



INFORME para



*Autores:*

Director del proyecto: **Dr. Endika Quintano Erraiz**

**Dpto. Biología Vegetal y Ecología**

Dr. Endika Quintano Erraiz  
Dr. José María Gorostiaga Garai  
Dra. Isabel Díez San Vicente  
Dra. Nahiara Muguerza Latorre

**Dpto. Zoología y Biología Celular Animal**

Dr. José Ignacio Saiz Salinas  
Dra. María Bustamante González  
Dr. F. Javier Tajadura Martín

**Bilbao, 31 de marzo de 2023**

Si procede este documento deberá ser citado del siguiente modo:

Quintano E., Gorostiaga J.M., Díez I., Muguerza N., Saiz-Salinas J.I., Bustamante M., Tajadura F.J. 2023. Plan de Vigilancia Ambiental del medio receptor del vertido de la EDAR de Laga (T.M. Ibarangelua). Campaña 2022. Informe para el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia/Bilbao Bizkaia Ur Patzuergoa. 77 pp.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS .....	7
3. COLUMNA DE AGUA.....	9
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1.1. Situación de las estaciones de muestreo y obtención de las muestras .....	9
3.1.2. Métodos analíticos .....	10
3.1.2.1. Variables medidas “in situ” .....	10
3.1.2.2. Variables medidas en laboratorio.....	12
3.1.2.3. Variables derivadas .....	13
3.1.3. Metodología para la valoración de la calidad fisicoquímica del agua.....	14
3.2. RESULTADOS.....	15
3.2.1. Temperatura, pH y salinidad.....	15
3.2.2. Oxígeno disuelto.....	17
3.2.3. Condiciones ópticas.....	17
3.2.4. Turbidez.....	18
3.2.5. Sólidos en suspensión.....	19
3.2.6. Nutrientes inorgánicos disueltos .....	21
3.2.7. Estado de calidad fisicoquímica .....	22
3.3. DISCUSIÓN.....	23
4. COMUNIDADES BIOLÓGICAS .....	25
4.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1.1. Red de vigilancia y estrategia de muestreo .....	25
4.1.2. Variables biológicas estudiadas.....	26
4.1.3. Tratamiento estadístico de los datos.....	27
4.1.4. Valoración del estado ecológico de las comunidades .....	27
4.2. MACROALGAS: RESULTADOS .....	28
4.2.1. Estación 1 .....	28
4.2.2. Estación 2.....	29
4.2.3. Estación 3.....	30
4.2.4. Diferencias espacio-temporales de la vegetación.....	31
4.2.4.1. Parámetros estructurales de la vegetación.....	31
4.2.4.2. Similitud florística entre las estaciones .....	34
4.2.5. Discusión.....	37
4.3. FAUNA: RESULTADOS.....	38
4.3.1. Estación 1 .....	38
4.3.2. Estación 2.....	38
4.3.3. Estación 3.....	39
4.3.4. Diferencias espacio-temporales de la fauna .....	39

---

4.3.4.1. Parámetros estructurales de la fauna.....	39
4.3.4.2. Similitud faunística entre las estaciones .....	42
4.3.5. Discusión.....	45
<b>4.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS COMUNIDADES EN EL CONTEXTO DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA 2000/60/CE.....</b>	<b>46</b>
<b>5. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>51</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>57</b>
7.1. INVENTARIOS DE MACROALGAS.....	57
7.2. INVENTARIOS DE FAUNA .....	58
7.3. TABLAS DE COBERTURA .....	59
7.4. LISTA DE LOS TAXONES REGISTRADOS.....	64
7.5. ANEXO FOTOGRÁFICO .....	67

## RESUMEN

La estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Laga trata las aguas residuales de unas pocas edificaciones ubicadas en el arenal de Laga y vierte su efluente en una área rocosa cercana conocida como Galdaraposo. En la correspondiente Autorización de Vertido otorgada por la Agencia Vasca del Agua-URA se exige el seguimiento ambiental del impacto del vertido en el medio receptor. El Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia/Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa, como gestor del ciclo integral del agua de 16 municipios de la comarca de Urdaibai desde 2022, acordó un convenio de colaboración con la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea para la realización del estudio "Plan de vigilancia del medio receptor de la EDAR de Laga (T.M. Ibarangelua)"; estudio realizado previamente (2017-2021) para el Consorcio de Aguas de Busturialdea/Busturialdeko Ur Partzuergoa. Los objetivos de este plan de vigilancia son evaluar el impacto del vertido de la EDAR de de Laga en el medido receptor y realizar la valoración del estado ecológico de las aguas (EcoQ) de acuerdo a la Directiva Marco del agua (2000/60/CE) (DMA).

La presente memoria da cuenta de los resultados obtenidos en la Campaña 2022. Para la elaboración del plan de vigilancia se han considerado elementos de calidad fisicoquímicos y biológicos. Concretamente, se han medido y evaluado las condiciones fisicoquímicas generales de la columna de agua (temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, transparencia del agua, turbidez, sólidos en suspensión, materia orgánica e inorgánica y nutrientes disueltos), la composición específica de las comunidades de macroalgas e invertebrados de sustrato duro, y la estructura de éstas en relación a diversos parámetros (especies indicadoras, riqueza y densidad de especies, abundancia relativa de las especies en términos de cobertura, grupos tróficos de la fauna y grupos morfo-funcionales de las algas).

La red de muestreo de la columna de agua abarca un total de 3 estaciones situadas a 150 m, 200 m y 250 m del punto de vertido. La recogida de muestras y la medición de variables "in situ" se realizaron en dos campañas de muestreo en el verano de 2022. La red de muestreo para el estudio de las comunidades biológicas se localiza en el intermareal rocoso de la ensenada Galdaraposo, y se compone de tres estaciones situadas a 60 m, 100 m y 160 m del punto de vertido. La información biológica fue recogida en primavera de 2022.

Los principales resultados y conclusiones del presente estudio se describen a continuación. Con respecto a las condiciones fisicoquímicas del agua, las variables oceanográficas temperatura, salinidad y pH mostraron valores normales en el contexto de la zona de estudio. Las diferencias entre las estaciones de muestreo en cuanto a estas variables fueron mínimas, sin observarse ningún gradiente acorde con la proximidad o lejanía del vertido, lo cual indica que la influencia del efluente fue indetectable. El oxígeno disuelto y las condiciones ópticas también fueron muy similares entre las tres estaciones. Las condiciones de oxigenación fueron buenas, con valores por encima del umbral para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno'. Las condiciones de transparencia del agua eran óptimas, con valores bajos de coeficiente de extinción de luz. Los valores de

turbidez y de sólidos en suspensión de todas las muestras se encontraban dentro de los descritos para el objetivo de calidad 'Muy Bueno'. La concentración de nitrato, amonio y fosfato en la columna de agua obtuvieron también valores dentro del rango para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno' establecido para tramos de costa abierta de la costa vasca. Finalmente, mediante la aplicación del índice PCQI, se concluye que el estado fisicoquímico en las estaciones de muestreo en 2022 fue 'Muy Bueno'. Todo lo anterior indica que el efecto del efluente de la EDAR de Laga en las características fisicoquímicas de la columna de agua del medio receptor fue inapreciable.

En cuanto a las comunidades biológicas, los resultados indican que las comunidades intermareales de sustrato duro del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga se caracterizaban por presentar una estructura similar a la de ambientes costeros no alterados por presiones antropogénicas. Una de sus principales características era la existencia de una marcada zonación vertical. La vegetación presentaba coberturas elevadas de macrófitos perennes de gran porte sensibles a la contaminación (*Ericaria selaginoides*, *Halopteris scoparia*, *Bifurcaria bifurcata*) y una elevada riqueza de especies. En cuanto a la fauna, como corresponde a ambientes naturales de costa abierta, era diversa, poco conspicua y constituida principalmente por invertebrados típicos de costa abierta (*Patella ulyssiponensis*, anélidos sabeláridos, etc.). Por todo ello, se concluye que las comunidades bentónicas del área de estudio se encontraban en un buen estado de conservación.

Los cambios registrados entre 2021 y 2022 son positivos, ya que se ha detectado un aumento generalizado de algas de morfología compleja, especialmente de *Ericaria selaginoides*, pero también de *Bifurcaria bifurcata*, *Pterosiphonia complanata*, *Halopteris scoparia* y *Gelidium corneum*. Estas macroalgas son abundantes en tramos de costa libres de contaminación. La cobertura acumulada por todas las especies que componen la vegetación ha aumentado, mientras que la cobertura correspondiente a algas oportunistas de morfología simple continúa con valores bajos. Estos resultados descartan la posibilidad de que los descensos detectados en la riqueza y en la densidad de especies de macroalgas guarden relación con un deterioro de la calidad del agua. Con respecto a la fauna, es positivo el aumento de la densidad y riqueza específica en la Estación 1, la más cercana al vertido. Por lo demás, el zoobentos ha experimentado oscilaciones de leves a moderadas que se interpretan dentro de la variabilidad natural de las comunidades.

En su conjunto, los resultados indican que la presión ejercida por el efluente de la EDAR de Laga en las comunidades biológicas intermareales del entorno receptor es mínima, y que no provoca un impacto significativo. De acuerdo al índice RICQI el estado ecológico (EcoQ) de las comunidades intermareales (macroalgas e invertebrados) en las tres estaciones que componen la red de estudio era 'Muy Bueno'.

A la luz de los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que tanto la calidad de la columna de agua como el estado ecológico de las comunidades intermareales del medio receptor del efluente de la EDAR de Laga cumplían en 2022 con los objetivos de la DMA.

## 1. INTRODUCCIÓN

La estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Laga trata las aguas residuales de unas pocas edificaciones ubicadas en el arenal de Laga y vierte su efluente en una área rocosa cercana conocida como Galdaraposo. Dentro del trámite para la autorización administrativa de vertido desde tierra al Dominio Público Marítimo Terrestre, la Agencia Vasca del Agua (URA) solicita la realización de un Plan de Vigilancia del Medio Receptor y el control del vertido, tal como queda recogido en el Decreto 459/2013, de 10 de diciembre (BOPV) que regula los vertidos efectuados desde tierra al mar.

En este contexto surgió en 2017 un convenio de colaboración entre el Consorcio de Aguas de Busturialdea/Busturialdeko Ur Partzuergoa (BUP) y la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) para la realización del estudio inicial del “Plan de vigilancia del medio receptor de la EDAR de Laga (T.M. Ibarrangelua)”, convenio que ha continuado con el Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia desde la integración del BUP en este último.

El vertido de las aguas residuales domésticas es considerado uno de los focos contaminantes más extendidos que afectan a los ecosistemas costeros. El crecimiento poblacional de los asentamientos urbanos en la costa y el consiguiente aumento de las aguas residuales que generan, pueden ocasionar alteraciones drásticas en la estructura y en el funcionamiento de los ecosistemas marinos (Halpern et al., 2007). En este contexto, los estudios de seguimiento ambiental encaminados a evaluar los efectos nocivos de las aguas residuales son esenciales para proteger los ecosistemas marinos y evaluar la eficacia de las medidas de mitigación de los planes de saneamiento.

Cuando las aguas residuales domésticas entran en el medio, aumenta la disponibilidad de nutrientes y de materia orgánica. Los nutrientes en concentración y proporción adecuadas son esenciales para los productores primarios que forman la base de las redes tróficas en los ecosistemas marinos. Sin embargo, un aporte excesivo de nutrientes (eutrofización) conlleva un exceso de producción primaria que puede resultar perjudicial, tanto para el funcionamiento del ecosistema como para los usos del agua.

En el medio bentónico, la concentración elevada de nutrientes promueve el desplazamiento de las macroalgas perennes de crecimiento lento por otras algas efímeras y anuales de crecimiento rápido (Cloern, 2001). Por otra parte, el alto contenido de materia orgánica de las aguas residuales puede dar lugar a descensos en la concentración de oxígeno disuelto en el agua y con ello hacer inviable la existencia de numerosas especies. Asimismo, el enriquecimiento en materia orgánica altera la estructura trófica de las comunidades de macroinvertebrados, ya que supone una ventaja competitiva para los filtradores y suspensívoros frente a otras estrategias tróficas como los herbívoros y carnívoros (Kautsky et al., 1992).

Junto al aumento de nutrientes y materia orgánica, las aguas residuales también aumentan la turbidez del agua, lo cual resulta generalmente en un régimen lumínico más bajo que limita la realización de la fotosíntesis de las macroalgas del fondo, y con ello la producción de oxígeno libre (Eriksson et al., 1998; Kautsky et al., 1986). Además, la elevada carga de

sólidos en suspensión de las aguas residuales origina un aumento de las tasas de sedimentación. La asfixia por sedimento reduce la disponibilidad de oxígeno y nutrientes, y limita la disponibilidad de sustrato firme para la fijación de esporas y propágulos (Devanny y Volsé, 1978; Eriksson y Johansson, 2003), afectando especialmente a las especies con reproducción sexual (Eriksson et al., 1998). Por otra parte, la toxicidad de las aguas residuales ha sido documentada en ensayos de laboratorio (Kevekordes, 2001), sin embargo, los efectos en la naturaleza son difíciles de detectar, ya que en general los compuestos tóxicos están presentes en bajas concentraciones. Este tipo de contaminantes puede dar lugar a cambios a largo plazo en las comunidades, difíciles de separar de la variabilidad espacial y temporal natural (Walker y Kendrick, 1998).

El ecosistema bentónico costero muestra una elevada vulnerabilidad frente a las perturbaciones ambientales anteriormente descritas (Fairweather, 1990). Las macroalgas perennes de gran tamaño que forman el dosel o copa de la vegetación son las primeras algas en retroceder cuando los contaminantes entran en el medio. Estas macroalgas, además de contribuir significativamente a la productividad de la zona costera como un componente esencial de las redes tróficas, juegan un papel central como organismos formadores de hábitats (Harley et al., 2012). El retroceso del dosel de la vegetación conlleva efectos en cascada en el ecosistema, ya que el hábitat tridimensional que ofrece es aprovechado eficazmente por otros organismos, albergando comunidades animales de gran valor ecológico y comercial (Bustamante et al., 2014, 2017; Voerman et al., 2013). Así, la pérdida de macroalgas repercute de forma negativa en la biodiversidad, afectando a la estabilidad y resiliencia de las comunidades bentónicas.

Con objeto de evitar los efectos adversos en el medioambiente derivados de la contaminación, se estableció la Directiva sobre el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (91/271/CEE) para mitigar los efectos de las aguas residuales. A través de esta directiva la Unión Europea estableció en 1991 la necesidad de depuración de las aguas fecales antes del fin del año 2000 para aquellas aglomeraciones urbanas con más de 15.000 habitantes equivalentes, y del 2005 para las que tienen entre 2.000 y 15.000 habitantes equivalentes. Los logros obtenidos por la Directiva 91/271/CEE deben ser integrados con los objetivos de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DMA), con el objetivo de asegurar el 'Buen Estado Ecológico' en todas las aguas. La DMA establece que la calidad de los elementos se determina mediante indicadores, que deberán quedar clasificados en uno de cinco estados posibles: 'Malo', 'Deficiente', 'Moderado', 'Bueno' y 'Muy Bueno'. Esta metodología implica también el cálculo de un ratio de calidad ecológica (EQR: *Ecological Quality Ratio*) que oscilará entre 0 (peor estado) y 1 (mejor estado), así como la aplicación de valores numéricos que definan los límites entre las clases de estado.

Para la elaboración del plan de vigilancia de la EDAR de Laga se han considerado los elementos de calidad fisicoquímicos y biológicos, ya que son los que mejor podrían reflejar el impacto potencial producido por el vertido de aguas residuales en el medio receptor. Concretamente se han medido y evaluado las condiciones fisicoquímicas generales de la columna de agua (temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, transparencia del agua, turbidez, sólidos en suspensión, materia orgánica e inorgánica y nutrientes disueltos) y el estado ecológico de las comunidades de algas e invertebrados de sustrato duro (composición específica, especies indicadoras, riqueza y densidad de especies, abundancia relativa de las especies en términos de cobertura, grupos tróficos de la fauna y grupos morfo-funcionales de las algas).



El presente informe detalla los resultados obtenidos en la Campaña 2022. En los capítulos correspondientes a los elementos de calidad objeto de este estudio, se describe primero la metodología, a continuación los resultados (incluyendo una valoración de la calidad mediante índices conforme a la DMA) y por último, se realiza una discusión con el fin de ayudar a la interpretación de los resultados. Posteriormente se realiza una discusión general y se emiten las principales conclusiones.



## 2. OBJETIVOS

El propósito general del presente estudio es evaluar el estado ecológico del medio receptor del efluente de la EDAR de Laga (T.M. Ibarangelua) mediante la consecución de los siguientes objetivos específicos:

- (1) Obtener información actualizada para el año 2022 sobre las condiciones fisicoquímicas generales de la columna de agua (temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, transparencia del agua, turbidez, sólidos en suspensión, materia orgánica e inorgánica y nutrientes disueltos) en el entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga.
- (2) Obtener información actualizada para el año 2022 sobre la composición y estructura (especies indicadoras, riqueza, densidad y abundancia de especies, grupos tróficos de la fauna y grupos morfo-funcionales de las algas) de las comunidades intermareales de macroalgas e invertebrados de sustrato duro bajo la influencia del efluente de la EDAR de Laga.
- (3) Determinar y valorar los cambios que han tenido lugar en la estructura de las comunidades bentónicas intermareales de sustrato duro en 2022 (macroalgas e invertebrados) respecto a los registros de campañas precedentes.
- (4) Evaluar el estado ecológico de las aguas (EcoQ) en 2022 de acuerdo a la Directiva Marco del agua (2000/60/CE) (DMA), utilizando indicadores de calidad del estado fisicoquímico de la columna de agua e indicadores de calidad biológicos (macroalgas e invertebrados de sustrato rocoso).



## 3. COLUMNA DE AGUA

### 3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.1. Situación de las estaciones de muestreo y obtención de las muestras

La estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Laga fue construida en 1993 por la Diputación Foral de Bizkaia y es gestionada por el Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia. Funciona únicamente durante 5 meses al año (desde mayo a octubre), con el objetivo de proteger la zona de baño. La depuradora de Laga está situada en la zona trasera de la duna de Laga (Fig. 3.1) y recibe únicamente las aguas de unas pocas edificaciones ubicadas en el arenal (restaurante, servicios públicos). Las aguas tratadas son impulsadas por una tubería hacia una pequeña ensenada rocosa conocida como Galdaraposo.



Fig. 3.1. Localización de la EDAR de Laga (Ibarrangelua) y del punto de vertido del efluente de aguas tratadas.

La EDAR de Laga es de pequeñas dimensiones, teniendo una capacidad máxima de tratamiento de 18 m<sup>3</sup>/hora y un caudal diario de 40 m<sup>3</sup>/día. Las aguas residuales se someten inicialmente a un pretratamiento mecánico de desbaste y en un segundo paso se conducen a una balsa de aireación y un decantador secundario de tipo estático. El agua decantada, no es tratada biológicamente, es aireada mediante soplantes y trasvasada a un pozo de donde es impulsada a través de una tubería hasta el mar. La depuradora cuenta además de dos aliviaderos (agua bruta y agua tratada).

Para la vigilancia y control de la calidad de las aguas en el entorno del vertido de la EDAR se llevaron a cabo 2 campañas de muestreo, ambas en verano.



