: 1 ^{er} semestre. Abajo: 2 ^a semestre.....	96
Figura 76: Variación temporal (2011-2024) de la materia orgánica en sedimentos en la costa de Granadilla	101
Figura 77: Variación temporal (2011-2024) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla	102
Figura 78: Variación temporal (2014-2024) de los hidrocarburos totales en sedimentos en Granadilla	102



Figura 79: Variación temporal (2011-2024) del nitrógeno Kjeldahl en Granadilla	103
Figura 80: Variación temporal (2011-2024) del fósforo total en las estaciones en Granadilla	103
Figura 81: Variación temporal (2011-2024) de fosforos en sedimentos Granadilla	104
Figura 82: Variación temporal (2020-2024) de fosforos en sedimentos Granadilla	104
Figura 83: Concentración de cadmio y plomo en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2024.....	109
Figura 84: Concentración de zinc, cobre, níquel y cromo en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2024.....	110
Figura 85: Concentración de mercurio y arsénico en sedimentos de la costa de Granadilla en el periodo 2011-2024.....	111
Figura 86: Mapa de calidad de aguas, a diciembre de 2024	122
Figura 87: Mapa de calidad de sedimentos, a diciembre de 2024	124
Figura 88: Mapa de estaciones y transectos de muestreo	125
Figura 89: Fases de construcción del modelo 3D a partir de fotografías extraídas del vídeo. Desde la esquina inferior izquierda hasta la superior derecha, nube de puntos, nube densa de puntos, malla de triangulación, modelo coloreado, modelo texturizado	127
Figura 91: Reconstrucciones de los transectos de TGr16, TGr17 y TGr12b. A la derecha, una instantánea de las orografías.	127
Figura 92: reflejos insidiosos que afectan al software de reconstrucción 3D.....	127
Figura 93: Reconstrucción defectuosa (mal) frente a exitosa (bien). En azul se representa la posición de la cámara al momento de la toma en cada instante.	128
Figura 93: Mapas de los distintos transectos del dominio submareal que se muestrean con escafandra autónoma dentro del PVA.	130
Figura 94: Transectos con su espectro bionómico: invierno de 2024 (abril).....	134
Figura 95: Transectos con su espectro bionómico en verano de 2024 (septiembre).....	135
Figura 96: Aspecto de los distintos hábitats tipificados	137
Figura 97: Simbología empleada en los diagramas bionómicos.....	138
Figura 98: Clasificación detallada de los transectos. En azul, comparación de la longitud de los transectos (invierno 2024).....	139
Figura 99: Clasificación detallada de los transectos. En azul, comparación de la longitud de los transectos (verano 2024)	140
Figura 100: Transecto Pelada en 2024. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo).....	141
Figura 101: Transecto Lajón en 2024. Perfil bionómico invernal (arriba) y estival (abajo)	142
Figura 102: Transecto Embarcadero en 2024. Perfil bionómico invernal (arriba), y estival (abajo).....	143
Figura 103: Espectros bionómicos del transecto embarcadero realizados al norte del puerto de Granadilla (2011-2024)	145
Figura 104: Espectros bionómicos del transecto Lajón al sur de Granadilla (2011-2024)	146
Figura 105: Espectros bionómicos del transecto Pelada al sur de Granadilla (2011-2024).....	147
Figura 106: Espectros bionómicos del transecto Travieso (2017-2024).....	148
Figura 108 Recintos de entrenamiento para el proceso de clasificación. En esas regiones existen ejemplos conocidos de los sustratos para los que se quiere entrenar al software	152
Figura 108: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 1 de diciembre de 2011 (Fuente OAG)	154
Figura 109: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 4 de octubre de 2013 (Fuente OAG)	155
Figura 110: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 22 de septiembre de 2014 (Fuente OAG)	156
Figura 111: Mapa bionómico de referencia correspondiente al 31 de julio de 2015 (Fuente OAG).....	157
Figura 112: Mapa bionómico correspondiente al 2 de diciembre de 2016 (Fuente OAG).....	158
Figura 113: Mapa bionómico de “2017” (a partir de imagen del 22 de enero de 2018. Fuente OAG)	159
Figura 114: Mapa bionómico correspondiente al 21 de abril de 2018. Fuente OAG).....	161
Figura 115: Mapa bionómico correspondiente al 21 de diciembre de 2019. Fuente OAG).....	163
Figura 116: Mapa bionómico correspondiente al 30 de octubre de 2021 (Fuente OAG).....	165
Figura 117: Mapa bionómico correspondiente al 23 de octubre de 2022 (Fuente OAG).....	168
Figura 118: Mapa bionómico correspondiente al 29 de octubre de 2023 (Fuente OAG).....	169
Figura 119: Mapa bionómico correspondiente al 31 de agosto de 2024 (Fuente OAG).....	172

Figura 121: Subdivisión del ámbito del análisis N/S, mostrando el solape entre ambas porciones.	173
Figura 121: Distribución de comunidades por sectores de vigilancia.....	175
Figura 122: Gráficos de las ganancias y pérdidas por clase, en cada sector, según los datos mostrados en la tabla anterior	176
Figura 123: Estaciones de seguimiento del estado fisiológico de las sebas	180
Figura 124: Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones al norte del Puerto.....	185
Figura 125: Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones próximas al sur del puerto.....	186
Figura 126: Evolución de la densidad de haces por m² en las estaciones de la ZEC	187
Figura 127: Valoración general de los seabadales por sectores de la costa expresando con signos (+, -, =) la situación de 2024 en relación con 2011 (referencia) / y la situación de 2024 en relación con 2022.....	189
Figura 128: Valoración general de la biodiversidad en 2024	190
Figura 129: Extremo NO de la ZEC “Sebadales del Sur de Tenerife” (en verde)	191



8 ANEXOS

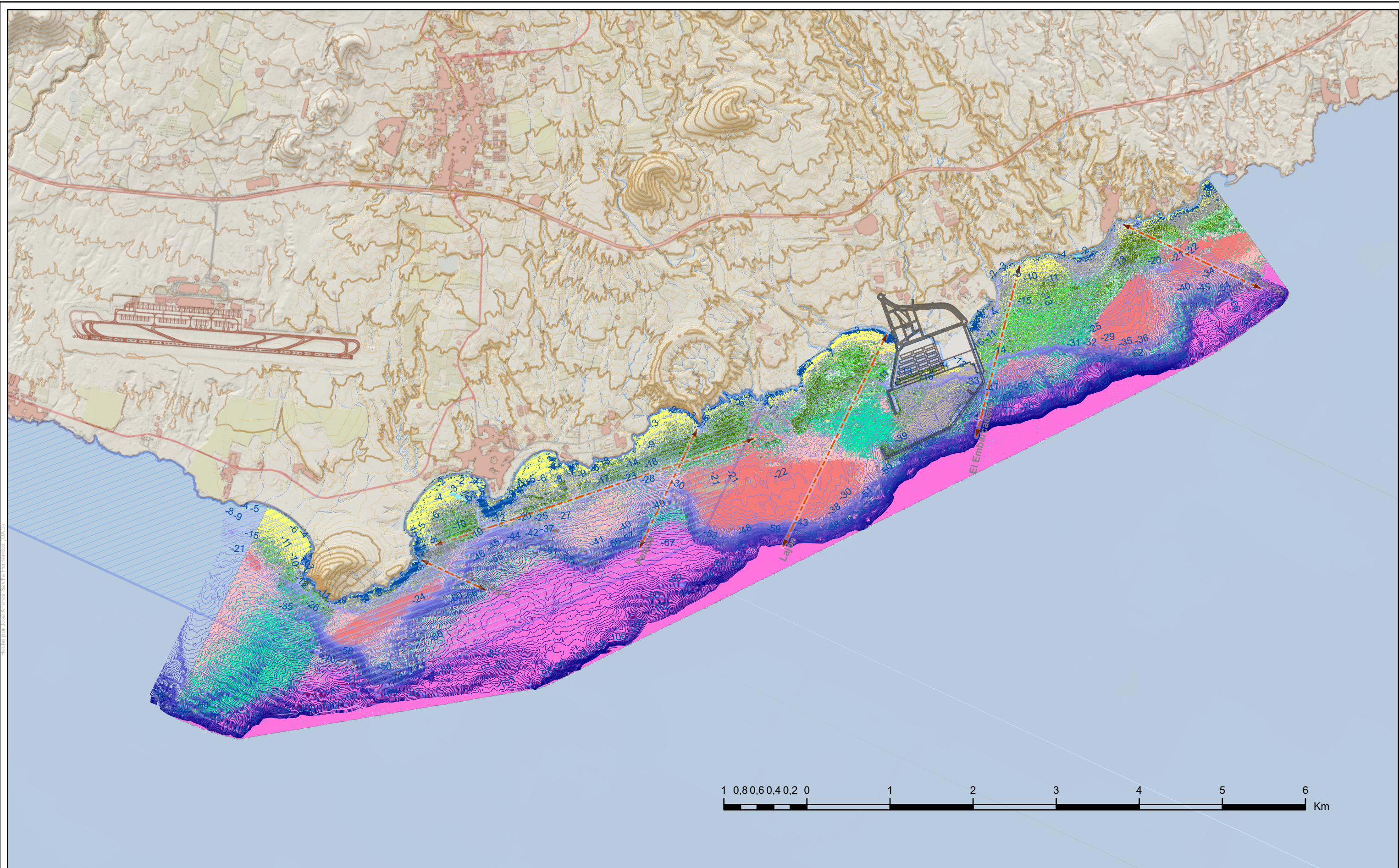
ANEXO I:

RELACIÓN ACTUALIZADA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DEL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL Y DE LAS TENDENCIAS DE LA BIOSIDVERSIDAD LOCAL (2024)