Fig. 3.2. Localización del punto de vertido del efluente de la EDAR de Laga (Ibarrangelua) y de las tres estaciones de muestreo de la columna de agua.

Estación	Código Estación	Distancia (m)	Latitud	Longitud
Estación 1	LA_CA_E1	150 m	43°24'42.75"N	2°39'11.97"O
Estación 2	LA_CA_E2	200 m	43°24'44.22"N	2°39'10.72"O
Estación 3	LA_CA_E3	250 m	43°24'45.55"N	2°39'08.89"O

Tabla 3.1. Coordenadas y distancia al punto de vertido del efluente de la EDAR de Laga de las 3 estaciones de muestreo de la columna de agua.

La red de muestro en la columna del agua abarca un total de 3 estaciones (LA\_CA\_E1, LA\_CA\_E2, LA\_CA\_E3) localizadas en la base del promontorio costero de Amari Muturra (ensenada de Galdaraposo), en distancias comprendidas entre los 150 m-250 m del punto de la descarga del efluente (Fig. 3.2 y Tabla 3.1).

### 3.1.2. Métodos analíticos

#### 3.1.2.1. Variables medidas "in situ"

El oxígeno disuelto, la salinidad, la temperatura y el pH fueron medidos con una sonda modelo HI9829 de "Hanna Instruments SL". Previamente a la realización de las medidas "in situ", los sensores fueron calibrados en el laboratorio como se indica a continuación:

Oxígeno disuelto. El sensor utilizado fue el HI7609829-2. Debido a que la precisión del sensor de oxígeno disuelto está directamente relacionada con la limpieza y el estado de su membrana, ésta se sustituye antes de cada calibrado. En la calibración del % de saturación del oxígeno disuelto se realiza un ajuste en dos puntos: 0 % y 100 %. Para el ajuste del 0 % se utiliza una solución patrón HI7040L. Para ello se vierte la solución en un vaso de calibrado y se encaja en la parte de la sonda donde se encuentra el sensor de oxígeno disuelto. Cuando la sonda avisa de que el valor está estable se almacena el valor de oxígeno disuelto como 0 %. Para ajustarlo al 100 % se realiza el mismo proceso, pero en aire.

pH: Para la calibración del sensor de pH HI7609829-0 se realiza un ajuste en tres puntos: 4.01, 7.01 y 9.18. Para el ajuste del 4.01 se utiliza una solución patrón HI5004. Para ello se vierte la solución en un vaso de calibrado y se encaja en la parte de la sonda donde se encuentran el sensor de pH. Cuando la sonda avisa de que el valor está estable se almacena el valor de pH como 4.01. Para ajustarlo al 7.01 y 9.18 se utilizan las soluciones patrón HI5007 y HI5091, respectivamente, utilizando el mismo procedimiento que con la solución de pH 4.01. Una vez realizados los tres ajustes, la sonda almacena los datos. Al igual que con el oxígeno disuelto, es importante que este sensor esté limpio en todo momento y para su almacenaje se utiliza un tapón con una solución patrón HI70300L.

Conductividad: La sonda multiparamétrica HI9829 calcula los valores de salinidad partiendo de los datos de conductividad mediante un algoritmo matemático, por lo tanto, lo que se calibra es la conductividad. Para la calibración del sensor de conductividad HI7609829-3 se realiza un ajuste en un punto: 80.000  $\mu\text{S}$ . Este método de calibración está compensado respecto a la temperatura, ya que la conductividad varía con la temperatura, por lo que no es necesario ajustarlo a la temperatura ambiente. Para el ajuste del 80.000  $\mu\text{S}$  se utiliza una solución patrón HI7034L. Para ello se vierte la solución en un vaso de calibrado y se encaja en la parte de la sonda donde se encuentran el sensor de conductividad. Cuando la sonda avisa de que el valor está estable se almacena el valor. Al igual que con los parámetros anteriores, es importante que este sensor esté limpio en todo momento para evitar posibles derivas en sus mediciones.

En cada estación de muestreo (Fig. 3.2; Tabla 3.1), el oxígeno disuelto, la salinidad, la temperatura, el pH y la radiación PAR fueron medidos desde los -7 m de profundidad hasta la superficie, a intervalos de 0,5 m.

La radiación fotosintéticamente activa (PAR: ancho de banda 400-700 nm) fue estimada en  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  mediante un sensor de Quantum subacuático (LI-COR, modelo LI-192SA) y un registrador digital modelo LI-1000-32.

Además, en cada estación se tomó una muestra en superficie (-0,2 m) y otra en fondo mediante el empleo de botellas alfa de tipo vertical (Wildco, USA) de 2,2 l de volumen. Estas muestras de agua de mar fueron transportadas en botes de polietileno previamente numerados, los cuales se conservaron bien en el frigorífico a 4 °C o en el congelador a -18 °C hasta su posterior procesado. En dichas muestras se analizaron las variables turbidez, sólidos suspendidos, formas de nitrógeno (amonio y nitratos) y fosfato inorgánicos disueltos. Los nutrientes fueron únicamente analizados en las muestras de superficie.

### 3.1.2.2. Variables medidas en laboratorio

#### Nutrientes inorgánicos disueltos

Los nutrientes disueltos a analizar fueron amonio, nitrato calculado a partir del nitrógeno oxidado total y ortofosfato. Los análisis se realizaron mediante colorimetría VIS/UV en analizador automático de 5 canales con flujo segmentado en el Laboratorio Químico de la Unidad de Investigación Marina de Fundación AZTI en Pasaia (Gipuzkoa).

Las muestras se determinaron aplicando un rango de concentraciones (Tabla 3.2). Las determinaciones individuales de estos nutrientes disueltos se basaron en métodos que aplican reacciones colorimétricas clásicas y ampliamente utilizadas, tanto para aguas continentales como para aguas marinas (GO-SHIP manual de Hydes et al., 2010).

Nutriente	Rango concentraciones
AMONIO	1.60 – 80 $\mu\text{M}$
NITRITO	0.40 – 20 $\mu\text{M}$
NITRÓGENO OXIDADO TOTAL (NOT)	2.00 – 100 $\mu\text{M}$
NITRATO	1.60 – 80 $\mu\text{M}$
ORTOFOSFATO	0.16 – 8.0 $\mu\text{M}$

Tabla 3.2. Límites de cuantificación de los nutrientes inorgánicos disueltos para el método de determinación en  $\mu\text{M}$ .

- La determinación de amonio se basa en la formación del azul de indofenol (reacción de Berthelot).
- La determinación de nitrito se basa en la reacción de Griess-Ilosvay y la adaptación a agua de mar de Bendschneider y Robinson (1952).
- El nitrato se determina por cálculo a partir de la suma de nitrato y nitrito (llamado comúnmente NOT o nitrógeno oxidado total). El nitrato se reduce a nitrito. El método de reducción más habitual para el agua de mar utiliza cadmio o cadmio-cobre como reductores (Brewer y Riley, 1965). En la versión actual del método se utiliza un coil de cadmio activado mediante deposición de cobre.
- El ortofosfato se determinan mediante el método del azul de molibdeno. En ambos casos se utiliza ácido ascórbico como reductor. El ácido oxálico y una menor acidez limitan la interferencia del fosfato sobre el silicato. Recíprocamente, un medio ácido fuerte evita la interferencia del silicato sobre el fosfato.

#### Sólidos en suspensión

Para medir los sólidos en suspensión, se utilizó un sistema de filtración SCHARLAU, una bomba de membrana VACUUBRAND ME2NT con un flujo de 2  $\text{m}^3/\text{h}$  y filtros WHATMAN GF/C de 45  $\mu\text{m}$  de luz de poro. Anteriormente al proceso de filtrado, los filtros de microfibras de vidrio fueron secados durante 12 horas a 450  $^\circ\text{C}$  en una mufla Select Horn para determinar su peso posteriormente en una balanza Sartorius R 200 D con una precisión de 5 dígitos. De cada bote se extrajo un litro de agua previamente



agitado y se filtró a través de un embudo filtrante en un matraz Kitasatos con la ayuda de la succión producida por la bomba de trompa de vacío por agua. Se añadió agua destilada por la superficie de las paredes del embudo con el fin de eliminar los posibles restos de sal y sólidos adheridos a éstas. Los filtros se secaron en una estufa INDELAB durante 8 horas a 80 °C y se volvieron a pesar (filtro + sólidos en suspensión retenidos), determinándose así el peso de los sólidos en suspensión en cada filtro.

La materia orgánica se obtuvo por sustracción de la materia inorgánica que presentaban los sólidos en suspensión. Para ello se calcinaron los filtros en la mufla durante 12 horas a 450 °C y se determinó el peso de la materia inorgánica que quedó retenida en cada filtro. Los análisis se realizaron en el departamento de Zoología y Dinámica Celular Animal de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

#### Turbidez del agua

Las medidas de turbidez se efectúan en un intervalo inferior a 24 horas tras la toma de muestras. En una submuestra, se emplea un turbidímetro Hach 2100P, USA, calibrado con un set de calibración StablCal 26594-05 de 4 viales. Las medidas del turbidímetro se expresan en NTU (Nephelometric Turbidity Units).

#### 3.1.2.3. Variables derivadas

##### Coeficiente de atenuación de la luz

La transparencia del agua es una propiedad óptica relacionada con la turbidez por lo que el estudio de las dos variables de forma simultánea resulta de interés a la hora de interpretar los resultados.

Con los valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR) recogidos a lo largo de la columna de agua durante los dos muestreos, se realizaron regresiones lineales de los datos de la columna de agua de cada estación para obtener los correspondientes coeficientes de extinción de la luz.

Se acepta que un haz de luz monocromática se atenúa a su paso a través de cierto medio, de acuerdo con la ecuación:

$$I_z = I_0 e^{-\mu_z}$$

siendo  $I_0$ : intensidad de la luz incidente,  $I_z$ : intensidad luminosa después de haber atravesado una longitud ( $Z$ ) en el medio,  $\mu$ : coeficiente de extinción (que reúne absorción y difusión) que varía con la longitud de onda de la radiación considerada.

En el medio acuático se suele considerar la atenuación luminosa de un haz que incluye un determinado espectro de longitudes de onda, en este caso el espectro de luz visible. El coeficiente de extinción ( $\mu$ ) de la columna de agua se obtiene a partir de la ecuación anterior, donde:

$$I_z/I_o = e^{-\mu_z}$$
$$-\mu_z = \ln I_z/I_o$$
$$\mu = -\ln (I_z/I_o)/z$$

de manera que realizando una regresión lineal entre el incremento de profundidad ( $\Delta z$ ) y  $-\ln I_z/I_o$ , la pendiente de la recta obtenida es el valor de  $\mu$ .

### 3.1.3. Metodología para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua

La evaluación del estado fisicoquímico del agua de las estaciones de muestreo se llevó a cabo mediante el índice IC-EFQ o PCQI de sus siglas en inglés (*Physico-Chemical Quality Index*), a partir de la metodología desarrollada por Bald et al. (2005) con ligeras modificaciones (Borja et al., 2015; URA, 2015).

Las variables utilizadas son: porcentaje de saturación de oxígeno, nutrientes (amonio, nitrato y fosfato) y propiedades ópticas (turbidez y sólidos en suspensión).

El índice arroja un valor de EQR (Ecological Quality Ratio) con el cual se clasifica el estado fisicoquímico en un sistema de cinco clases, tal y como requiere la DMA. En años recientes, la aplicación del índice PCQI se ha hecho más sencilla mediante el desarrollo de ecuaciones que permiten calcular el valor de EQR sin necesidad de aplicar técnicas de Análisis Factorial (Borja et al., 2015; URA, 2015).

La ecuación que relaciona el valor de EQR de una estación de muestreo euhalina costera con respecto al valor transformado logarítmicamente ( $\ln (1+x)$ ) de cada una de las variables fisicoquímicas es como sigue (URA, 2015):

$$\text{EQR} = -1,09558 + 0,600299 * \text{O}_2 - 0,162074 * \text{AM} - 0,10975 * \text{NA} - 0,229412 * \text{PO}_4 - 0,0552014 * \text{TURB} - 0,0268181 * \text{SS}$$

Donde:

$\text{O}_2$  = Porcentaje de saturación de oxígeno

AM = Amonio ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ )

NA = Nitrato ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ )

$\text{PO}_4$  = Fosfato ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ )

TURB = Turbidez (NTU)

SS = Sólidos en suspensión ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )

El EQR se calcula desglosado para cada estación y fecha de muestreo, pudiéndose integrar finalmente en un EQR total mediante el cálculo del percentil 25 de los EQRs parciales. Los límites de EQR que definen las clases de estado son los siguientes: Muy bueno/Bueno= 0,83; Bueno/Moderado= 0,62; Moderado/Deficiente= 0,41; Deficiente/Malo= 0,20 (URA, 2015).

## 3.2. RESULTADOS

En este apartado se exponen los resultados obtenidos en el estudio de las variables fisicoquímicas analizadas en la columna de agua en las inmediaciones del vertido de la EDAR de Laga.

Se detalla el estado de la columna de agua de las tres estaciones que componen la red de estudio en las dos campañas estivales que se realizan anualmente desde 2017. Asimismo, se realiza una valoración de la calidad fisicoquímica del agua mediante el índice PCQI (*Physico-Chemical Quality Index*) a partir de la metodología desarrollada por Bald et al. (2005).

### 3.2.1. Temperatura, pH y salinidad

En la Figura 3.3 quedan representados los valores promedio de la temperatura del agua de mar medidos desde superficie (0 m) a 7 m de profundidad en las tres estaciones y en cada uno de los dos muestreos estivales realizados desde el inicio del estudio en 2017.

Las estaciones que componen la red de estudio presentan temperaturas similares dentro de cada jornada de muestreo, por lo que sus líneas se solapan en el gráfico. En los años 2018 y 2022, las diferencias entre las dos campañas estivales fueron más notables.

En 2022, se han registrado valores en torno a 21 °C en julio y en torno a 24 °C en agosto. El rango de variación a lo largo de los años osciló entre una temperatura mínima de 18,8 °C registrada en septiembre de 2018 y una máxima de 24,5 °C obtenida en agosto de 2020.

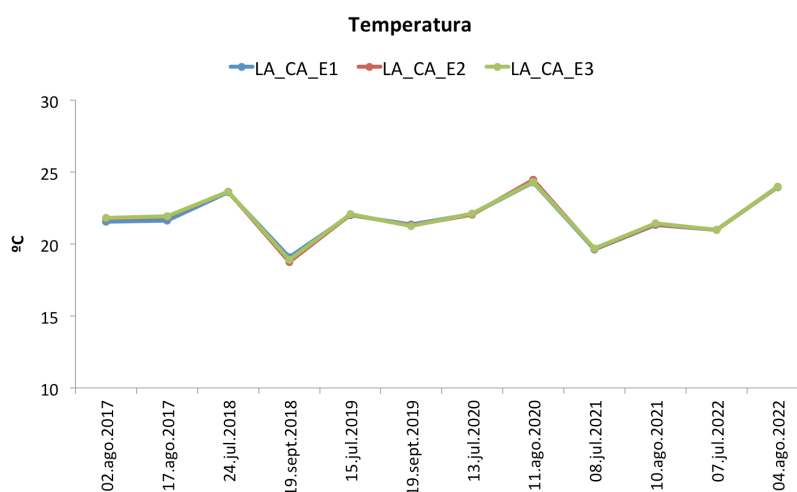


Fig. 3.3. Temperatura promedio de los primeros 7 m de profundidad de la columna de agua en las 3 estaciones de muestreo en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

Los valores de pH promedio para cada estación y campaña de muestreo quedan recogidos en la Figura 3.4. Destaca la alta similitud en los valores obtenidos a lo largo de la serie temporal; tanto entre estaciones como entre las dos campañas estivales. El rango de variación en la serie temporal completa fue muy estrecho, variando desde 8,13 hasta 8,23. En 2022, se han registrado valores en torno a 8,1 en julio y en torno a 8,0 en agosto.

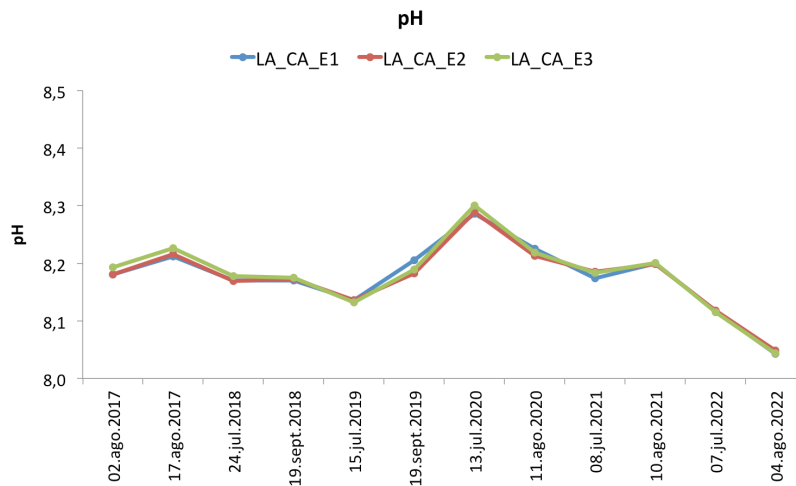


Fig. 3.4. pH promedio de los primeros 7 m de profundidad de la columna de agua de las 3 estaciones de muestreo en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

En la Figura 3.5 quedan representados los valores de la salinidad promedio medida desde superficie (0 m) a 7 m de profundidad. Desde el inicio del estudio, en las tres estaciones y en los dos muestreos estivales la similitud observada fue alta con un estrecho rango de variación que osciló entre 33,90 y 35,89. En 2022, se han registrado valores en torno a 34,8 en julio y en torno a 34,3 en agosto.

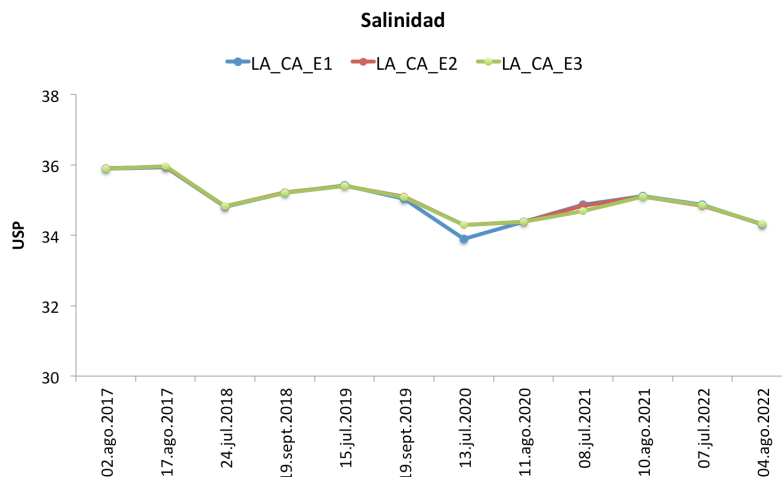


Fig. 3.5. Salinidad promedio de los primeros 7 m de profundidad de la columna de agua en las 3 estaciones de muestreo en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

### 3.2.2. Oxígeno Disuelto

Los resultados relativos a la saturación de oxígeno medida en las tres estaciones desde el inicio del estudio queda representado en la Figura 3.6. En general, en las tres estaciones y en los dos muestreos estivales la similitud observada fue alta.

Desde 2017, los valores de oxígeno disuelto han fluctuado entre 86,78 % (registrado en 2021) y 102 % (registrado en 2018).