Código	Denominación	Latitud	Longitud	Destino
TGr04	La Caleta	28° 06'04,154"N	16°28'23,653"W	Trampa, sonda, agua, sedimentos, seba
TGr05	Tarajales	28°05'17,482"N	16° 29'09,075"W	Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, seba, plancton y estacado
TGr08	Lajón	28°04'53,592"N	16°29'05,641"W	Trampa, sonda, agua, sedimentos, infauna, seba, plancton y estacado
TGr09	Dársena	28°04'21,402"N	16°29'29,298"W	Sonda, agua, micro, sedimentos, plancton e infauna
TGr10	Medio	28°04'17,543"N	16°30'02,731"W	Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna, demersal, seba, plancton
TGr12b	ITER	28° 3' 53,991" N	16° 30' 34,268" W	Com. supra e intermareal
TGr13	Abejera	28°03'45,529"N	16°30'32,604"W	Trampa, sonda, infauna, seba y estacado
TGr14	Charcón	28°03'38,779"N	16°30'31,596"W	Trampa, sonda, agua, microbiología, sedimentos, infauna y seba
TGr15	Pelada	28°03'28,328"N	16°29'36,898"W	Comunidad pelágica
TGr16	Rajita	28°03'43,178"N	16°30'51,924"W	Comunidad supra e intermareal, y erizo
TGr17	Punta Brava	28°03'01,452"N	16°31'28,737"W	Comunidad supra e intermareal, bentos y erizo
TGr18	Jaquita	28°02'46,776"N	16°31'29,094"W	Trampa, sonda, agua, sedimentos, bentos, infauna, demersal, plancton y seba
TGr19	Médano	28°02'20,285"N	16°32'02,451"W	Trampa, sonda, agua, sedimentos y seba
TGr22	Tejita	28°01'39,817"N	16°33'36,018"W	Trampa, sonda, agua, sedimentos, infauna, seba y estacado
TGr40	Martillo	28°04'04,354"N	16°29'39,672" W	Sonda, agua, sedimentos
TGr42	Sevilla	28° 4' 38,575" N	16° 29' 58,472" W	Com. supra e intermareal
TGr51	Pantalán	28° 4' 39,478" N	16° 29' 13,915" W	Agua, microbiología, sedimentos
TGr50	Dique	28° 3' 57,017" N	16° 29' 39,654" W	Agua, microbiología, sedimentos
PVert4	Verificación vertido 4	28° 3' 52,466"	28° 3' 52,466"	Control de vertido de arena
PVert2	Verificación vertido 2	28° 3' 53,570"	28° 3' 53,570"	Control de vertido de arena
MEDIO TERRESTRE				
GrAt_2	ITER	28°04'09,124"N	16° 30' 29,125" W	Captador de polvo
GrAt_3	Casetas	28°04'49,009"N	16° 30' 0,851" W	Captador de polvo
GrAt_4	Meteo OAG	28°04'48,982"N	16°30'1,337"W	Estación meteorológica
Er4	Polígono	28°04'42,416"N	16° 30' 12,445" W	Medidas de ruido
Er2	Casetas	28°04'49,946"N	16° 29' 58,336" W	Medidas de ruido
Er1	Rotonda	28°04'55,707"N	16° 29' 30,537" W	Medidas de ruido

ANEXO II:

MAPA BIONÓMICO DE LA COSTA DE GRANADILLA (2024)



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



FUNDACIÓN OBSERVATORIO
AMBIENTAL GRANADILLA
CIF G38951836
Edificio Puerto-Ciudad, Oficina 1B
38001 Santa Cruz de Tenerife
Islas Canarias - España
Tel.: +34 922 298 700 Fax: +34 922 298 704
info@oag-fundacion.org · www.oag-fundacion.org

ZEC	algar	sebadal denso	fondos profundos
transecto de vídeo en arrastre	arenal	sebadal medio	caulerpa
Línea de costa (2023)	blanquizal	sebadal laxo	Fango, cieno. agua lodosa
	maërl	sebadal vestigial	
	maërl mixto	suelos calcáreos	



PVA GRANADILLA

Mapa bionómico AGO 2024

Autor: Observatorio Ambiental Granadilla

Fecha: 24 de noviembre de 2025

ANEXO III:

NIVEL DE MAREA AL PASO DEL SATÉLITE

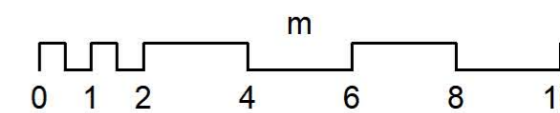
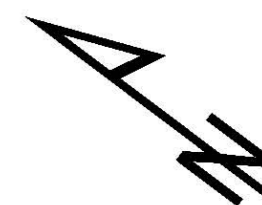
	Fecha	Hora	Mareas web (m)	Mareógrafo Granadilla	Mareas	Corriente boya V (cm/s) D (°)
1	18/09/2011	12:28 am	1,02	147 ^	Subiendo	V:30 D:36 ↗
2	29/10/2011	12:23 am	1,51	186 ^	Subiendo	V:37 D:20 ↗
3	01/12/2011	12:11 am	0,98		Baja - subiendo	V:24 D:233 ↙
4	20/12/2011	12:13 am	2,02		Bajando	V:36 D:232 ↙
5	09/01/2012	12:14 am	0,96		Subiendo	V:20 D:35 ↗
6	18/02/2012	12:05 am	1,02	191 v	Bajando	V:03 D:334 ↖
7	08/03/2012	12:06 am	1,07	226 ^	Subiendo	V:08,5 D:28,4 ↙
8	01/04/2012	12:22 am	1,16	158 v	Bajando	V:03,8 D:143,4 ↘
9	06/05/2012	12:33 am	1,32	267 ^	Alta - subiendo	
10	05/06/2012	12:28 am	1,49	259 ^	Alta - subiendo	V:37,4 D:40,33 ↗
11	13/07/2012	12:28 am	1,71	179 v	Bajando	
12	01/08/2012	12:27 am	1,88			
13	14/07/2012	12:05 am	2,05		Alta - sube	V:33,70 D:57,8 ↗
14	08/10/2012	12:20 am	2,16		Baja - sube	V:44,70 D:23,39 ↗
15	10/11/2012	12:03 am	2,26		Subiendo	V: 07,40 D:13,0 ↗
16	15/12/2012	12:13 am	2,32		Subiendo	V:40,50 D:43,25 ↗
17	02/02/2013	12:07 am	0,87	0,87	Subiendo	V:34,87 D:39,29 ↗
19	25/03/2013	12:27 am	2,21	2,21	Subiendo	V:18,33 D:57,93 ↗
20	09/06/2013	12:27 am	1,81	1,81	Bajando	Sin datos - ↗
21	25/07/2013	12:32 am	1,26	1,26	Subiendo	V:09,75 D:44,3 ↗
22	04/10/2013	12:18 am	2,19	2,19	Subiendo	
23	03/12/2013	12:09 am	2,44	2,44	Bajando	V:41,28 D:37,76 ↗
24	0/03/2014	12:10 pm	1,02		Bajando	V:33,50 D:237,5 ↙
25	16/03/2014	12,16 pm	2,2		Alta	V:6,63 D:60,34 ↗
26	01/05/2014	12:21 pm	1,42		Subiendo	V:9,26 D:11,75 ↗
27	22/06/2014	12:03 pm	1,86		Bajando	↙
28	03/07/2014	11:57 am	0,87		Subiendo	↗
29	22/09/2014	12:10 pm	2,15		Alta	-
30	04/01/2015	11:47 am	2,01		Alta, subiendo	V:23,69 D:49,42 ↗
31	02/03/2015	12:00 pm	2,00		Alta, bajando	V:1,69 D:323,34 ↖
32	03/05/2015	11:44 am	1,82		Subiendo	V: 23,94 D: 62,87 ↗
33	01/07/2015	11:53 am	2,02		Subiendo	V: 14,61 D: 56,33 ↗
34	31/07/2015	11:51 am	1,93		Subiendo	V: 22,96 D: 65,89 ↗
35	01/09/2015	12:09 pm	0,98		Subiendo	V: 27,9 D: 65,91 ↗
36	14/12/2015	11:37 am	1,18		Subiendo	V: 4,2 D: 19,4 ↗
37	04/01/2015	11:47 am	2,01		Alta, subiendo	V:23,69 D:49,42 ↗
38	02/03/2015	12:00 pm	2,00		Alta, bajando	V:1,69 D:323,34 ↖
39	2016/04/29	12:12 pm	0,92		Baja, subiendo	V: 18,32 D: 229,12 ↙
40	25/06/2016	12:13 pm	0,73		Baja, subiendo	V: 13,02 D: 197,15 ↙
41	01/08/2016	12:14 pm	2,15		Alta, bajando	
42	01/11/2016	12:05 pm	2,04		Alta, subiendo	
43	02/12/2016	12:06 pm	1,77		Subiendo	V: 14,18 D: 74,79 ↗
44	02/06/2017					
45	21/04/2018		0,77		Baja, subiendo	
46	21/12/2019	12:02 pm	1,33		Bajando	V: 11,82 D:258,61 ↙
47	04/09/2020	12:04 pm	1,50		Subiendo	No disponible
48	17/12/2021	11:44 am	1,95*		Alta, subiendo	No disponible
49	23/10/2022	12:03 pm	2,18		Alta, Bajando	No disponible
50	29/10/2023	11:49 am	2,038		Alta, subiendo	No disponible
51	31/08/2024	11:48	1,988		Alta, subiendo	

*en 2021 se corrige el nivel publicado en informe de 2021 (1,64)

ANEXO IV:

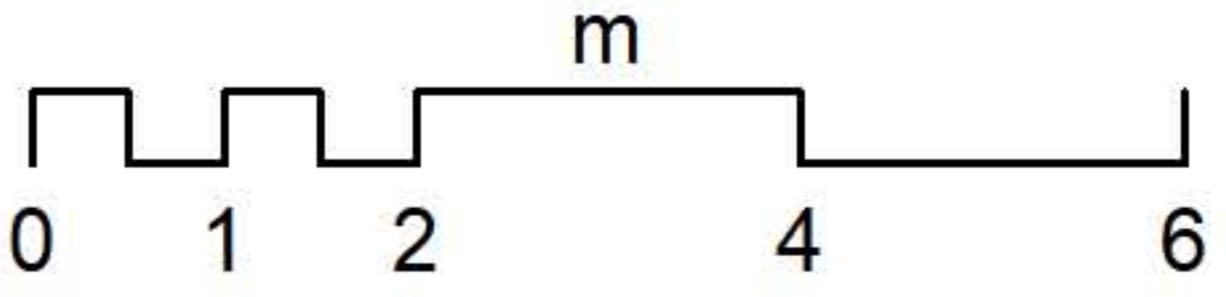
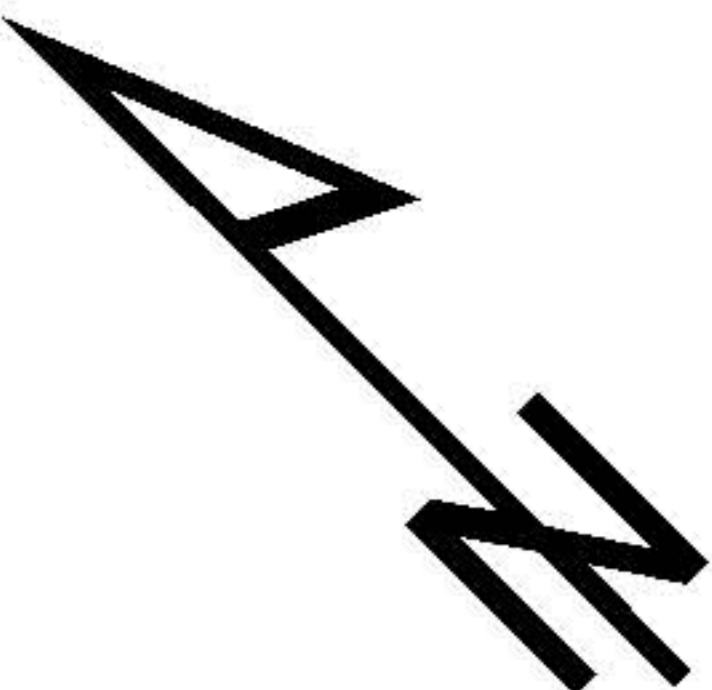
MAPAS TRANSECTOS INTERMAREALES

TGr17 Punta Brava



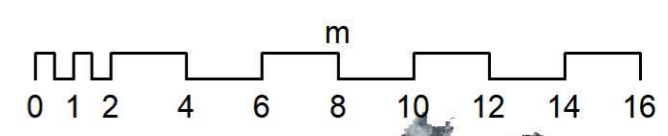
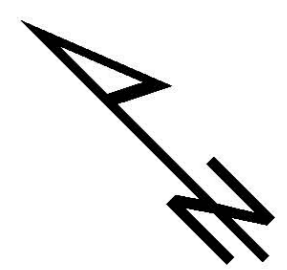
TGr17 Punta Brava invierno