En la última campaña, correspondiente a 2022, se han obtenido valores en torno a 95 % en julio y en torno a 99 % en agosto. Todos los valores se encuentran por encima del umbral para alcanzar el objetivo de calidad 'Bueno' ( $\leq 85$  %) o 'Muy Bueno' ( $\leq 95$  %) establecido en el Real Decreto 1/2016 para las masas de agua superficial.

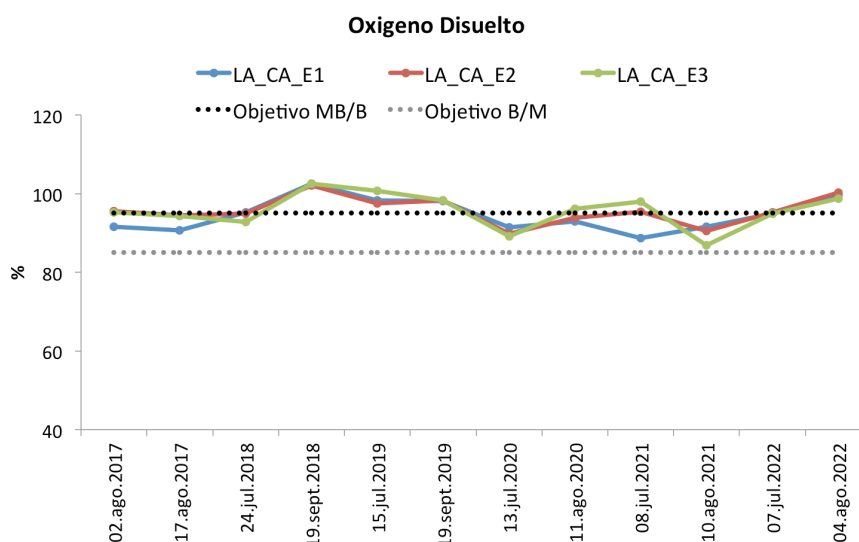


Fig. 3.6. Promedio del oxígeno disuelto en los primeros 7 m de profundidad de la columna de agua de las 3 estaciones de muestreo en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. La línea discontinua indica el objetivo de calidad. Línea discontinua negra: umbral entre los estados Muy Bueno y Bueno, Línea discontinua gris: umbral entre los estados Bueno y Moderado (CHC y URA, 2016; BOE, 2016).

### 3.2.3. Condiciones ópticas

En la Figura 3.7 se muestra el coeficiente de extinción de luz en las tres estaciones desde el inicio del estudio. Los datos se mantienen con valores de extinción de luz bajos en un estrecho rango de variación que oscila entre 0,08 y 0,37. Por lo tanto, la serie temporal destaca por la elevada similitud temporal y espacial.

En la última campaña correspondiente a 2022, se han registrado valores en torno a 0,23 en julio y en torno a 0,11 en agosto.

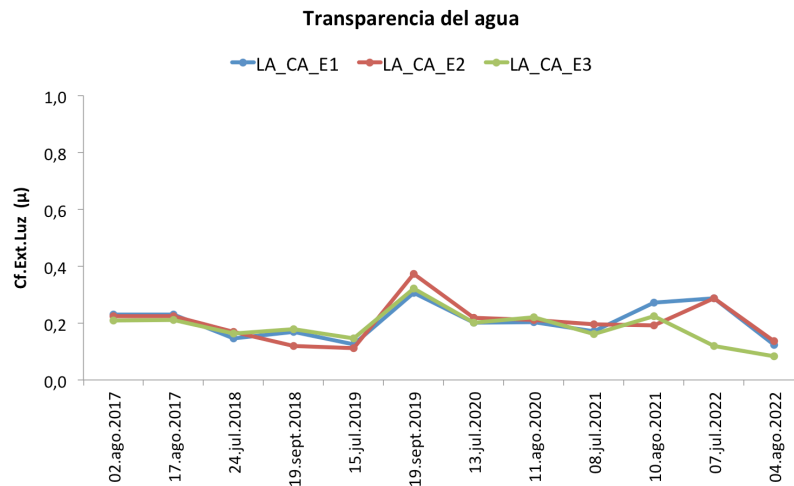


Fig. 3.7. Coeficiente de extinción de la luz en los primeros 7 m de profundidad de la columna de agua de las 3 estaciones de muestreo en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

### 3.2.4. Turbidez

En la Figura 3.8 se muestra la turbidez medida en superficie (0 m) y la turbidez medida en el fondo (a 7 m de profundidad) en los dos muestreos llevados a cabo desde el inicio del estudio (2017). Los valores de turbidez obtenidos en las tres estaciones y entre las diferentes campañas son muy similares entre sí.

No se detectan diferencias significativas entre las mediadas de superficie y las de fondo. Desde el inicio del estudio, el rango de variación de la turbidez osciló entre 0,30-1,6 NTU en superficie y entre 0,40-0,92 NTU en fondo.

En 2022, se han registrado valores en torno a 0,86 NTU en superficie y en torno a 0,80 NTU en fondo. Todos los valores de la serie temporal son notablemente inferiores a 5 NTU, quedando enmarcados dentro del objetivo para alcanzar el umbral de calidad 'Muy Bueno' según establecido en el Real Decreto 1/2016 para las masas de agua superficial.

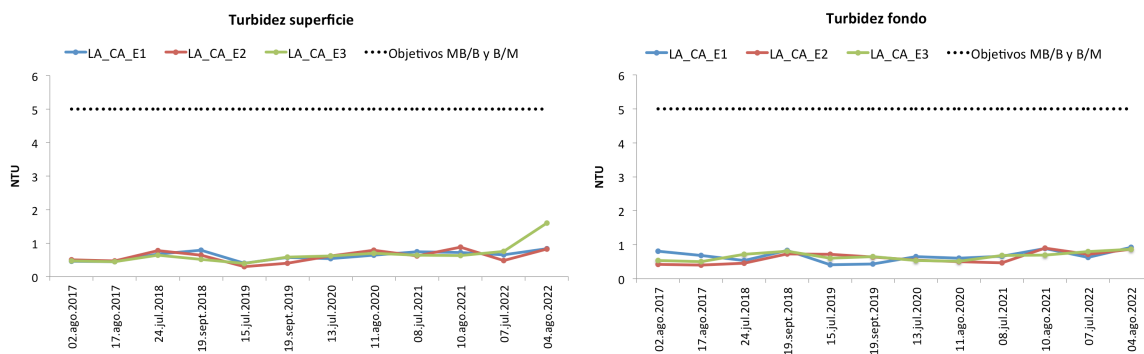


Fig. 3.8. Turbidez del agua de las 3 estaciones de muestreo en superficie y fondo, en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. La línea discontinua negra indica el objetivo de calidad: umbral entre los estados Muy Bueno y Bueno y entre Bueno y Moderado (CHC y URA, 2016; BOE, 2016).

### 3.2.5. Sólidos en suspensión

En la Figura 3.9 se muestra el contenido de sólidos en suspensión en el agua de mar en la superficie (0 m) y en el fondo (- 7 m) en los muestreos llevados a cabo desde 2017. Los valores de sólidos en suspensión en las tres estaciones de muestreo y en las diferentes campañas realizadas son muy similares entre sí. Tampoco existe una diferencia significativa entre las muestras de superficie y de fondo. Desde el inicio del estudio, el rango de variación ha oscilado entre 0,94-6,36 mg/l en superficie y entre 0,84-4,75 mg/l en fondo. En la última campaña correspondiente a 2022, se han registrado valores en torno a 2,40 mg/l en superficie y en torno a 3,19 mg/l en fondo. Los valores obtenidos quedan enmarcados dentro del umbral para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno' ( $\leq 35$  mg/l), según lo establecido en el Real Decreto 1/2016 para las masas de agua superficial.

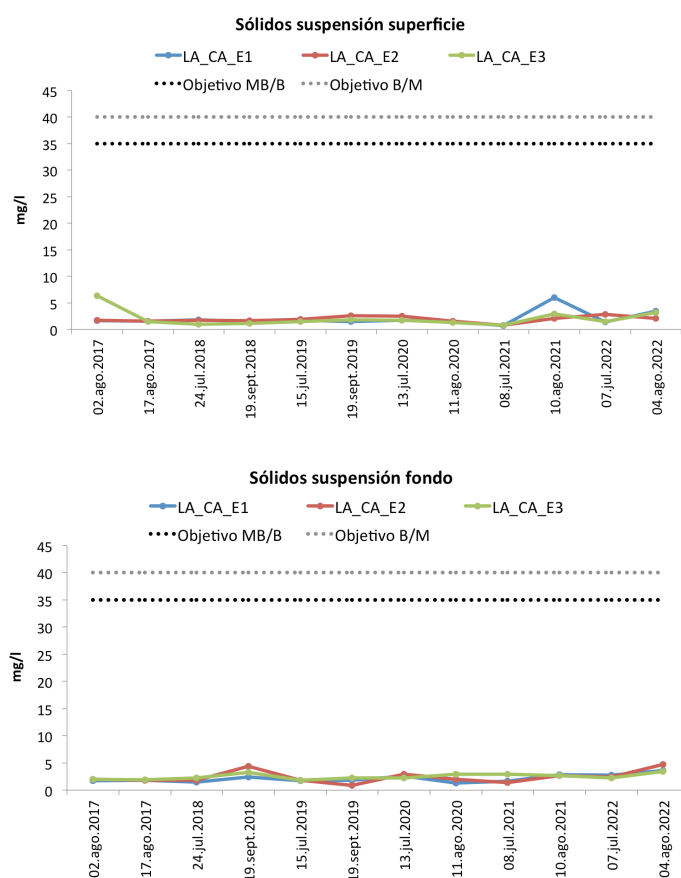


Fig. 3.9. Sólidos en suspensión del agua de las 3 estaciones de muestreo en superficie y fondo, en las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. Línea discontinua negra: umbral entre los estados Muy Bueno y Bueno, Línea discontinua gris: umbral entre los estados Bueno y Moderado (CHC y URA, 2016; BOE, 2016).

En la Figura 3.10 se detalla la cantidad de materia orgánica e inorgánica de los sólidos en suspensión en el agua de mar en superficie (0 m) y en el fondo (a 7 m de profundidad) en los muestreos llevados a cabo desde el inicio del estudio en 2017. La cantidad de materia orgánica es muy similar entre estaciones; no presenta diferencias asociadas a las muestras de superficie y fondo y se mantiene estable siempre con valores  $\leq 2$  mg/l a lo largo del tiempo. En la última campaña correspondiente a 2022, se han registrado valores de materia orgánica en torno a 0,85 mg/l en superficie y en torno a 1,17 mg/l en fondo.

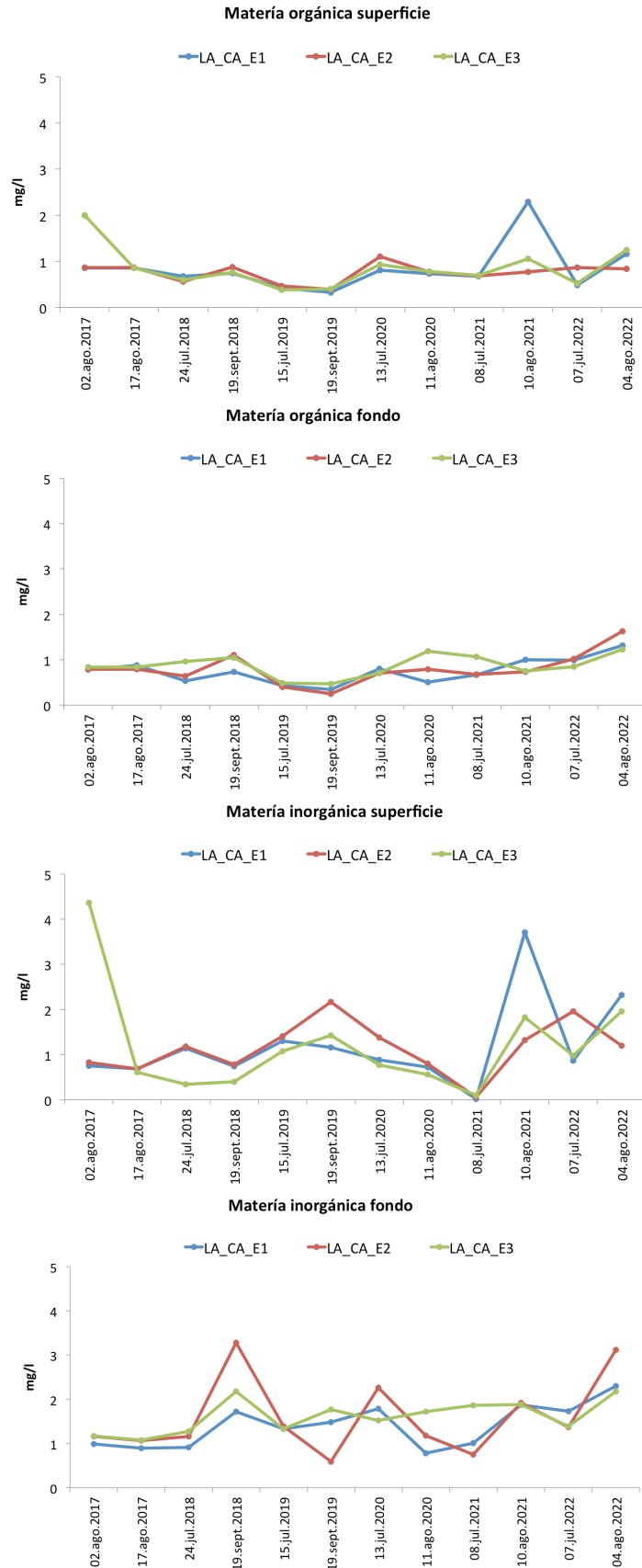


Fig. 3.10. Materia orgánica e inorgánica del agua de mar en superficie y fondo en las 3 estaciones de muestreo en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.



La materia inorgánica presenta una mayor variabilidad entre estaciones y campañas de muestreo aunque no se observa un patrón entre las muestras de superficie y de fondo. El rango de variación de materia inorgánica osciló entre 0,02-4,36 mg/l en superficie y entre 0,75-3,28 mg/l en fondo. En 2022, se han registrado valores de materia inorgánica en torno a 1,55 mg/l en superficie y en torno a 0,85 mg/l en fondo.

No se observa un patrón en la cantidad de materia orgánica e inorgánica asociado a la distancia del punto de vertido del efluente de la EDAR donde LA\_CA\_E1 es la más cercana y LA\_CA\_E3 la más lejana.

### 3.2.6. Nutrientes inorgánicos disueltos

Los resultados del análisis de la concentración de nitrato, amonio, y fosfato en el agua de superficie de cada estación y en los dos muestreos estivales realizados desde el inicio del estudio quedan detallados en la Figura 3.11. El valor del nitrato en las tres estaciones es similar dentro de cada jornada y año de muestreo. Sin embargo, se observan ligeras diferencias interanuales. Desde el inicio del estudio, el rango de variación del nitrato osciló entre 0,40 y 5,55  $\mu\text{mol/l}$ .

En la última campaña correspondiente a 2022 y al igual que viene sucediendo desde 2019, los valores de nitrato están por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada ( $< 1,6 \mu\text{mol/l}$ ). Todos los valores obtenidos en la serie temporal quedan enmarcados dentro de los umbrales establecidos para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno' ( $\leq 7 \mu\text{mol/l}$ ), según establecido en el Real Decreto 1/2016 para las masas de agua superficial.

En cuanto a la concentración de amonio, destaca un patrón espacial con valores en general superiores en la estación LA\_CA\_E2 y la estación LA\_CA\_E3. Estas dos estaciones están situadas a una mayor distancia del punto del vertido que la estación LA\_CA\_E1. Los valores máximos de la serie temporal se registraron en la primera campaña de muestreo de 2020, especialmente en la estación LA\_CA\_E3 (30,05  $\mu\text{mol/l}$ ), la estación más alejada del punto de descarga del efluente. Exceptuando estos resultados puntuales, desde el año 2017, los valores de amonio obtenidos quedan dentro de los umbrales establecidos para alcanzar el objetivo de calidad 'Bueno' ( $\leq 7 \mu\text{mol/l}$ ) o 'Muy Bueno' ( $\leq 3,5 \mu\text{mol/l}$ ). En 2022, los valores de amonio estaban por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada ( $< 1,6 \mu\text{mol/l}$ ).

Finalmente, en relación al fosfato, las diferencias temporales o espaciales no presentan un patrón definido. El rango de variación desde el comienzo del presente plan de vigilancia ambiental ha sido estrecho y ha oscilado entre 0,11 y 0,37  $\mu\text{mol/l}$ . En 2022, se han registrado valores en torno a 0,16  $\mu\text{mol/l}$  en julio y 0,23  $\mu\text{mol/l}$  en agosto. Todos los valores obtenidos en la serie temporal son inferiores a los descritos para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno' (0,55  $\mu\text{mol/l}$ ), según establecido en el Real Decreto 1/2016 para las masas de agua superficial.

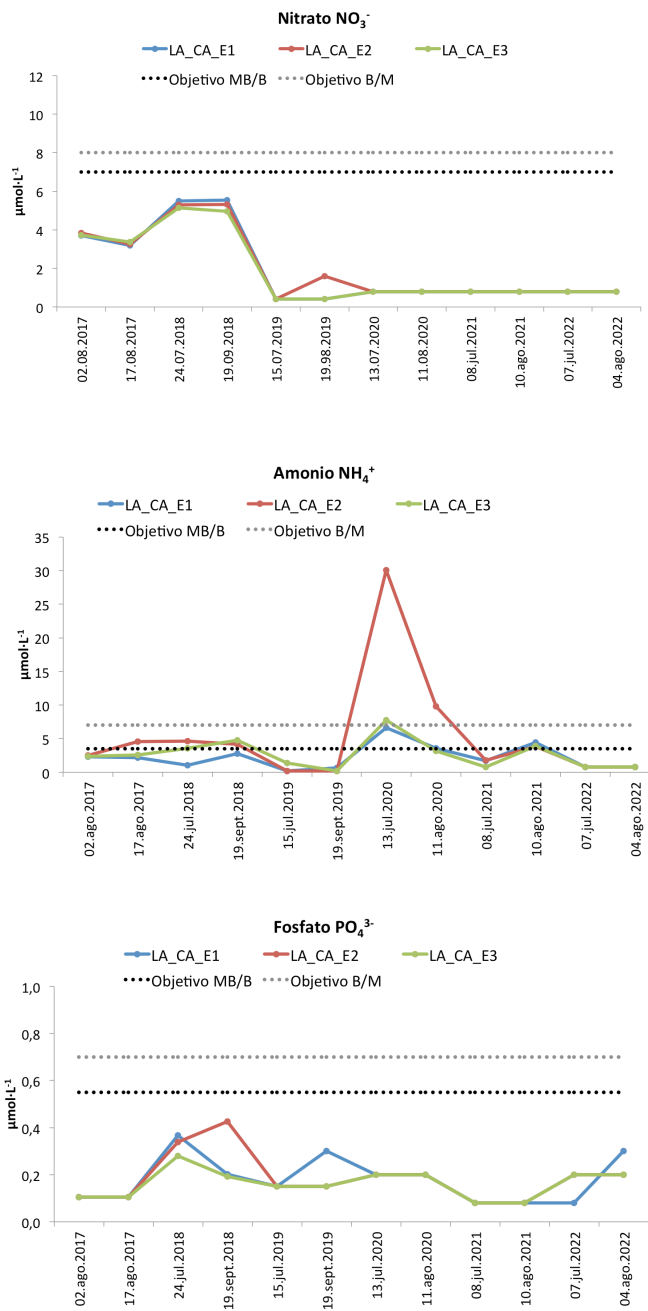


Fig. 3.8. Concentración de nitrato, amonio y fosfato en agua de mar de superficie en las 3 estaciones de muestreo en cada una de las dos campañas estivales realizadas en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. Línea discontinua negra: umbral entre los estados Muy Bueno y Bueno (MB/B), Línea discontinua gris: umbral entre los estados Bueno y Moderado (B/M) (CHC y URA, 2016; BOE, 2016).

### 3.2.7. Estado de calidad fisicoquímica

EL estado de la calidad fisicoquímica de la columna de agua se ha calculado con el índice PCQI, que utiliza los datos de saturación de oxígeno, nutrientes, turbidez y sólidos en suspensión. En 2022, y al igual que en las campañas realizadas desde 2017, el índice clasifica el estado fisicoquímico de cada estación de muestreo en la categoría de 'Muy Bueno' (Tabla 3.2).

Teniendo en cuenta las dos campañas estivales realizadas anualmente, el EQR total (percentil 25 de los EQRs parciales) de las estaciones de muestreo ha variado entre 0,94 y 1,35 a lo largo del estudio. El valor medio del EQR en la estaciones más próximas al punto de descarga del efluente de la EDAR (LA\_CA\_E1 y LA\_CA\_E2) es similar al de la más alejada del mismo.

Estos resultados indican que el efecto del vertido de la EDAR de Laga en la columna de agua del entorno receptor del mismo es mínimo.

Índice PCQI	LA_CA_E1		LA_CA_E2		LA_CA_E3		
	Campaña	EQR	Estado	EQR	Estado	EQR	Estado
	02.ago.2017	1,19	MB	1,2	MB	1,18	MB
	17.ago.2017	1,2	MB	1,13	MB	1,21	MB
	<b>2017</b>	<b>1,19</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,15</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,19</b>	<b>Muy bueno</b>
	24.jul.2018	1,20	MB	1,04	MB	1,07	MB
	19.sept.2018	1,16	MB	1,07	MB	1,11	MB
	<b>2018</b>	<b>1,17</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,05</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,08</b>	<b>Muy bueno</b>
	15.jul.2019	1,50	MB	1,49	MB	1,40	MB
	19.sept.2019	1,43	MB	1,35	MB	1,49	MB
	<b>2019</b>	<b>1,44</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,38</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,42</b>	<b>Muy bueno</b>
	13.jul.2020	1,13	MB	0,89	MB	1,09	MB
	11.ago.2020	1,23	MB	1,08	MB	1,24	MB
	<b>2020</b>	<b>1,15</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>0,94</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,13</b>	<b>Muy bueno</b>
	08.jul.2021	1,31	MB	1,36	MB	1,43	MB
	10.ago.2021	1,19	MB	1,21	MB	1,21	MB
	<b>2021</b>	<b>1,22</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,25</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,26</b>	<b>Muy bueno</b>
	07.jul.2022	1,38	MB	1,35	MB	1,35	MB
	04.ago.2022	1,34	MB	1,36	MB	1,35	MB
	<b>2022</b>	<b>1,35</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,35</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>1,35</b>	<b>Muy bueno</b>

Tabla. 3.2. Clasificación del estado de calidad fisicoquímica en las estaciones de muestreo del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga en los muestreos realizados en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 mediante el índice PCQI (*Physico\_chemical Quality Index*). EQR: *Ecological Quality Ratio*. MB: Muy Bueno. Límites de EQR que definen las clases de estado: Muy bueno/Bueno= 0,83; Bueno/Moderado= 0,62; Moderado/Deficiente= 0,41; Deficiente/Malo= 0,20.

### 3.3. DISCUSIÓN

En cuanto a la temperatura del agua de mar, en la mayoría de las campañas realizadas desde 2017, los valores se sitúan en el rango típico de verano (en torno a 21 °C) de las aguas de la plataforma del sudeste del Golfo de Vizcaya (Goikoetxea et al., 2009). Sin embargo, en la serie temporal se encuentran valores donde se sobrepasaron los 24°C, como es el caso de los obtenidos en agosto de 2022. Estos resultados se asocian con las particularidades climáticas registradas en la costa vasca en periodo estudiado.

Respecto al pH, los valores registrados en el entorno de la EDAR de Laga fueron muy similares entre las estaciones de estudio. Los valores de pH obtenidos en la serie temporal se sitúan en torno a 8,2, quedando dentro de lo esperado para zonas costeras,

que oscilan en el rango entre 7,5 y 8,5 (Price y Harrison, 1987) y tal y como corresponde a las aguas marinas en equilibrio con la atmósfera (Millero, 1996).

En cuanto a la salinidad, todas las muestras analizadas obtuvieron valores en torno a 35, correspondiendo con los valores típicos de la tipología IV (costa marina y semiexpuesta) del tramo de costa donde se encuentra situado el vertido de la EDAR de Laga (Borja et al., 2003). Se descarta una influencia significativa del aporte de agua dulce del vertido de la EDAR de Laga.

En cuanto al oxígeno disuelto, no se observó ningún patrón relacionado con la cercanía al punto de vertido. Apenas se detectaron diferencias entre campañas, siendo las condiciones de oxigenación buenas en todas las estaciones y con valores dentro del rango para cumplir con el objetivo de calidad 'Muy Bueno' ( $\geq 95\%$ ) o 'Bueno' ( $\geq 85\%$ ) (RD 1/2016; BOE, 2016).

Las condiciones ópticas de la columna de agua fueron buenas con un valores muy bajos de coeficiente de extinción de luz ( $\leq 0,4$ ) en las tres estaciones, indicando unas condiciones de transparencia del agua óptimas para la zona.

Los valores más altos de turbidez y de sólidos en suspensión, se encontraron en todas las muestras dentro de los valores descritos para el objetivo de calidad 'Muy Bueno' (RD 1/2016; BOE, 2016), por lo que se descarta un efecto significativo de la EDAR de Laga para estas variables.

Con respecto a los nutrientes inorgánicos disueltos, la concentración de fosfato y nitratos en la columna de agua obtuvieron en el año 2022 valores dentro del rango establecido para tramos de costa abierta de la costa vasca (RD 1/2016; BOE, 2016) para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno', al igual que en el resto de campañas realizadas desde la campaña inicial en 2017. En cuanto al amonio, en el año 2022 y en la práctica totalidad de las campañas realizadas, las concentraciones han sido bajas y los valores registrados quedan dentro de los umbrales establecidos para alcanzar el objetivo de calidad 'Bueno' ( $\leq 7 \mu\text{mol/l}$ ) o 'Muy Bueno' ( $\leq 3,5 \mu\text{mol/l}$ ) (RD 1/2016; BOE, 2016).

Finalmente, en cuanto a la calidad de las aguas, a la vista de los resultados obtenidos en la serie temporal de este plan de vigilancia ambiental, se puede concluir que el medio receptor del efluente de la EDAR de Laga ha cumplido con los objetivos de la DMA durante el periodo 2017-2022. Las tres estaciones muestreadas en el entorno receptor del efluente de la EDAR han presentado un estado fisicoquímico 'Muy Bueno' según el índice PCQI. No se han apreciado diferencias relevantes entre estaciones de las variables estudiadas, lo cual sugiere que los vertidos de la EDAR se diluyen y se mezclan en el medio sin que den lugar a la creación de masas de agua con clara carga de aportes de aguas residuales.

Todo lo anterior indica que el efecto del efluente de la EDAR de Laga en las características fisicoquímicas de la columna de agua del medio receptor fue inapreciable.

## 4. COMUNIDADES BIOLÓGICAS

### 4.1. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1.1. Red de vigilancia y estrategia de muestreo

La red de muestro se localiza en el término municipal de Ibarangelua, en el entorno costero próximo al punto de descarga de las aguas residuales tratadas por la EDAR de Laga, conocido como la ensenada de Galdaraposo (Fig. 4.1). Se seleccionaron 3 estaciones de muestreo: la Estación 1, localizada a 60 m del punto de vertido; la Estación 2, a 100 m; y la Estación 3, a 160 m. Las coordenadas geográficas quedan recogidas en la Tabla 4.1. La campaña de muestreo se realizó en primavera (18/04/2022). En cada estación se seleccionaron aleatoriamente 6 superficies (0,4 m x 0,4 m) o unidades muestrales, 3 en cada nivel intermareal estudiado (+ 0,75 m y + 1,25 m).



Fig. 4.1. Localización del punto de vertido del efluente de aguas tratadas de la EDAR de Laga (Ibarangelua) y de las tres estaciones de muestreo de las comunidades intermareales de sustrato duro (algas e invertebrados).

Estación	Código Estación	Distancia (m)	Latitud	Longitud
Estación 1	LA_BD_E1	60 m	43°24'39.54"N	2°39'11.04"O
Estación 2	LA_BD_E2	100 m	43°24'40.27"N	2°39'09.65"O
Estación 3	LA_BD_E3	160 m	43°24'41.53"N	2°39'08.70"O

Tabla 4.1. Coordenadas y distancia al punto de vertido del efluente de la EDAR de Laga de las 3 estaciones de muestreo de las comunidades de bentos duro.

En cada superficie de muestreo se estimó la abundancia de macrófitos (Rhodophyta, Chlorophyta, Ochrophyta), e invertebrados (Mollusca, Arthropoda, Porifera, Bryozoa, Cnidaria, Echinodermata, Annelida, Tunicata, Phoronida, Nemertina y Sipuncula) mediante una estima visual de su cobertura (1-100 %).

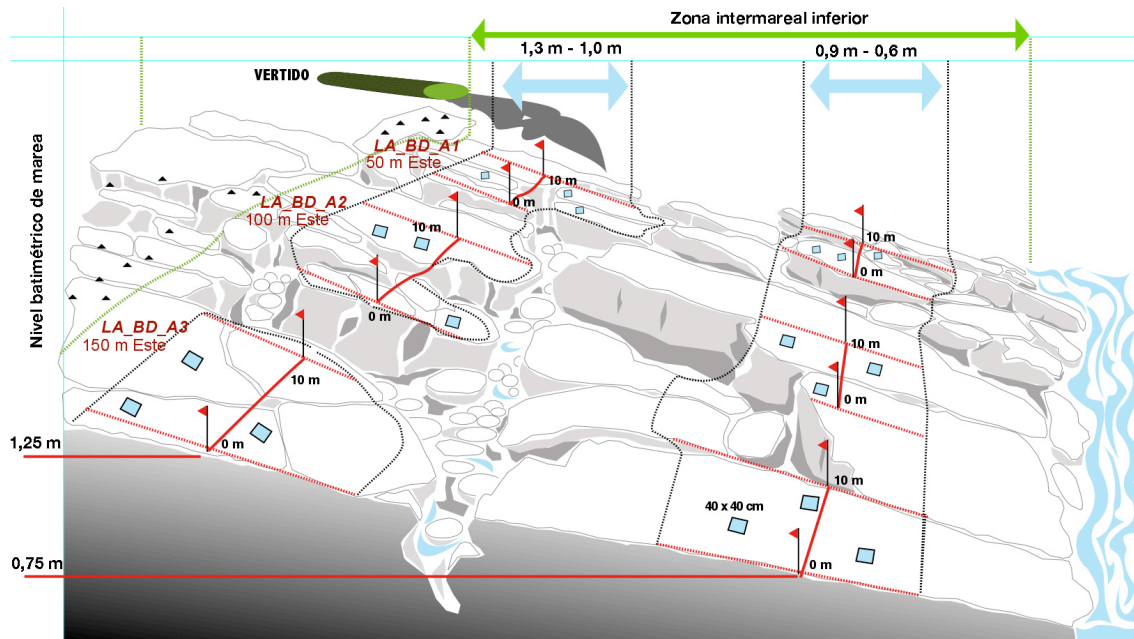


Fig. 4.2. Esquema de la disposición de las superficies de muestreo (40 cm x 40 cm) en cada una de las estaciones estudiadas.

#### 4.1.2. Variables biológicas estudiadas

La especies que no pudieron ser identificadas en el campo fueron recolectadas para su posterior identificación en el laboratorio. Entre la bibliografía utilizada para la identificación de las algas destacan los trabajos de: Feldmann-Mazoyer, 1940; Gayral, 1958, 1966; van den Hoek, 1963; Ardré, 1970; Dixon e Irvine, 1977; Irvine, 1983; Koeman, 1985; Fletcher, 1987; Burrows, 1991; Nizamuddin, 1991; Maggs y Hommersand, 1993; Irvine y Chamberlain, 1994; Coppejans, 1995. Los trabajos consultados para la identificación de las especies faunísticas fueron: Burton, 1963; Zariquiey, 1968; Fauvel, 1969; Tebble, 1976; Ryland y Hayward, 1977; Lincoln, 1979; Borja, 1983; Graham, 1988; Ingle, 1993; Cornelius, 1995.

Tras la recopilación y revisión de los datos, éstos se organizaron en tablas Excel con el fin de hallar las medidas estadísticas descriptivas (promedios y medidas de dispersión) de las variables estudiadas, así como para la representación gráfica de las mismas. Junto a la composición específica y la abundancia relativa de las especies, y con objeto de evaluar estado ecológico de las comunidades, se calcularon las siguientes variables:

- Cobertura algal y animal media.
- Porcentaje de cobertura de grupos morfo-funcionales de algas. Los datos de cobertura de las especies de macroalgas fueron agregados en 3 tipos morfológicos: algas calcáreas (especies articuladas e incrustantes), formas simples (uniseriadas, polisifonadas, foliosas no

corticadas y ligeramente corticadas: córtex con dos capas) y algas morfológicamente complejas (algas corticadas: córtex con más de dos capas y macrofitos correosos).

- Estrategias tróficas de la fauna. Los datos de cobertura de invertebrados fueron agregados en las siguientes categorías tróficas: suspensívoros, detritívoros, herbívoros, omnívoros y carnívoros.
- Diversidad específica. Para cada estación de muestreo se calcularon la riqueza específica (S) y la densidad media de especies (número medio de especies por superficie de muestreo: 40 cm x 40 cm).

#### 4.1.3. Tratamiento estadístico de los datos

A los datos recogidos en el campo se aplicaron técnicas multivariadas con el fin de describir, identificar y valorar diferencias espacio-temporales en las comunidades bentónicas. Para ello, se realizaron análisis de clasificación y análisis de ordenación nMDS (*non-metric multidimensional scaling*) sobre la base de una matriz de similitud de Bray-Curtis. La rutina SIMPER (análisis de porcentaje de similitud) se aplicó para identificar las especies que podrían contribuir más a las diferencias detectadas. Tanto los análisis multivariados como las medidas de diversidad y tests univariados se realizaron con el programa estadístico PRIMER v6 (Clarke y Gorley, 2006) que incluye el paquete PERMANOVA+add-on (Anderson et al., 2008).

#### 4.1.4. Valoración del estado ecológico de las comunidades

La Directiva Marco del Agua 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DMA) establece un marco comunitario cuya finalidad es proteger, mejorar y regenerar las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas. Los elementos de calidad biológicos (BQEs) determinados por la DMA para valorar el estado ecológico (EcoQ) de las aguas costeras incluyen fitoplancton, macroalgas, angiospermas y macroinvertebrados. La aplicación de la DMA implica el cálculo de un ratio de calidad ecológica (EQR) que oscila entre 0 (peor estado) y 1 (mejor estado) capaz de clasificar las masas de agua en 5 estados diferentes: Malo, Deficiente, Moderado, Bueno y Muy Bueno.

La evaluación del estado ecológico de las comunidades intermareales se llevó a cabo mediante el índice RICQI de sus siglas en inglés *Rocky Intertidal Community Quality Index*, a partir de la metodología desarrollada por Díez et al. (2012). Esta metodología aborda conjuntamente la valoración de dos elementos de calidad biológica (BQEs): macroalgas e invertebrados de sustrato rocoso.

Este índice se basa en la diferente estructura de las comunidades según 5 grados de alteración determinados y en el valor que alcanzan ciertas características de la comunidad en cada uno de los niveles de alteración. Las métricas que constituyen el índice son (Tabla 4.2): 1) especies indicadoras (SpBio), 2) riqueza específica (R), 3) abundancia de algas de morfología compleja (MCA) y 4) abundancia animal (FC). El término SpBio consta a su vez de los indicadores ESS (similitud con cinco comunidades de referencia) y PC (presencia del género *Cystoseira*). El término R consta a su vez de los indicadores Ra (riqueza de especies de algas) y Rf (riqueza de especies de fauna). Por último, el término

FC está compuesto por tres métricas: 1) Pf (proporción de fauna con respecto al bentos), 2) Ch (cobertura de herbívoros) y 3) Cs (cobertura de suspensívoros). La expresión matemática del índice RICQI es el modelo aditivo de las 4 métricas:

$$\text{RICQI} = \text{SpBio (ESS + PC)} + \text{R (Ra + Rf)} + \text{MCA} + \text{FC (Pf + Ch + Cs)}$$

Tras la decisión de la Comisión Europea, notificada con el número C(2018) 696, de la intercalibración del índice, los límites de EQR que definen las clases de estado son los siguientes: Muy bueno/Bueno = 0,82; Bueno/Moderado = 0,60; Moderado/Deficiente = 0,40; Deficiente/Malo = 0,20.

MÉTRICAS Y PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE RICQI					
<b>SpBio (máx. 0,5)</b>				<b>MCA (máx. 0,2)</b>	
<b>SM</b>	<b>Valor</b>	<b>PC</b>	<b>Valor</b>	<b>MCA</b>	<b>Valor</b>
Deficiente	0,1	Presente	0	0-15 %	0,05
Pobre	0,2	Ausente	-0,05	>15-30 %	0,10
Moderado	0,3			>30-45 %	0,15
Bueno	0,4			>45 %	0,20
Muy	0,5				
<b>R (máx. 0,15)</b>				<b>FC (máx. 0,15)</b>	
<b>Ra</b>	<b>Valor</b>	<b>Rf</b>	<b>Valor</b>	<b>Pf</b>	<b>Valor</b>
0-10	0,02	0-5	0	0-5 %	0,03
>10-20	0,04	>5-10	0,01	>5-10 %	0,05
>20-30	0,06	>10-15	0,02	>10-15 %	0,04
>30-40	0,08	>15-20	0,03	>15-20 %	0,02
>40	0,10	>20-25	0,04	>20-25 %	0,01
		>25	0,05	>25 %	0
				0-5 %	0
				<=0-5 %	0,05
				>5 %	0,05
				>10 %	0

Tabla 4.2. Sistema de puntuación del índice RICQI para la asignación del ratio de calidad ecológica (EQR) y del estado ecológico correspondiente.

## 4.2. MACROALGAS: RESULTADOS

En este apartado se exponen los principales resultados obtenidos en el estudio de la vegetación intermareal del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga. Se detalla la composición de las comunidades fitobentónicas existentes en primavera de 2022 en cada una de las 3 estaciones de muestreo y se describen los cambios principales con respecto a las campañas precedentes. Además, se analiza la variabilidad espacio-temporal de la vegetación del área de estudio en su conjunto para el periodo 2017-2022. En el anexo I quedan recogidos los inventarios (listado de especies visualizadas con sus respectivas abundancias) y la cobertura media de las especies registradas para cada estación de muestreo y nivel de marea en 2022. Asimismo, se incluye una lista de los taxones de algas registrados. En el anexo fotográfico se puede observar el aspecto y características de la vegetación bentónica estudiada.