TGr16 La Rajita



TGr16 La Rajita verano

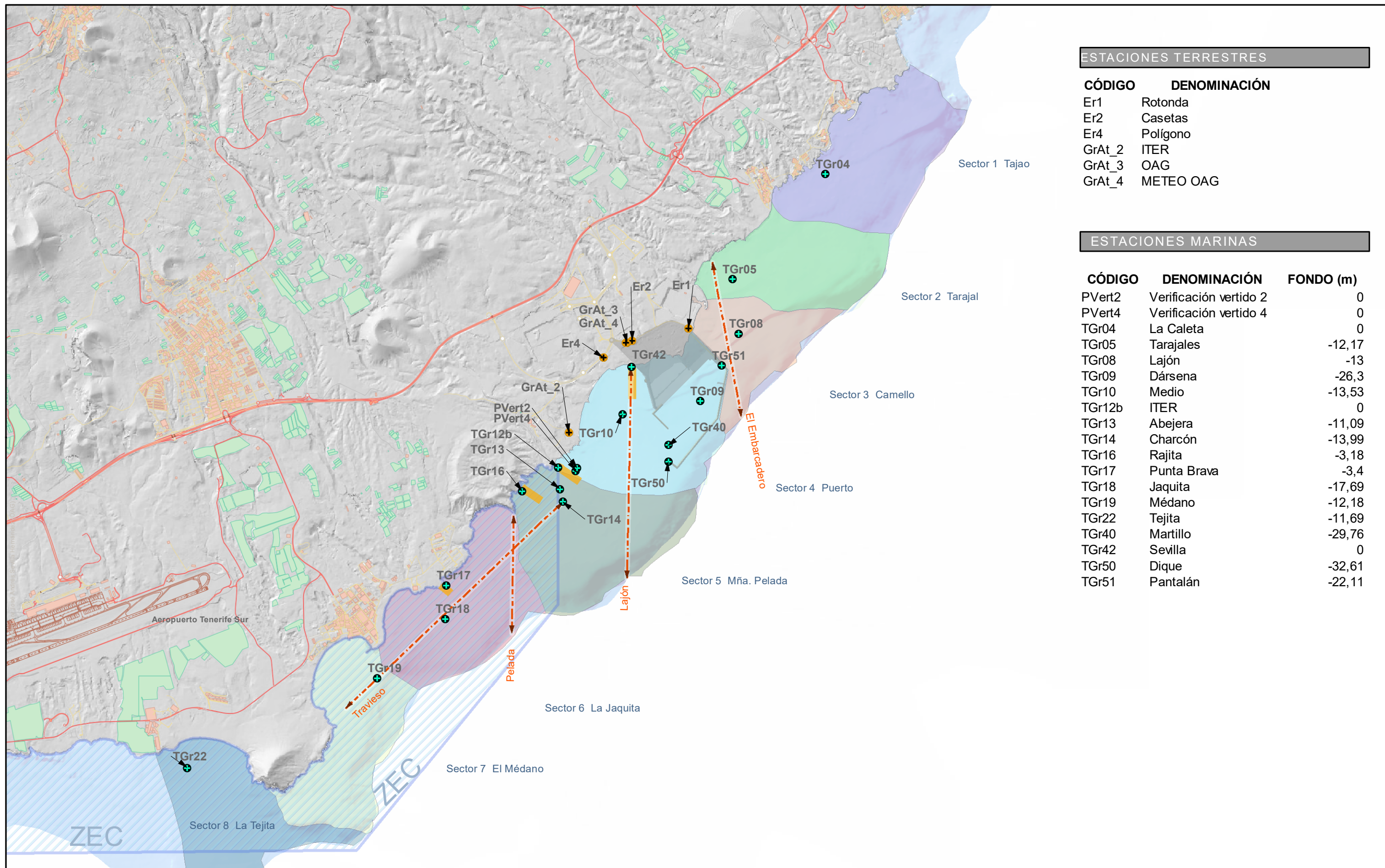
TGr12 ITER



TGr12b ITER (El Tancón) verano

ANEXO V:

MAPA ESTACIONES PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL Y DE LAS TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL (2024)



ESTACIONES TERRESTRES

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

ESTACIONES MARINAS

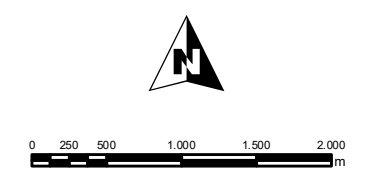
CÓDIGO	DENOMINACIÓN	FONDO (m)
PVert2	Verificación vertido 2	0
PVert4	Verificación vertido 4	0
TGr04	La Caleta	0
TGr05	Tarajales	-12,17
TGr08	Lajón	-13
TGr09	Dársena	-26,3
TGr10	Medio	-13,53
TGr12b	ITER	0
TGr13	Abejera	-11,09
TGr14	Charcón	-13,99
TGr16	Rajita	-3,18
TGr17	Punta Brava	-3,4
TGr18	Jaquita	-17,69
TGr19	Médano	-12,18
TGr22	Tejita	-11,69
TGr40	Martillo	-29,76
TGr42	Sevilla	0
TGr50	Dique	-32,61
TGr51	Pantalán	-22,11

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



FUNDACIÓN OBSERVATORIO AMBIENTAL GRANADILLA
 CIF G38951836
 Edificio Puerto-Ciudad. Oficina 1B
 38001 Santa Cruz de Tenerife
 Islas Canarias - España
 Tel.: +34 922 298 700 Fax: +34 922 298 704
 info@oag-fundacion.org - www.oag-fundacion.org

	estación marina		transecto de vídeo remolcado		ZEC
	estación terrestre		transecto submareal		Puerto de Granadilla