### 4.2.1. Estación I

En la Tabla 7.3 (Anexo) se muestra la cobertura media de las especies registradas en la estación, así como su cobertura en cada uno de los dos niveles de marea estudiados. Del



total de 44 especies de algas registradas en 2022, la más abundante fue *Ellisolandia elongata* (58,3 %) seguida de *Ericaria selaginoides* (28,4 %; anteriormente *Cystoseira tamariscifolia*). Otras especies con coberturas significativas (> 2 %) fueron: *Mesophyllum lichenoides*, *Pterosiphonia complanata*, *Lithophyllum incrustans*, *Osmundea pinnatifida*, *Halopteris scoparia*, *Chondracanthus teedei*, *Jania rubens*, *Bifurcaria bifurcata*, *Vertebrata thuyoides*, *Sphacelaria cirrosa*, *Ulva rigida* y *Chondracanthus acicularis*.

La vegetación intermareal presentaba una clara zonación vertical con diferencias en la distribución de las especies en función del nivel de marea (Anexo: Tabla 7.3), siendo la riqueza de especies más elevada en el nivel intermareal inferior (26 vs 30, en el nivel superior e inferior, respectivamente). La vegetación del nivel más alto (+ 1,25 m) era una vegetación cespitosa, dominada por el alga calcárea *Ellisolandia elongata* (81,7 %). Las especies acompañantes más abundantes (con coberturas entre 2 % y 17 %) eran *Osmundea pinnatifida*, *Mesophyllum lichenoides*, *Lithophyllum incrustans*, *Vertebrata thuyoides*, *Chondracanthus teedei*, *Sphacelaria cirrosa*, *Ulva rigida*, *Chondracanthus acicularis* y *Phymatolithon lenormandii*.

En el nivel inferior (+ 0,75 m) las especies perennes más abundantes eran *Ericaria selaginoides* (56,7 %) y *Ellisolandia elongata* (35 %), seguidas de *Pterosiphonia complanata* (23,3 %), *Mesophyllum lichenoides* (21,7 %), *Halopteris scoparia* (15,2 %), *Lithophyllum incrustans* (10 %) y *Jania rubens* (10 %). Las especies acompañantes más abundantes (con coberturas entre 2 % y 10 %) eran *Chondracanthus teedei*, *Bifurcaria bifurcata* y *Zanardinia typus*.

En relación al nivel intermareal superior (+ 1,25 m), los cambios (2021 vs 2022) en la abundancia de las especies fueron leves. Entre ellos destaca la mayor cobertura de *Osmundea pinnatifida*, *Lithophyllum incrustans*, *Chondracanthus teedei*, *Sphacelaria cirrosa*, *Phymatolithon lenormandii*, *Mesophyllum lichenoides* y *Ulva rigida* (Anexo: Tabla 7.3), y los descensos de *Caulacanthus ustulatus*, *Ellisolandia elongata* y *Ceramium echionotum*. En el caso de las comunidades del nivel inferior (+ 0,75 m), el cambio más notable entre 2021 y 2022 fue el aumento de la población de *Ericaria selaginoides* que pasó de un 35 % de cobertura a 56,7 %. También aumentaron *Mesophyllum lichenoides*, *Halopteris scoparia*, *Pterosiphonia complanata*, *Lithophyllum incrustans* y *Zanardinia typus*. En cuanto a los descensos, únicamente cabe mencionar el moderado retroceso de *Ellisolandia elongata* (48,3 % vs 35 %).

#### 4.2.2. Estación 2

En la Tabla 7.4 (Anexo) se muestra la cobertura media de las especies registradas en la estación, así como su cobertura en cada uno de los dos niveles de marea estudiados. Del total de 52 especies de algas registradas, la más abundante fue *Ellisolandia elongata* (84 %). Otras especies con coberturas significativas (> 2 %) fueron: *Halopteris scoparia*, *Pterosiphonia complanata*, *Gelidium corneum*, *Ericaria selaginoides* y *Mesophyllum lichenoides*.

La vegetación intermareal presentaba zonación vertical, es decir, presentaba diferencias en la distribución de las especies en función del nivel de marea (Anexo: Tabla 7.4), siendo la vegetación del nivel inferior más rica en cuanto a número de especies (27 vs 36, en el nivel superior e inferior, respectivamente). La vegetación del nivel más alto (+ 1,25 m) era

una vegetación cespitosa, dominada por el alga calcárea *Ellisolandia elongata* (93,3 %). Las únicas especies acompañantes que superaban el 2 % de cobertura eran *Osmundea pinnatifida* y *Caulacanthus ustulatus*.

En el nivel inferior (+ 0,75 m) la especie perenne más abundante era *Ellisolandia elongata* (75 %). Las especies acompañantes más abundantes eran *Halopteris scoparia* (21,7 %) y *Pterosiphonia complanata* (11,7 %). Otras algas con abundancias significativas (2 %-10 %) fueron: *Gelidium corneum*, *Ericaria selaginoides*, *Mesophyllum lichenoides*, *Halopithys incurva*, *Halurus equisetifolius*, *Jania rubens*, *Chondracanthus acicularis*, *Lithophyllum incrustans* y *Calliblepharis jubata*.

En relación al nivel intermareal superior (+ 1,25 m), los cambios entre 2021 y 2022 en la abundancia de las especies fueron moderados (Anexo: Tabla 7.4). La calcárea *Ellisolandia elongata* aumentó, mientras que *Vertebrata thuyoides* y *Plocamium cartilagineum* experimentaron un retroceso. En el caso de las comunidades del nivel inferior (+ 0,75 m), los cambios más notables entre 2021 y 2022 fueron la mayor cobertura de *Halopteris scoparia*, *Pterosiphonia complanata*, *Gelidium corneum*, *Ericaria selaginoides* y *Halopithys incurva*, así como los descensos de *Jania rubens*, *Vertebrata thuyoides*, *Chondracanthus teedei* y *Mesophyllum lichenoides*.

### 4.2.3. Estación 3

En la Tabla 7.5 (Anexo) se muestra la cobertura media de las especies registradas en la estación, así como su cobertura en cada uno de los dos niveles de marea estudiados. Del total de 51 especies de algas registradas, la más abundante fue *Ellisolandia elongata* (80,8 %), seguida de *Bifurcaria bifurcata* (38,3 %). Otras especies con coberturas significativas (> 2 %) fueron: *Ericaria selaginoides*, *Lithophyllum incrustans*, *Pterosiphonia complanata*, *Mesophyllum lichenoides*, *Cladostephus spongiosus*, *Jania rubens*, *Halopteris scoparia* y *Halurus equisetifolius*.

Al igual que lo observado en las otras 2 estaciones de muestreo, la vegetación intermareal presentaba zonación vertical, siendo las algas de mayor tamaño más abundantes en el nivel inferior (Anexo: Tabla 7.5). Sin embargo, el número de especies registradas fue superior en el nivel superior (38 y 28, en el nivel superior e inferior, respectivamente). La vegetación del nivel más alto (+ 1,25 m) era una vegetación fundamentalmente cespitosa, con el alga calcárea *Ellisolandia elongata* (71,7 %) como especie dominante. En 2022, se detectaron coberturas moderadas del alga parda *Bifurcaria bifurcata*, macrófito que se desarrolla principalmente en el nivel inferior de marea. Otras especies acompañantes (3 %-15 %) eran los macrófitos *Cladostephus spongiosus*, *Lithophyllum incrustans*, *Mesophyllum lichenoides*, *Jania rubens*, *Halopteris scoparia* y *Chondracanthus acicularis*.

En el nivel inferior (+ 0,75 m) la especie más abundante era *Ellisolandia elongata* (90 %) seguida de *Bifurcaria bifurcata* (55 %), *Ericaria selaginoides* (30 %) y *Pterosiphonia complanata* (20 %) (Anexo: Tabla 7.5). Otros macrófitos con abundancias significativas (2 %-10 %) fueron: *Mesophyllum lichenoides*, *Lithophyllum incrustans*, *Halurus equisetifolius*, *Halopteris scoparia*, *Xiphosiphonia ardreana*, *Jania rubens* y *Vertebrata thuyoides*.

En relación al nivel intermareal superior (+ 1,25 m), los cambios entre 2021 y 2022 en la abundancia de las especies fueron de leve a moderados, con aumentos de *Bifurcaria*

*bifurcata*, *Cladostephus spongiosus*, *Lithophyllum incrustans*, *Mesophyllum lichenoides*, *Jania rubens*, *Halopteris scoparia* y *Chondracanthus acicularis*. Entre las especies que disminuyeron, únicamente cabe mencionar el descenso de *Ellisolandia elongata* (Anexo: Tabla 7.5). En el nivel inferior (+ 0,75 m), se registraron notables aumentos de *Bifurcaria bifurcata*, *Ellisolandia elongata* y *Ericaria selaginoides*, y en menor medida de *Lithophyllum incrustans* y *Xiphosiphonia ardreana*. Las especies que disminuyeron fueron escasas, y únicamente cabe mencionar a *Vertebrata fruticulosa* y *Jania rubens*.

#### 4.2.4. Diferencias espacio-temporales de la vegetación

##### 4.2.4.1. Parámetros estructurales de la vegetación

Se detectan diferencias entre las 3 estaciones en relación a la riqueza específica (Fig. 4.3), aunque su tendencia no es la misma en los dos niveles de marea estudiados. En la vegetación del nivel superior (+ 1,25 m) la riqueza específica más alta corresponde en la presente campaña 2022 a la Estación 3 (38 especies), seguida de la Estación 1 (32) y de la Estación 2 (27). En el nivel intermareal inferior (+ 0,75 m) los valores de riqueza de especies varían como sigue: Estación 1 (30 especies), Estación 2 (36) y Estación 3 (28). Con respecto a la campaña precedente de 2021, se detecta un descenso en el número de especies registradas en el nivel inferior, especialmente en la Estación 1. Por otro lado, la tendencia creciente de la riqueza en el nivel superior de la Estación 3 se mantiene.

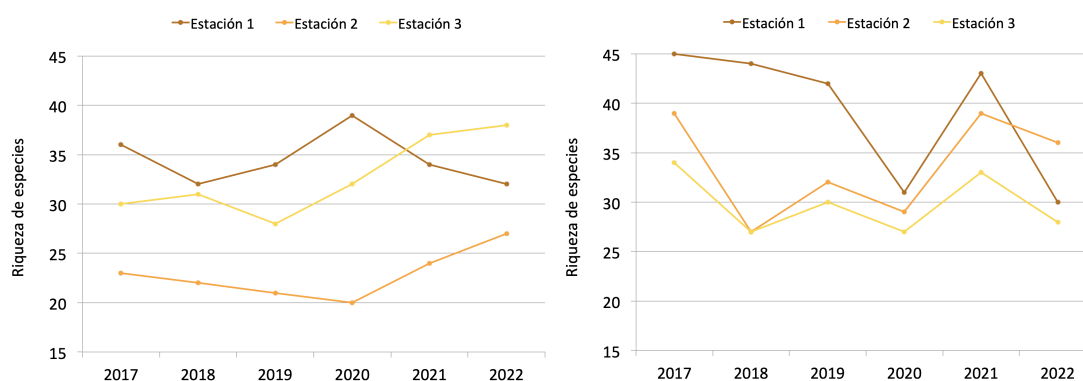


Fig. 4.3. Riqueza o número total de especies registradas en los niveles intermareales superior (A) e inferior (B) de las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

En cuanto a la densidad de especies de la vegetación intermareal (número medio de especies por superficie de muestreo: 40 cm x 40 cm), en el nivel superior (+ 1,25 m) el máximo corresponde en la presente campaña 2022 a la Estación 3 con un valor promedio de 23 especies, seguida de la Estación 1 (20,7) y de la Estación 2 (17,3). En el nivel intermareal inferior (+ 0,75 m) los valores de densidad de especies varían como sigue: Estación 1 (21,7), Estación 2 (23) y Estación 3 (19,3). A diferencia de todas las campañas precedentes, en 2022 los valores máximos de especies por inventario no se registraron en la Estación 1. Es reseñable el descenso detectado en la zona intermareal inferior de esta estación en el último bienio. La variabilidad en los aportes arenosos de la zona puede estar asociado en parte a los cambios observados en la densidad de especies.

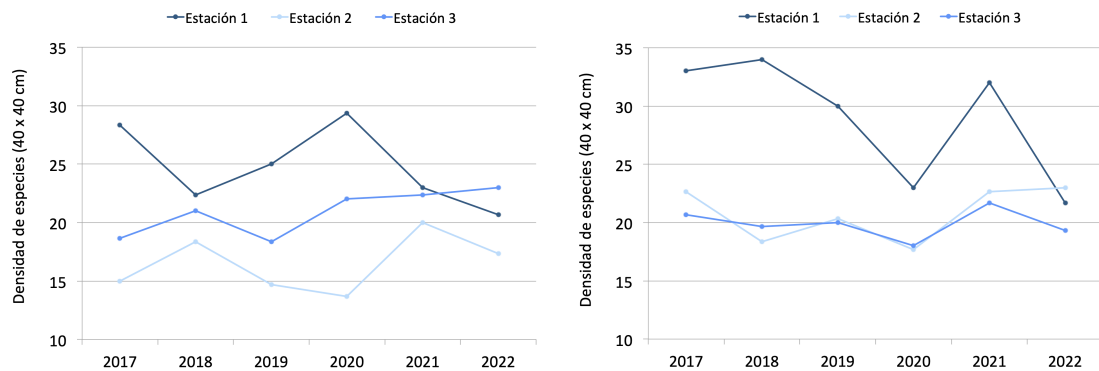


Fig. 4.4. Densidad de especies (especies por superficie de muestreo: 40 cm x 40 cm) en los niveles intermareales superior (A) e inferior (B) de las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

La cobertura acumulada por el conjunto de algas que componen la vegetación también muestra ligeras diferencias entre estaciones (Fig. 4.5). En la vegetación del nivel superior (+ 1,25 m), la cobertura total media presenta los valores más altos en la Estación 1 (151,5 %), seguido de la Estación 3 (142,3 %) y de la Estación 2 (108,7 %). En el nivel intermareal inferior (+ 0,75 m), el promedio de cobertura algal acumulada muestra los valores más altos en la Estación 3 (233,8 %) y en la Estación 1 (203,5 %), mostrando este parámetro valores inferiores en la Estación 2 (150,7 %). Entre los años 2021 y 2022 los resultados reflejan un aumento de la cobertura algal en la mayoría de los casos, con la excepción del nivel superior de la Estación 2 donde ha disminuido ligeramente. Los valores más bajos de cobertura algal corresponden en general a la Estación 2, donde la topografía de la zona intermareal es más abrupta y el impacto del oleaje es mayor.

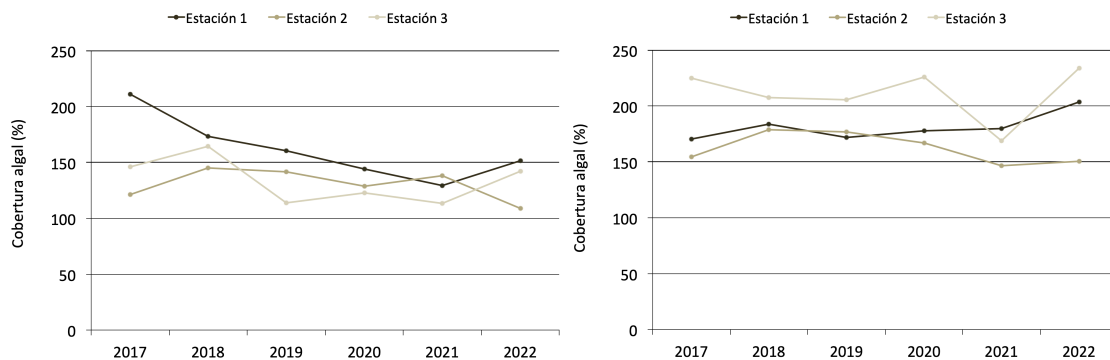


Fig. 4.5. Cobertura algal acumulada de la vegetación del nivel intermareal +1,25 m (A) y del nivel intermareal +0,75 m (B) en las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

La Figura 4.6 muestra la cobertura de las especies calcáreas (conjuntamente incrustantes y erectas). En el nivel superior (+ 1,25 m), la cobertura de estas algas es elevada. Los resultados muestran cómo en 2022 los valores promedio son similares en las 3 estaciones de muestreo: Estación 1 (102 %), Estación 2 (95 %) y Estación 3 (105 %). En el nivel intermareal +0,75 m este grupo morfológico presenta mayores diferencias entre estaciones. El valor promedio más bajo corresponde a la Estación 1 (76,73 %), seguido de la Estación 2 (83 %) y de la Estación 3 (108 %). Los resultados muestran ligeras diferencias en la cobertura algal de algas calcáreas entre los años 2021 y 2022 en el nivel intermareal superior (Fig. 4.6). En el nivel inferior sin embargo, las algas calcáreas han aumentado en la Estación 3 (82,3 % vs 108 %) y han disminuido en la Estación 2 (99,2 % vs 83 %).

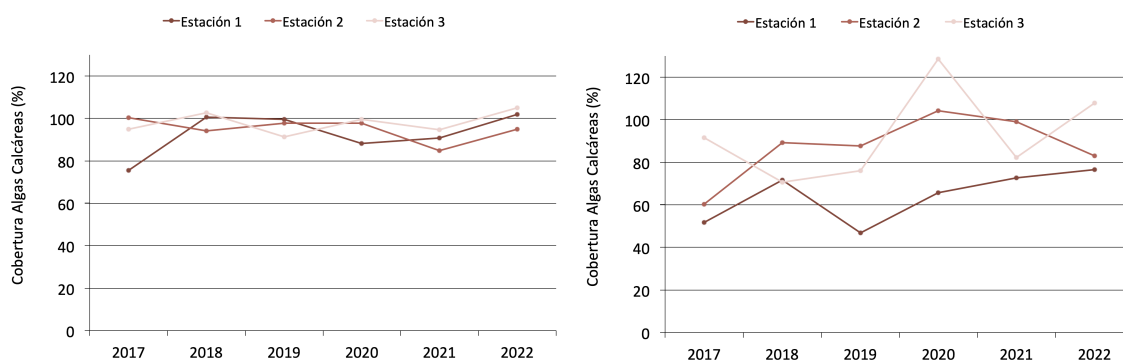


Fig. 4.6. Cobertura de algas calcáreas en la vegetación del nivel intermareal +1,25 m (A) y del nivel intermareal +0,75 m (B) en las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

La cobertura de las algas de morfología simple presenta en 2022 valores significativamente inferiores a las algas calcáreas en los dos niveles intermareales estudiados (Fig. 4.7). En el nivel superior (+ 1,25 m), el valor promedio más alto corresponde a la Estación 1 (38,5 %), seguido de la Estación 2 (10,8 %) y de la Estación 3 (8 %). En el nivel inferior (+ 0,75 m) los valores son ligeramente más bajos. Todas las estaciones tienen valores próximos al 10 %: Estación 1 (9,2 %), Estación 2 (9,2 %) y Estación 3 (14 %). La cobertura de algas de morfología simple en 2022 presenta en general valores superiores a los registrados en 2021. Los cambios más significativos se detectan en la Estación 2, tanto en el nivel intermareal superior (41,2 % vs 10,8 %), como en el nivel inferior (23 % vs 9,2 %) (Fig. 4.6).

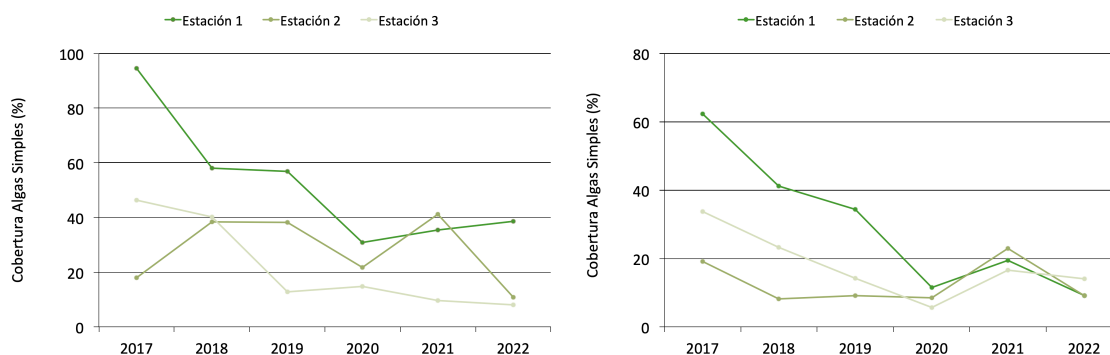


Fig. 4.7. Cobertura de algas de morfología simple en la vegetación del nivel intermareal +1,25 m (A) y del nivel intermareal +0,75 m (B) en las 3 estaciones estudiadas durante el periodo 2017-2022.

Se detectan ciertas diferencias entre las 3 estaciones en relación a la cobertura de las algas de morfología compleja, especialmente en el nivel inferior (Fig. 4.8). En el nivel intermareal +1,25 m los valores son de bajo a moderados. El valor promedio más alto corresponde a la Estación 3 (51 %), seguido de la Estación 1 (11 %) y de la Estación 2 (2,8 %). Con respecto al nivel inferior (+ 0,75 m), las algas de morfología compleja son abundantes en la Estación 1 (117,7 %) y en la Estación 3 (111,8 %), y presentan una cobertura moderada en la Estación 2 (58,5 %). Entre los años 2021 y 2022, las algas complejas experimentaron, en general, un notable desarrollo. Los aumentos más reseñables corresponden al nivel intermareal inferior: Estación 1 (87,8 % vs 117,7 %), Estación 2 (24,3 % vs 58,5 %) y Estación 3 (69,7 % vs 111,8 %). En cuanto al nivel superior, cabe mencionar el aumento detectado en la Estación 3 (8,3 % vs 51 %).

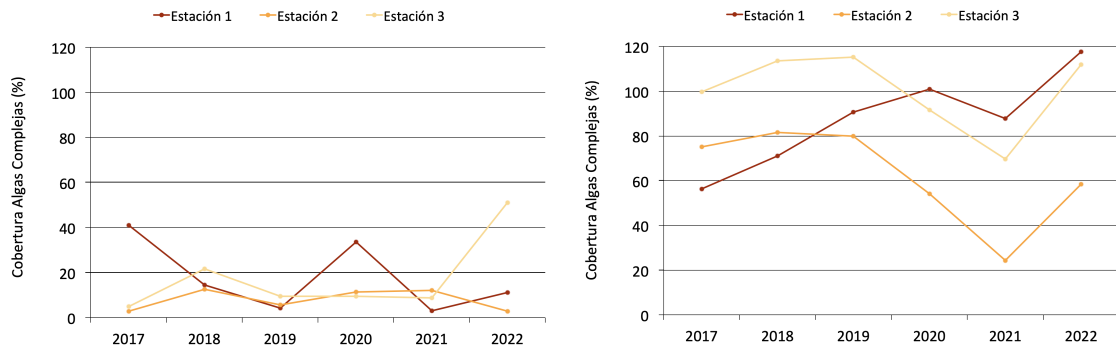


Fig. 4.8. Cobertura de algas de morfología compleja en la vegetación del nivel intermareal +1,25 m (A) y del nivel intermareal +0,75 m (B) en las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

#### 4.2.4.2. Similitud florística entre las estaciones

La similitud entre los inventarios fue explorada mediante la aplicación de técnicas multivariantes. En el diagrama resultante del análisis de ordenación nMDS realizado conjuntamente con los inventarios de los 2 niveles de marea estudiados (Fig. 4.9), se detecta cómo se forman 2 grupos, en los que ambos niveles intermareales quedan separados, es decir, presentaban comunidades biológicas diferentes.

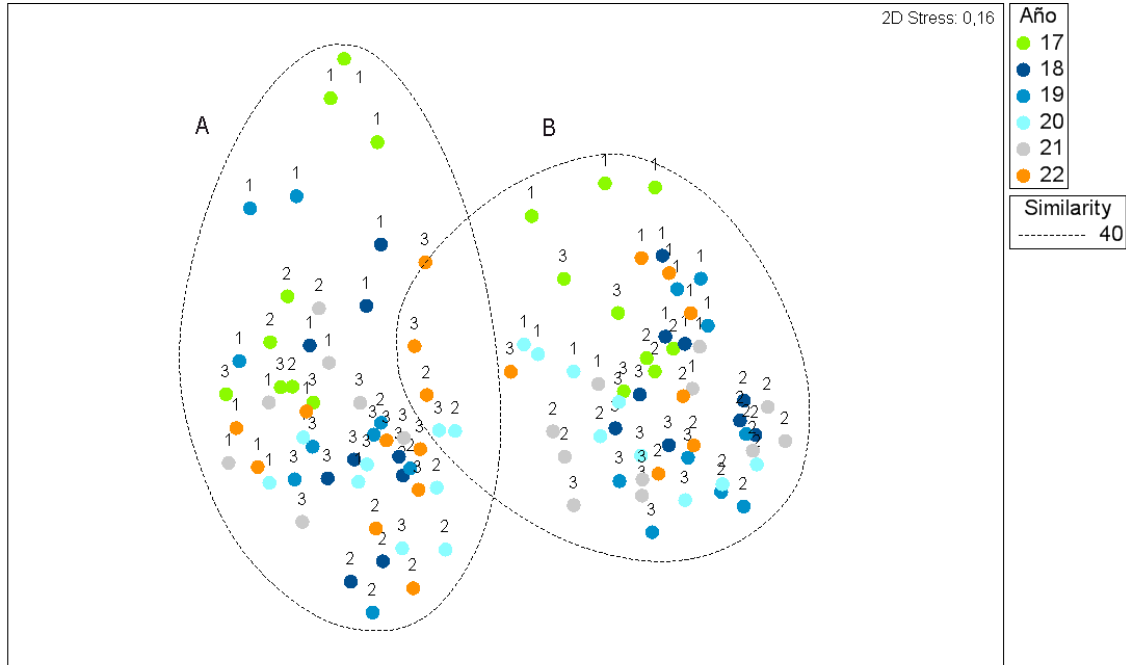


Fig. 4.9. Análisis de ordenación nMDS de las muestras de la flora intermareal del nivel superior (+1,25 m) e inferior (+0,75 m) de las 3 estaciones estudiadas en el entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga en las primaveras del periodo 2017-2022. Datos transformados con raíz cuadrada; índice de similitud aplicado: Bray-Curtis.

De acuerdo a la rutina SIMPER o análisis de similitudes, la disimilitud promedio entre los inventarios del Grupo A (inventarios del nivel inferior y tres muestras del superior) y

Grupo B (inventarios del nivel superior) del diagrama (Fig. 4.9) es 63,91 %. Las especies que más contribuyen ( $> 2\%$ ) a la separación de ambos grupos son: *Ericaria selaginoides*, *Pterosiphonia complanata*, *Halopteris scoparia*, *Bifurcaria bifurcata*, *Jania rubens*, *Mesophyllum lichenoides*, *Chondracanthus acicularis*, *Lithophyllum incrustans* y *Halurus equisetifolius*, especies más abundantes en el nivel intermareal bajo (+ 0,75 m); así como, *Ellisolandia elongata*, *Vertebrata thuyoides*, *Caulacanthus ustulatus* y *Osmundea pinnatifida* más abundantes en el nivel intermareal alto (+1,25 m).

Un segundo nMDS realizado únicamente con las muestras del nivel superior (Fig. 4.10) permite ver más detalladamente las diferencias espacio-temporales entre las estaciones. Las muestras se disponen formando un continuo, sin que se aprecie la formación de grupos discretos. Esta disposición de las muestras refleja que las diferencias entre estaciones de muestreo y años son graduales. La estación que muestra una menor dispersión entre muestras es la Estación 2, con una similitud promedio entre muestras para el periodo 2017-2022 de 76,5 %, seguida de la Estación 3 (69,1 %) y Estación 1 (67,5 %).

De acuerdo a la rutina SIMPER, la similitud entre estaciones aumentó entre 2017 y 2018, y se ha mantenido relativamente constante desde entonces; aunque se ha detectado un leve descenso en el último periodo (2017: similitud 60,4 %; 2018: 72,6 %; 2019: 75,3 %; 2020: 74,6 %; 2021: 74,3 % y 2022: 65,5 %). Otro resultado del test SIMPER es que contribución de la calcárea *Ellisolandia elongata* (2017: 32,6 %; 2018: 38,9 %; 2019: 49,8 %; 2020: 45,3 %; 2020: 46 % y 2022: 46,7 %) ha aumentado con respecto a las dos primeras campañas.

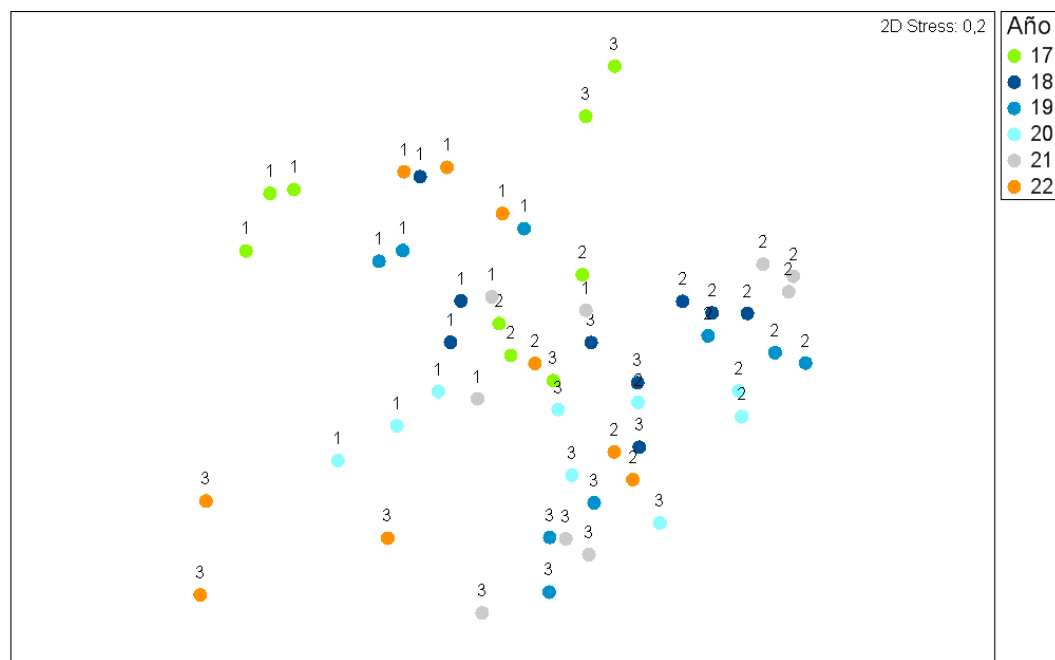


Fig. 4.10. Análisis de ordenación nMDS de las muestras de la flora intermareal del nivel superior (+1,25 m) de las 3 estaciones estudiadas en el entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga en las primaveras del periodo 2017-2022. Datos transformados con raíz cuadrada; índice de similitud aplicado: Bray-Curtis.

Para el nivel intermareal superior del área de estudio en su conjunto, la rutina SIMPER señala como principales cambios entre 2021 y 2022 la mayor cobertura de *Bifurcaria bifurcata*, *Osmundea pinnatifida*, *Lithophyllum incrustans*, *Mesophyllum lichenoides*, *Cladostephus spongiosus*, *Jania rubens* y *Chondracanthus acicularis* en 2022, así como la menor abundancia de *Vertebrata thuyoides*.

En el nMDS realizado únicamente con las muestras del nivel inferior (Fig. 4.11) se observa cómo las muestras se disponen formando un continuo, sin que se aprecie la formación de grupos discretos. Las muestras de la Estación 1 quedan situadas hacia la izquierda del diagrama y las de la Estación 3 y Estación 2 hacia la derecha. De acuerdo a la rutina SIMPER la estación que presenta una mayor variabilidad espacio-temporal es la Estación 1 (similitud promedio a lo largo del estudio de 46,5 %). La similitud promedio entre las muestras de la Estación 2 y entre las muestras de la Estación 3 es 56,1 % y 62,5 %, respectivamente; lo cual indica que su variabilidad es inferior a la de la Estación 1. La similitud entre estaciones aumentó entre 2017 y 2020, y ha disminuido levemente desde entonces (2017: similitud 44,0 %; 2018: 49,4 %; 2019: 48,8 %; 2020: 63,2 %; 2021: 51,0 % y 2022: 52,4 %); aunque en el último bienio se ha mantenido estable. No se detecta en el diagrama un desplazamiento de las muestras de 2022 con respecto a las demás campañas, lo que indica que la estructura de la vegetación se mantiene relativamente estable.

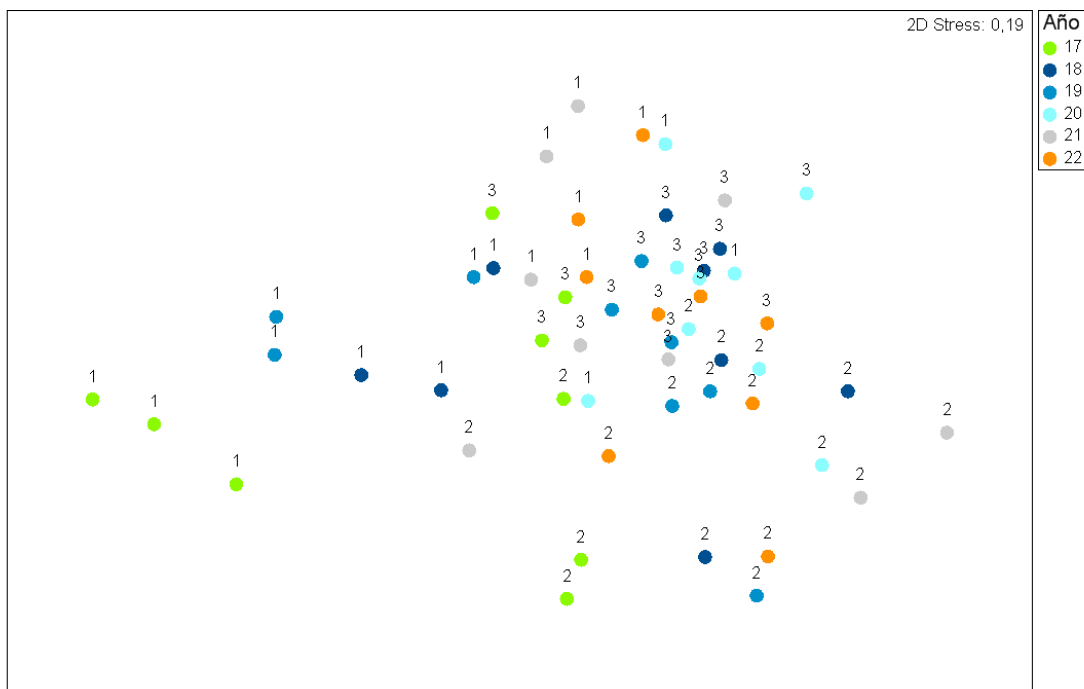


Fig. 4.11. Análisis de ordenación nMDS de las muestras de la flora intermareal del nivel inferior (+0,75 m) de las 3 estaciones estudiadas en el entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga en las primaveras del período 2017-2022. Datos transformados con raíz cuadrada; índice de similitud aplicado: Bray-Curtis.

Para el nivel intermareal inferior del área de estudio en su conjunto, la rutina SIMPER señala como principales cambios entre 2021 y 2022 la mayor cobertura de *Ericaria selaginoides*, *Bifurcaria bifurcata*, *Pterosiphonia complanata*, *Halopteris scoparia*, *Mesophyllum lichenoides*, *Lithophyllum incrustans*, *Gelidium corneum* y *Halurus equisetifolius* en 2022, así como la menor abundancia de *Jania Rubens*, *Chondracanthus teedei*, *Vertebrata thuyoides* y *Vertebrata fruticulosa*.



#### 4.2.5. Discusión

Los resultados del presente estudio correspondientes a la Campaña 2022 indican que la vegetación intermareal del entorno receptor del efluente de aguas residuales de la EDAR de Laga se encuentran en un buen estado de conservación. Uno de los principales resultados que refuerzan esta conclusión es la elevada cobertura de especies perennes de morfología compleja, las cuales son generalmente las especies más sensibles a la contaminación (Munda, 1993; Rodríguez-Prieto y Polo, 1996; Pinedo et al., 2007; Arévalo et al., 2007; Díez et al., 2014; Benedetti-Cecchi et al., 2001; Gorgula y Connell, 2004). Este resultado indica que las condiciones ambientales del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga son óptimas y que el nivel de alteración de la vegetación es mínimo.

Otro resultado positivo es la zonación vertical registrada, es decir, la vegetación de los niveles intermareales estudiados era diferente. Esta característica denota madurez en la vegetación porque cuando los contaminantes entran en el medio, tiene lugar una simplificación del patrón de zonación (Munda, 1980, 1993; Fairweather, 1990; Rueness y Fredriksen, 1991; Díez et al., 1999), debido a que las especies resistentes al estrés de la contaminación son resistentes también al estrés de factores naturales y por ello, pueden desarrollarse en diferentes niveles de marea. Asimismo, la elevada variabilidad espacial (disimilitud entre los inventarios de cada estación) dentro de un mismo nivel de marea también ha sido señalada como un rasgo de comunidades no alteradas (Díez et al., 2013).

Por otra parte, el género *Cystoseira* (incluye las especies *Ericaria selaginoides* y *Gongolaria baccata*, anteriormente clasificadas taxonómicamente dentro del género *Cystoseira*) es muy sensible a la contaminación y a otras alteraciones del medio ocasionadas por las actividades antrópicas, siendo las especies de este género las primeras en desaparecer cuando el medio se degrada (Cormaci y Furnari, 1999; Thibaut et al., 2005). Esta característica de las especies de *Cystoseira* ha llevado a los científicos a proponer al género como indicador biológico de la calidad ambiental (Panayotidis et al., 1999; Pinedo et al., 2007). En el área de estudio se ha detectado la presencia de *Ericaria selaginoides* en las tres estaciones de muestreo.