PVA GRANADILLA
 Estaciones y transectos de muestreo

Nº Mapa ANEXO D	Centro de datos 09 de diciembre de 2025
--------------------	--

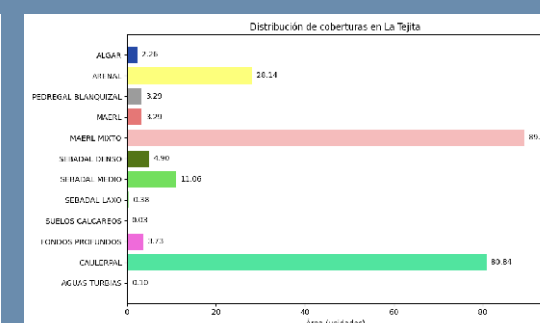
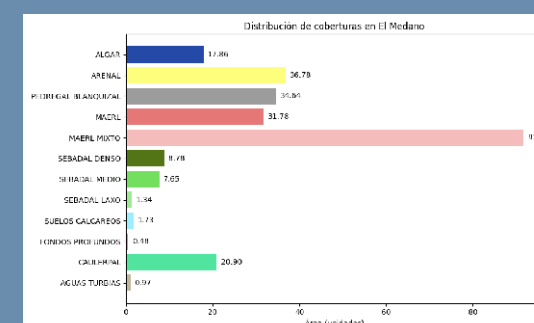
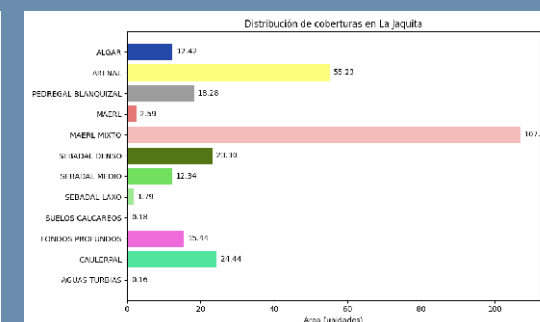
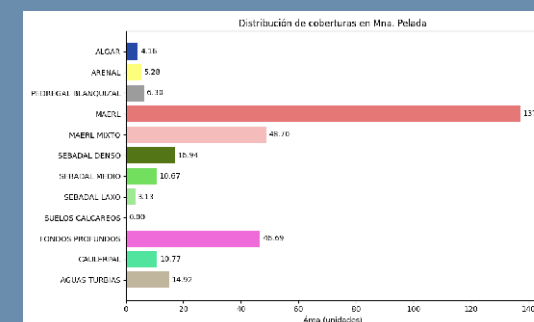
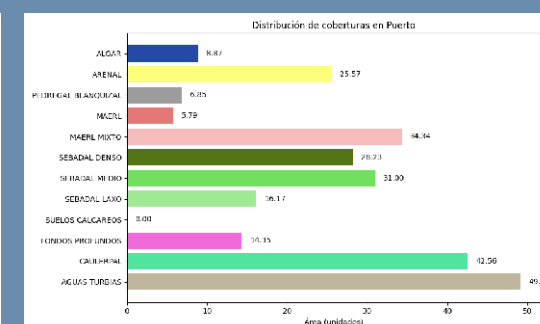
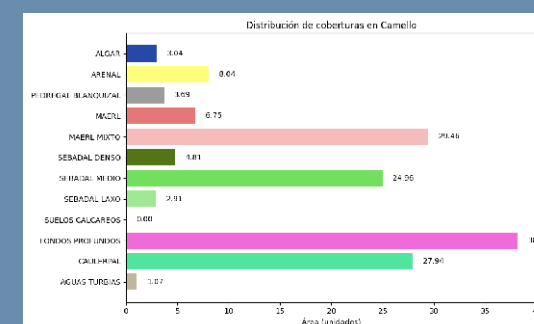
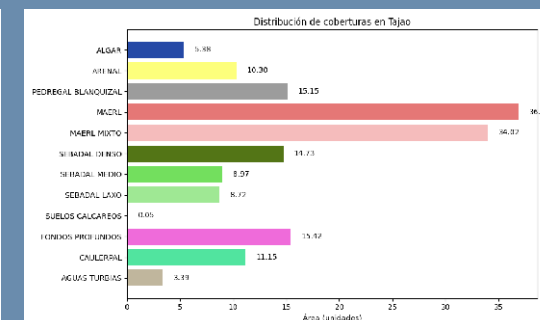
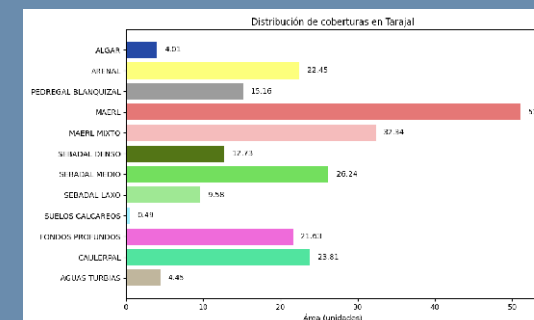
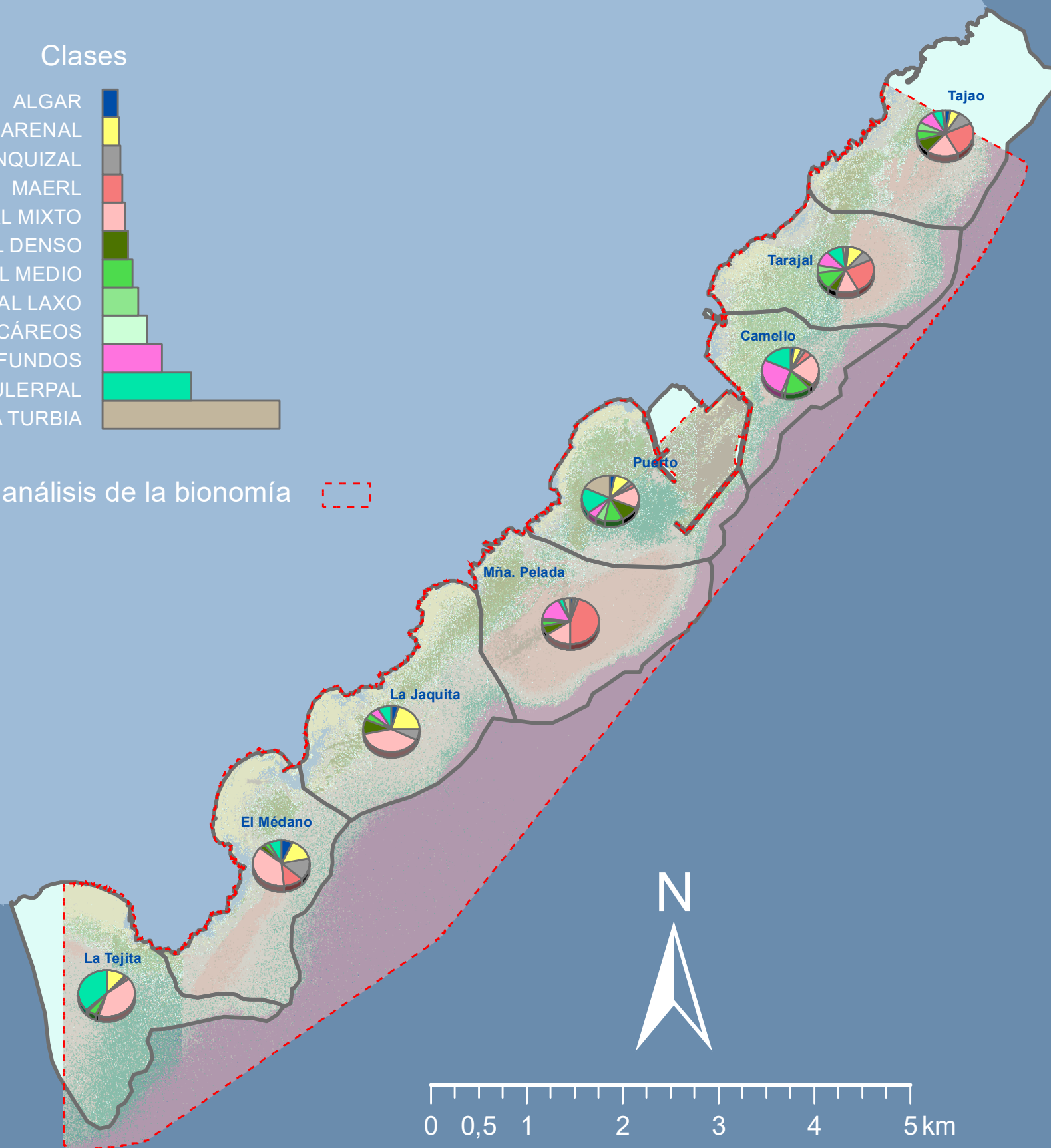
ANEXO VI:

MAPA DE SECTORES DE VIGILANCIA CON DISTRIBUCIÓN DE CLASES DEL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL Y DE LAS TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL (2024)

Clases



Límite del análisis de la bionomía



(c) 2025 OAG. Informe Anual 2024

Distribución de clases según sector de vigilancia

SECTOR	ALGAR	ARENAL	PEDREGAL/BLANQUIZAL	MAERL	MAERL MIXTO	SEBADAL DENSO	SEBADAL MEDIO	SEBADAL LAXO	SUELOS CALCÁREOS	FONDOS PROFUNDOS	CAULERPAL	AGUA TURBIA
Tajao	5,38	10,3	15,15	36,85	34,02	14,73	8,97	8,72	0,05	15,42	11,15	3,39
Tarajal	4,01	22,45	15,16	51,02	32,34	12,73	26,24	9,58	0,49	21,63	23,81	4,45
Mña. Pelada	4,16	5,28	6,3	137,15	48,7	16,94	10,67	3,13	0	46,69	10,77	14,92
La Jaquita	12,42	55,23	18,28	2,59	107,03	23,3	12,34	1,79	0,18	15,44	24,44	0,16
El Médano	17,86	36,78	34,64	31,78	91,61	8,78	7,65	1,34	1,73	0,48	20,9	0,97
Camello	3,04	8,04	3,69	6,75	29,46	4,81	24,96	2,91	0	38,15	27,94	1,07
La Tejita	2,26	28,14	3,29	3,29	89,32	4,9	11,06	0,38	0,03	3,73	80,84	0,1
Puerto	8,87	25,57	6,85	5,79	34,34	28,23	31	16,17	0	14,35	42,56	49,15