Los cambios registrados entre 2021 y 2022 son positivos ya que se ha detectado un aumento generalizado de algas de morfología compleja, especialmente de *Ericaria selaginoides*, pero también de *Bifurcaria bifurcata*, *Pterosiphonia complanata*, *Halopteris scoparia* y *Gelidium corneum*. Estas macroalgas son abundantes en tramos de costa libres de contaminación. La cobertura acumulada por todas las especies que componen la vegetación ha aumentado, mientras que la cobertura correspondiente a algas oportunistas de morfología simple continúa con valores bajos. Por todos estos resultados, los descensos detectados en la riqueza y en la densidad de especies quedan enmarcados dentro de la variabilidad temporal del fitobentos y no guardan relación con un deterioro de la calidad del agua.

Considerando los resultados obtenidos en su conjunto, se concluye que en 2022 la presión ejercida por el efluente de aguas tratadas de la EDAR de Laga en la vegetación intermareal del entorno donde es vertido es mínima.

### 4.3. FAUNA: RESULTADOS

En este apartado se exponen los principales resultados obtenidos en el estudio de la fauna intermareal del entorno receptor del efluente de aguas tratadas de la EDAR de Laga. Se detalla la composición de las comunidades zoobentónicas existentes en primavera de 2022 en cada una de las tres estaciones de muestreo y se describen los cambios principales con respecto a las campañas precedentes. Además, se analiza la evolución de la comunidad de invertebrados en el conjunto del área de estudio durante el periodo 2017-2022. En el anexo I quedan recogidos los inventarios (listado de especies visualizadas con sus respectivas abundancias) y la cobertura media de las especies registradas para cada estación de muestreo y nivel de marea. Asimismo, se incluye una lista de los taxones de fauna registrados. En el anexo fotográfico se puede observar el aspecto y características de la fauna bentónica estudiada.

#### 4.3.1. Estación 1

En la Tabla 7.6 (Anexo) se muestra la cobertura media de las especies registradas en la estación, así como su cobertura en cada uno de los dos niveles de marea estudiados. Teniendo en cuenta los dos niveles de marea (superior e inferior), en 2022 se han registrado un total de 18 especies de invertebrados. De éstos, el erizo *Paracentrotus lividus* es el más abundante, con un promedio de cobertura del 1 %, seguido del gasterópodo *Gibbula umbilicalis* (0,4 %). El resto de invertebrados presentaban coberturas testimoniales (inferiores a 0,4 %).

En el nivel superior de marea (+ 1,25 m), la comunidad de invertebrados estaba dominada por el erizo *Paracentrotus lividus* que alcanza un 2 % de cobertura, siendo este valor el máximo de cobertura registrado en el área de estudio (Anexo: Tabla 7.6). El resto de invertebrados presentaban coberturas inferiores al 1 %. Con respecto a cambios temporales, destaca el retroceso del erizo *Paracentrotus lividus* (10,3 % vs 2,0 %) y de la lapa *Patella ulyssiponensis* (1,8 % vs 0,5 %) en el periodo 2021-2022.

A lo largo del estudio, la fauna del nivel intermareal inferior (+ 0,75 m) se ha caracterizado por ser poco conspicua (Anexo: Tabla 7.6). Al igual que en campañas precedentes, en el año 2022, ninguna especie superaba el 0,5 % de abundancia, y sólo los invertebrados Amphipoda indet., *Gibbula umbilicalis* y Sabellaridae indet. llegaban a alcanzar el 0,5 % de cobertura. No se han detectado cambios notables, quedando este nivel de marea caracterizado por la estabilidad de sus comunidades a lo largo del tiempo.

#### 4.3.2. Estación 2

En la Tabla 7.7 (Anexo) se muestra la cobertura media de las especies registradas en la estación, así como su cobertura en cada uno de los dos niveles de marea estudiados. Con un total de 15 especies registradas en 2022 en la estación, los bivalvos *Mytilus galloprovincialis*, la lapa *Patella ulyssiponensis* y los anélidos sabeláridos Sabellaridae indet. eran las especies más abundantes con una cobertura de 0,4 %. El resto de invertebrados presentaban valores testimoniales (inferiores a 0,4 %).

En el nivel superior de marea (+ 1,25 m), la comunidad de invertebrados queda dominada por lapa *Patella ulyssiponensis* que alcanza un 0,8 % de cobertura, siendo este valor el máximo registrado por el invertebrado en el área de estudio (Anexo: Tabla 7.7). Otros invertebrados abundantes fueron el cirrípedo *Chthamalus stellatus* (0,5 %) y el anélido *Spirobranchus* spp. (0,5 %). El resto de invertebrados presentaban coberturas inferiores al 0,5 %. Por otro lado, destacan los cambios temporales en el periodo 2019-2022 con avances y retrocesos de la lapa *Patella ulyssiponensis* (6,7 % vs 0,3 % vs 4,0 % vs 0,8 %), del erizo *Paracentrotus lividus* (5,3 % vs 0,3 % vs 2,0 % vs 0 %) y del cirrípedo *Chthamalus stellatus* (2,0 % vs 0,3 % vs 0,7 % vs 0,5 %).

En el nivel intermareal inferior (+ 0,75 m), los invertebrados presentan coberturas nunca superiores al 0,5 % (Anexo: Tabla 7.7). Las especies más abundantes son el bivalvo *Mytilus galloprovincialis* (0,5 %) y los sabeláridos Sabellaridae indet. (0,5 %). En cuanto a cambios temporales, destaca estabilidad de la comunidad de invertebrados con ligeros avances o retrocesos nunca superiores al 0,5 %. Cabe destacar el registro en 2022 del bivalvo *Mytilus galloprovincialis* por primera vez desde que se comenzara el estudio en 2017.

### 4.3.3. Estación 3

En la Tabla 7.8 (Anexo) se muestra la cobertura promedio de las especies de invertebrados registradas en la Estación 3. Teniendo en cuenta los dos niveles de marea estudiados, en 2022 el total de especies es 12. De éstas, ninguna alcanza el 1 % de cobertura, siendo los invertebrados más abundantes los sabeláridos Sabellaridae indet. (0,6 %) y los anfípodos Amphipoda indet. (0,5 %).

En el nivel más alto (+ 1,25 m), los invertebrados con valores de cobertura más elevados eran sabeláridos Sabellaridae indet. (0,7 %) y los anfípodos Amphipoda indet. (0,5 %) (Anexo: Tabla 7.8). El resto de las especies presentaban coberturas inferiores al 0,4 %. A lo largo de la serie temporal destacan los valores bajos de abundancia de herbívoros como *Patella ulyssiponensis* y la presencia continuada del bivalvo *Mytilus galloprovincialis*. Cabe mencionar la ausencia en 2022 del cirrípedo *Chthamalus stellatus*, especie que ha formado parte de la comunidad de invertebrados desde 2017.

En el nivel intermareal inferior (+ 0,75 m), los invertebrados más abundantes eran los poliquetos de la familia Sabellaridae (0,5 %) y los anfípodos Amphipoda indet. (0,5 %) (Anexo: Tabla 7.8). El resto de la fauna era poco conspicua y presentaba coberturas testimoniales (inferiores al 0,4 %). A pesar de ser cambios de escasa magnitud, destaca la desaparición en 2022 de varias especies como: *Aplysia punctata*, *Calliostoma zizyphinum*, *Tritia incrassata*, *Haliolona oculata* y *Patella ulyssiponensis*.

### 4.3.4. Diferencias espacio-temporales de la fauna

#### 4.3.4.1. Parámetros estructurales de la fauna

En cuanto a la riqueza específica se detectan diferencias espaciales entre las tres estaciones de muestreo, mientras que el total de especies registrado en cada nivel de marea no presenta diferencias notables (Fig. 4.12). En el nivel superior, la Estación 3 es la que presentaba los valores más elevados lo largo del estudio hasta el notable avance de la

Estación 2 en 2022 (7 vs 14, en 2021 y 2022, respectivamente) (Fig. 4.12 A). En el nivel inferior los valores son más similares entre las 3 estaciones. En 2021 se detectó un notable incremento en las tres estaciones que contrasta con el retroceso detectado en 2022 en la Estación 1 (5 vs 10 vs 8, en 2020, 2021 y 2022, respectivamente) y la Estación 3 (7 vs 9 vs 6) (Fig. 4.12 B).

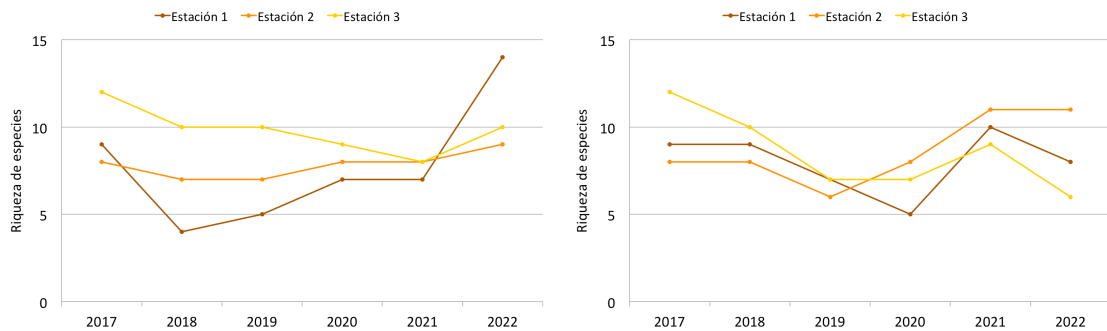


Fig. 4.12. Riqueza o número total de especies de fauna registradas en los niveles intermareales superior (A) e inferior (B) de las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

En cuanto a la densidad de especies de la fauna intermareal (número medio de especies por superficie de muestreo: 40 cm x 40 cm), es en el nivel superior donde se detectan las diferencias temporales y espaciales más acusadas (Fig. 4.13). En este nivel, en el periodo 2017–2021 se observaba un patrón espacial con valores máximos en la Estación 3 y mínimos en la Estación 1 (Fig. 4.13 A). Sin embargo, el notable aumento registrado en 2022 en la Estación 1 le sitúa cómo la de mayor densidad del área de estudio (3,7 vs 7,7, en 2021 y 2022, respectivamente). En la campaña inicial de 2017 se registraban los valores de densidad más altos de la serie temporal tanto en el nivel intermareal superior (Estación 2 y Estación 3, Fig. 4.13 A) como en el inferior (Estación 1 y Estación 3, Fig. 4.13 B). En el nivel inferior en las tres últimas campañas realizadas (Fig. 4.13 B) se registran cambios de signo opuesto en la Estación 2 (5,0 vs 7,0 vs 5,3, en 2020, 2021 y 2022, respectivamente) y en la Estación 3 (4,7 vs 5,7 vs 3,7) y una tendencia ascendente en la Estación 1 (3,0 vs 4,3 vs 5,3).

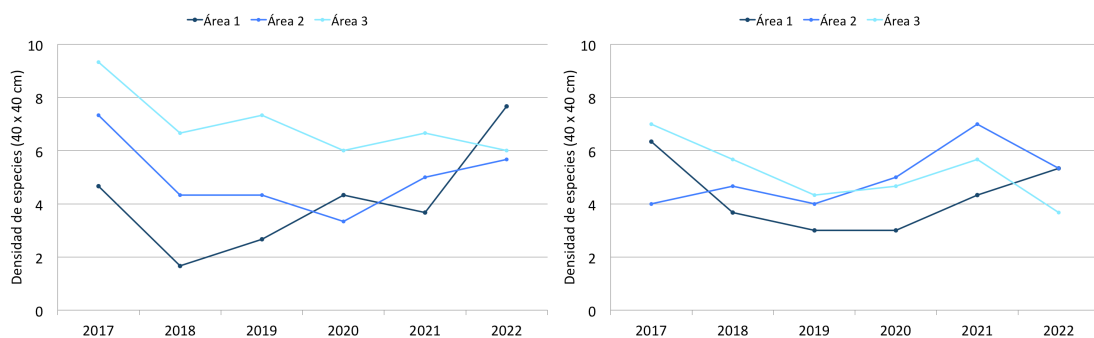


Fig. 4.13. Densidad de especies de fauna (especies por superficie de muestreo: 40 cm x 40 cm) en los niveles intermareales superior (A) e inferior (B) de las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

La cobertura acumulada por el conjunto de invertebrados que componen el zoobentos alcanza valores superiores en el nivel intermareal superior (Fig. 4.14 A y Fig. 4.14 B).

Asimismo, los cambios temporales y diferencias espaciales más notables se dan en el nivel intermareal superior, mientras que el nivel inferior destaca por su estabilidad. En el nivel superior destaca la Estación 3 (Fig. 4.14 A), donde los valores de cobertura animal no se han recuperado tras el notable retroceso experimentado en 2018 (31,8 % vs 4,2 % vs 4,5 % vs 3,0 % vs 3,8 % vs 3,2 %). El nivel superior de la Estación 1 (Fig. 4.14 A) se mantuvo estable con valores de cobertura bajos en el periodo 2017-2019 y mantiene valores moderados desde el año 2020 (2,5 % vs 1,3 % vs 1,5 % vs 12,2 % vs 13,6 % vs 5,5 %). El nivel superior de la Estación 2 se caracteriza por experimentar cambios de signo opuesto a lo largo del estudio (Fig. 4.14 A).

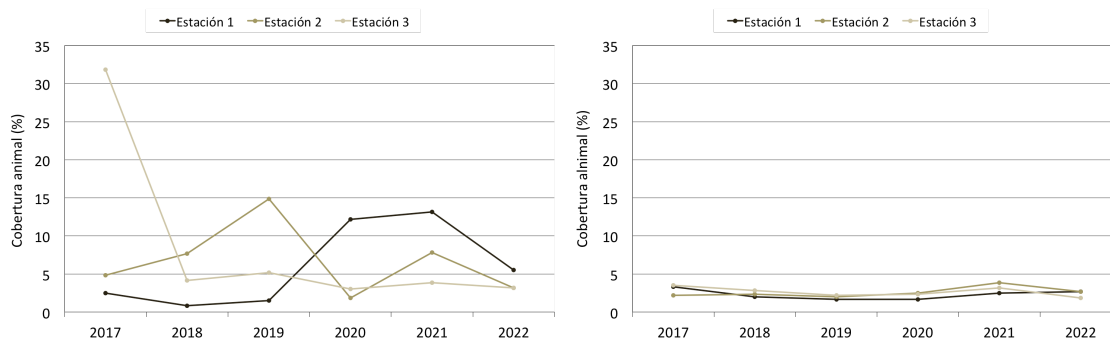


Fig. 4.14. Cobertura animal del nivel intermareal +1,25 m (A) y del nivel intermareal +0,75 m (B) en las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

En cuanto a la abundancia de invertebrados con estrategia trófica herbívora, éstos alcanzan valores más elevados en el nivel intermareal superior (Fig. 4.15 A y Fig. 4.15 B). Asimismo, los cambios temporales y diferencias espaciales más notables se dan en el nivel intermareal superior, mientras que el nivel inferior destaca por sus valores bajos y estabilidad en la serie temporal. En el nivel superior destaca el significativo descenso de la fauna herbívora experimentado en la Estación 3 desde su retroceso en 2018 (28,8 % vs 1,5 % vs 1,7 % vs 1 % vs 0,8 % vs 0,5 %). En la Estación 1, tras una etapa estable con valores de cobertura bajos en el periodo 2017-2019, aumenta significativamente en el periodo 2020-2021 y retrocede a valores moderados en 2022 (0,8 % vs 0,3 % vs 0,7 % vs 10,6 % vs 12,2 % vs 3,0 %). El Estación 2 se caracteriza por experimentar cambios de signo opuesto a lo largo del estudio (Fig. 4.15 A).

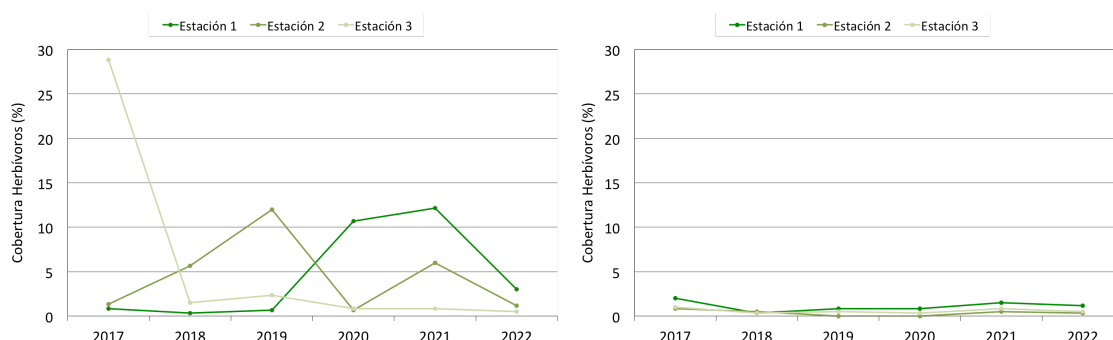


Fig. 4.15. Cobertura de herbívoros del nivel intermareal +1,25 m (A) y del nivel intermareal +0,75 m (B) en las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

En los gráficos de la Figura 4.16 aparecen representados los valores de abundancia de los invertebrados con estrategia trófica suspensívora desde el inicio del estudio. En general,

en el nivel superior de marea (Fig. 4.16 A) la fauna suspensiva es más abundante que en el nivel inferior (Fig. 4.16 B). El Estación 1 presenta las abundancias de suspensivos menores del área de estudio, tanto en el nivel intermareal superior como en el inferior. Los cambios temporales de la fauna suspensiva dentro del área de estudio son de pequeña magnitud.

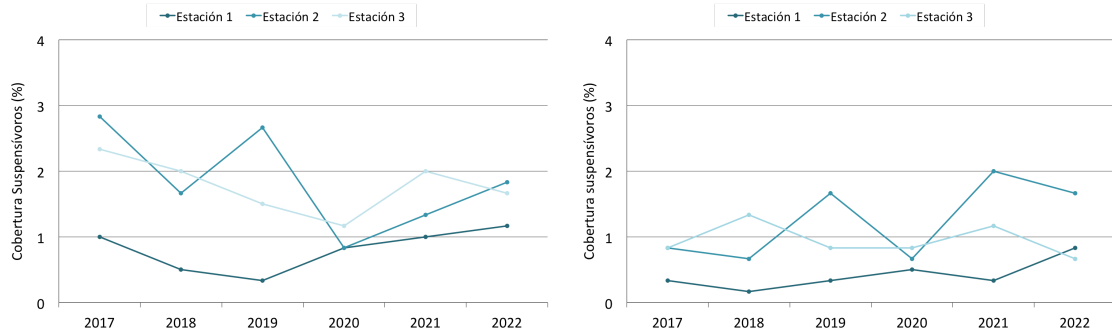


Fig. 4.16. Cobertura de suspensivos del nivel intermareal +1,25 m (A) y del nivel intermareal +0,75 m (B) en las 3 estaciones de muestreo durante el periodo 2017-2022.

#### 4.3.4.2. Similitud faunística entre las estaciones

La similitud entre los inventarios de cada nivel de marea fue explorada mediante la aplicación de técnicas multivariantes. En el diagrama resultante del análisis de ordenación nMDS realizado conjuntamente con los inventarios de los dos niveles de marea estudiados (Fig. 4.17), se forman dos grandes grupos en los que ambos niveles intermareales quedan prácticamente separados, es decir, presentaban comunidades biológicas diferentes.

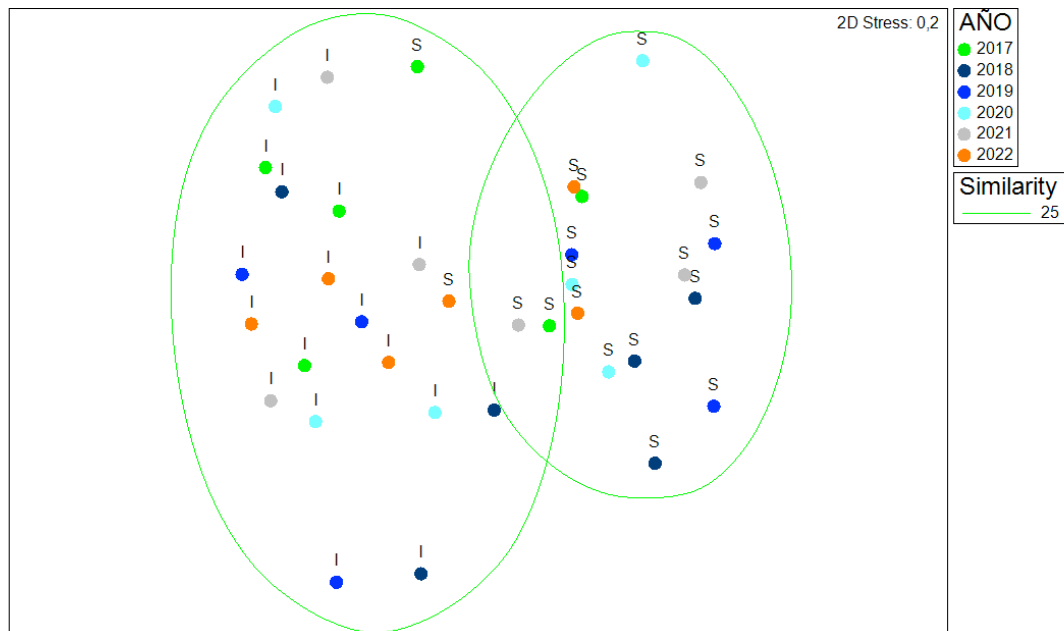


Fig. 4.17. Análisis de ordenación nMDS de las muestras de la fauna intermareal del nivel superior (S: +1,25 m) e inferior (I: +0,75 m) de las 3 estaciones estudiadas en el entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga en las primaveras del periodo 2017-2022. Datos transformados con raíz cuadrada; índice de similitud aplicado: Bray-Curtis.

De acuerdo a la rutina SIMPER o análisis de similitudes, la disimilitud promedio entre los inventarios del nivel superior e inferior es 75 % (similitud del 25 %). Las comunidades de ambos niveles se diferencian en que ciertas especies de invertebrados presentan una mayor cobertura según del nivel de marea. En el nivel superior alcanzan una mayor cobertura la lapa *Patella ulyssiponensis*, el cirrípedo *Chthamalus stellatus*, el bivalvo *Mytilus galloprovincialis* y el equinodermo *Paracentrotus lividus*. Por el contrario, otras especies como los anélidos sabeláridos Sabellaridae indet o los anfípodos Amphipoda indet. son más abundantes en el nivel inferior. En el diagrama de la Figura 4.17 se aprecia una mayor dispersión entre los inventarios correspondientes al nivel inferior. De acuerdo a la prueba SIMPER, las comunidades de este nivel intermareal presentan una similitud espacio-temporal del 35 %, mientras que las del nivel superior son más similares entre sí y a lo largo de los años (44 %).

Con objeto de visualizar con más detalle las diferencias faunísticas entre cada una de las estaciones estudiadas, se realizaron análisis de ordenación con los dos niveles intermareales por separado (Figs. 4.18 y 4.19).

En el nMDS correspondiente al nivel superior de marea (Fig. 4.18), los inventarios quedan dispuestos sin que se aprecie la formación de grupos según la estación o campaña de muestreo. La ausencia de grupos discretos indica que las comunidades del área de estudio son en general similares entre sí y que a lo largo de los años no han experimentado cambios significativos ni presentan un patrón temporal definido.

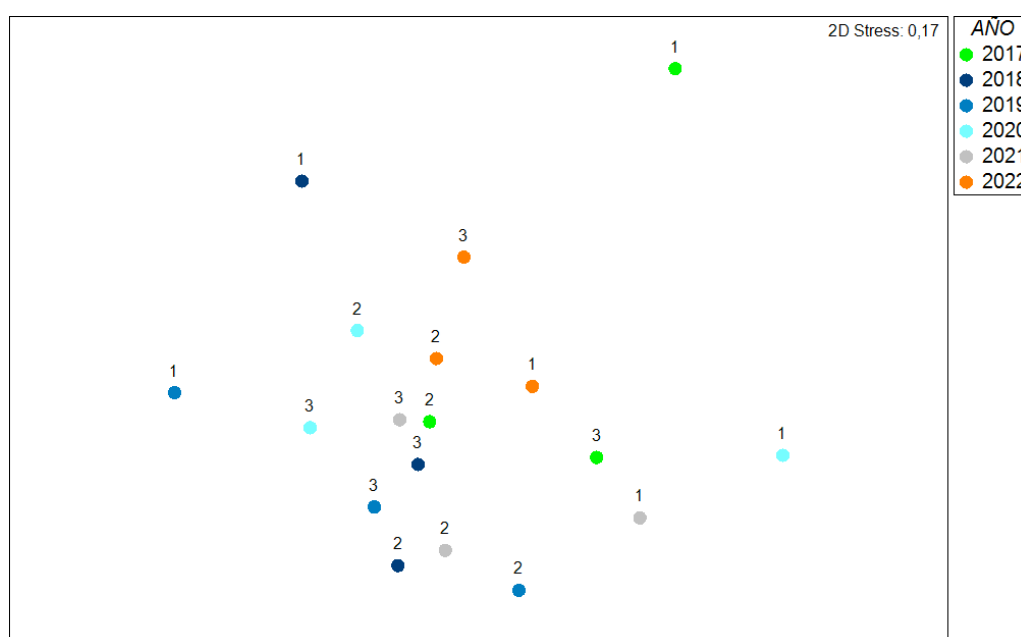


Fig. 4.18. Análisis de ordenación nMDS de las muestras de la fauna intermareal del nivel superior (+1,25 m) de las 3 estaciones estudiadas en el entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga en las primaveras del periodo 2017-2022. Datos transformados con raíz cuadrada; índice de similitud aplicado: Bray-Curtis.

De acuerdo a la rutina SIMPER, en el área de estudio las comunidades de la Estación 2 y de la Estación 3 son más similares entre sí debido a la mayor abundancia de *Patella ulyssiponensis*, *Chthamalus stellatus* y sabeláridos, mientras que la Estación 1 el equinodermo *Paracentrotus lividus* es comparativamente más abundante. Por otro lado, la

prueba SIMPER señala un aumento de la similitud a lo largo del estudio entre las comunidades de las tres estaciones. En el periodo 2017-2020 la similitud del área de estudio no superaba el 40 %, mientras que en 2021 (48 %) y 2022 (50 %) este valor ha aumentado de forma notable. En el nMDS (Fig. 4.18) se observa una mayor dispersión temporal de los inventarios de la Estación 1, lo que indica que esta estación ha presentado cambios temporales más notables. Así, la prueba SIMPER indica una menor similitud a lo largo de los años en la Estación 1 (30 % vs 56 % vs 52 %, para la Estación 1, Estación 2 y Estación 3, respectivamente). Las especies que en mayor medida contribuyen a las diferencias y similitudes espacio-temporales son *Patella ulyssiponensis*, *Chthamalus stellatus* y *Paracentrotus lividus*.

La rutina SIMPER señala como principales cambios entre 2021 y 2022 para el conjunto del área de estudio una cobertura moderadamente inferior de *Paracentrotus lividus*, *Patella ulyssiponensis* y *Chthamalus stellatus* en 2022, así como un aumento leve de los anélidos *Spirobranchus* spp., *Serpulla concharum* y los sabeláridos Sabellaridae indet.

En el nMDS correspondiente al nivel inferior (Fig. 4.19) los inventarios quedan dispuestos sin que se aprecie la formación de grupos según las estaciones o años de muestreo. Al igual que lo descrito para las comunidades del nivel superior, este resultado indica que las comunidades del área de estudio presentan diferencias graduales y que no se detecta una tendencia temporal definida.

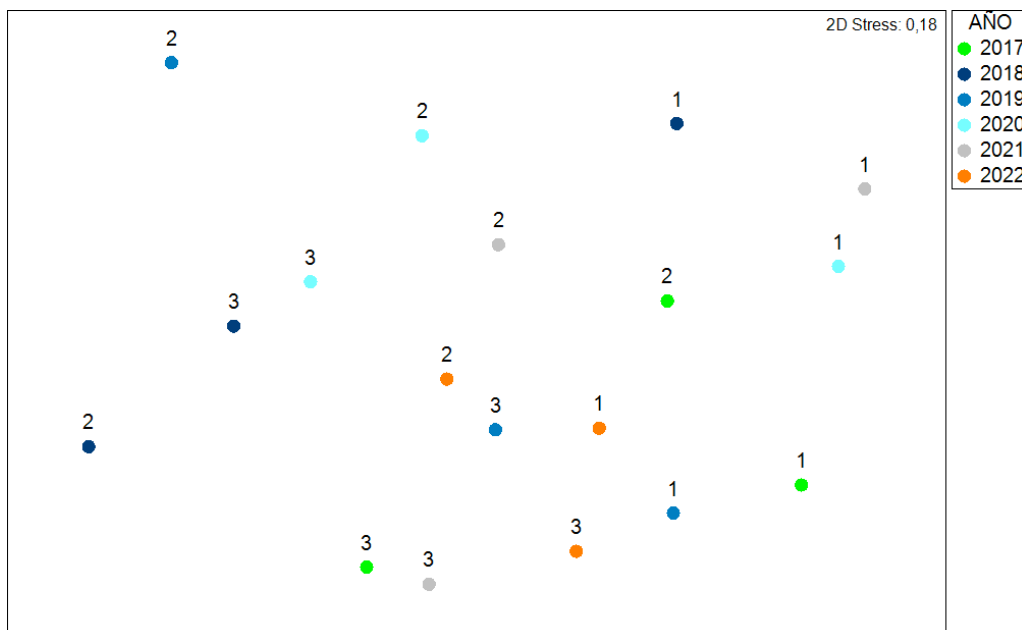


Fig. 4.19. Análisis de ordenación nMDS de las muestras de la fauna intermareal del nivel inferior (+0,75 m) de las 3 estaciones estudiadas en el entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga en las primaveras del periodo 2017-2022. Datos transformados con raíz cuadrada; índice de similitud aplicado: Bray-Curtis.

En el nMDS (Fig. 4.19) existe cierta ordenación de los inventarios de la Estación 1 hacia la derecha del diagrama. De acuerdo a la rutina SIMPER, este resultado se debe a que dentro del área de estudio, las comunidades de la Estación 2 y de la Estación 3 son más similares entre sí por la mayor abundancia de sabeláridos (Sabellaridae indet), mientras que en la Estación 1, los gasterópodos *Bittium reticulatum* y *Gibbula umbilicalis* son más abundantes.



Por otro lado, la prueba SIMPER señala cambios notables en la similitud de las comunidades del área de estudio. En un inicio, en el año 2017 las comunidades de las tres estaciones compartían una similitud del 42 %. En el periodo 2018-2021 la similitud del área de estudio fue menor con valores de similitud entre 26 %-29 %. En la presente campaña correspondiente a 2022, el zoobentos alcanza la mayor similitud con un valor de 55 %. La mayor homogeneidad de las comunidades en 2022 se debe principalmente a la presencia de coberturas similares en las tres estaciones de los anélidos sabeláridos Sabellaridae indet., que alcanzan un 0,5 % de cobertura en este nivel de marea. La rutina SIMPER señala como principales cambios entre 2021 y 2022 para el conjunto del área de estudio, el aumento de cobertura de *Gibbula umbilicalis* y *Mytilus galloprovincialis*, así como el retroceso leve de *Bittium reticulatum*.

#### 4.3.5. Discusión

En cuanto a la fauna, las tres estaciones presentaban una estructura y composición faunística similar. Como se viene indicando desde 2017, ésta se caracteriza por ser poco conspicua con valores de abundancia bajos. Esta característica es común de ambientes donde de forma natural la vegetación predomina sobre la fauna, ocupando el sustrato rocoso intermareal en su práctica totalidad (Díez et al., 2012). A pesar de ser la fauna poco abundante, era diversa y presentaba invertebrados típicos de costa abierta como los herbívoros *Patella ulyssiponensis*, Sabellaridae indet. y *Paracentrotus lividus*, entre otros.

Desde el inicio del estudio, los cambios más notables se dan en los valores de cobertura faunística. Estos cambios se han dado en las tres estaciones de estudio; desde la más cercana al efluente de la EDAR de Laga a la más lejana, sin que se detecte un patrón asociado a la distancia del vertido. Los cambios más significativos de abundancia animal se detectan en la fauna herbívora y se asocian principalmente a la distribución espacial heterogénea que de forma natural presentan las poblaciones de los equinodermos *Paracentrotus lividus*. Estos invertebrados se agrupan en determinados lugares y el muestreo aleatorio utilizado conlleva que no se muestreen exactamente las mismas superficies a lo largo de las campañas de muestreo.

Por otro lado, la diversidad de invertebrados ha experimentado también variaciones significativas a lo largo del estudio. En la serie temporal, la Estación 1 (estación mas cercana al vertido) presenta en general una menor diversidad que las otras dos estaciones. En 2022, destaca como dato positivo en la Estación 1, el aumento de la densidad de invertebrados y de la riqueza. Los valores de diversidad del área de estudio en su totalidad quedan en un rango dentro de lo esperado para el zoobentos rocoso intermareal de la costa vasca (Bustamante et al., 2010; Díez et al., 2012). Ya que la disminución de la de diversidad en el entorno de vertidos de aguas residuales está considerado un síntoma de estrés (Robert y Scanes, 1999; Wear y Taner, 2007), será de especial interés estudiar la evolución de este parámetro en futuras campañas.

Desde el inicio del estudio los cambios más significativos de abundancia animal se detectan en la fauna herbívora de la Estación 3. Estos resultados derivan, como se ha mencionado anteriormente, de la distribución heterogénea natural del erizo *Paracentrotus lividus*. Estos invertebrados han sido abundantes en la Estación 3 desde el inicio del estudio.

#### 4.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS COMUNIDADES EN EL CONTEXTO DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA 2000/60/CE

El estado ecológico (EcoQ) de las comunidades intermareales (macroalgas e invertebrados) presentes en el entorno de la descarga del efluente de la EDAR de Laga se determinó mediante la aplicación del índice RICQI (Díez et al., 2012).

En la Tabla 4.9 queda detallada la puntuación obtenida en la evaluación del estado ecológico de las comunidades intermareales (flora y fauna) de las tres estaciones de estudio durante el periodo 2017-2022. De acuerdo a este índice, en las 3 primeras campañas realizadas, todas las estaciones evaluadas se clasificaron con un estado ecológico 'Muy Bueno'. En las campañas de 2020 y de 2021 la Estación 1 y la Estación 3 se clasificaron con un estado ecológico 'Muy Bueno', mientras que la Estación 2 presentaba un estado ecológico 'Bueno'. En la actual Campaña 2022, las tres estaciones de estudio presentan de nuevo un estado ecológico 'Muy Bueno'. Se concluye que las comunidades intermareales del medio receptor del efluente de la EDAR de Laga cumplen en 2022 con los objetivos de la DMA.

Costa marina	Año	RICQI: Entorno depuradora LAGA										Estado Ecológico
		Métricas								EQR		
		Especies Indicadoras SpBio		Algas Complejas MCA	Riqueza Especies R		Cobertura Fauna FC					
ESS	PC	Ra	Rf		Pf	Ch	Cs					
LA_BD_E1	2017	70,01 (MB)	Sí	48,7	57	15	1,5	1,2	0,7	0,9	Muy Bueno	
LA_BD_E2	2017	76,39 (MB)	Sí	38,9	51	12	2,5	1,0	1,8	0,85	Muy Bueno	
LA_BD_E3	2017	76,65 (MB)	Sí	52,3	48	20	8,7	15,0	1,5	0,98	Muy Bueno	
LA_BD_E1	2018	76,11 (MB)	Sí	42,8	57	12	0,8	1,2	0,3	0,85	Muy Bueno	
LA_BD_E2	2018	72,99 (MB)	Sí	47,0	42	13	3,0	3,1	1,2	0,9	Muy Bueno	
LA_BD_E3	2018	73,02 (MB)	Sí	67,3	40	14	1,8	0,9	1,7	0,88	Muy Bueno	
LA_BD_E1	2019	75,07 (MB)	Sí	47,4	56	10	1,0	1,4	1,0	0,89	Muy Bueno	
LA_BD_E2	2019	76,37 (MB)	Sí	42,8	44	11	5,0	14,7	4,4	0,92	Muy Bueno	
LA_BD_E3	2019	74,37 (MB)	Sí	62,7	44	13	2,1	2,4	2,9	0,9	Muy Bueno	
LA_BD_E1	2020	69,38 (MB)	Sí	67,3	48	11	4,1	5,9	1,0	0,94	Muy Bueno	
LA_BD_E2	2020	68,47 (MB)	Sí	32,8	38	14	1,5	0,5	0,8	0,75	Bueno	
LA_BD_E3	2020	72,74 (MB)	Sí	50,4	44	12	1,5	0,9	1,3	0,9	Muy Bueno	
LA_BD_E1	2021	73,64 (MB)	Sí	45,4	60	16	4,8	6,8	0,8	0,96	Muy Bueno	
LA_BD_E2	2021	75,45 (MB)	Sí	18,2	52	15	3,9	3,3	1,8	0,8	Bueno	
LA_BD_E3	2021	74,16 (MB)	Sí	39,3	51	14	2,4	0,8	1,8	0,85	Muy Bueno	
LA_BD_E1	2022	65,61 (MB)	Sí	65,2	44	18	2,2	2,1	1,0	0,91	Muy Bueno	
LA_BD_E2	2022	68,22 (MB)	Sí	30,7	52	15	2,2	0,8	1,8	0,85	Muy Bueno	
LA_BD_E3	2022	66,41 (MB)	Sí	81,4	48	12	1,3	0,5	1,2	0,9	Muy Bueno	

Tabla. 4.9. Valores de las métricas, puntuación obtenida (EQR: *Ecological Quality Ratio*) y clasificación del Estado Ecológico (EcoQ) de las comunidades intermareales presentes en el entorno de la descarga del efluente de la EDAR de Laga en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 mediante la aplicación del índice RICQI (Díez et al., 2012).

## 5. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

El presente estudio tiene como objetivo conocer el impacto ambiental del efluente de la EDAR de Laga sobre los principales componentes del ecosistema costero en el entorno receptor en 2022. La descarga de las aguas residuales tratadas se hace por medio de un emisario y tiene lugar en una zona costera próxima conocida como ensenada de Galdaraposo. Para cumplir dicho objetivo, se han estudiado las condiciones fisicoquímicas del agua y las comunidades de macroalgas e invertebrados de sustrato duro presentes en las proximidades del vertido. Para la evaluación del estado ecológico de la masa de agua se han aplicado índices conforme a la Directiva 2000/60/CE (DMA).

Con respecto a las condiciones fisicoquímicas del agua, las variables oceanográficas temperatura, salinidad y pH mostraron valores normales en el contexto de la zona de estudio. Las diferencias entre las estaciones de muestreo en cuanto a estas variables fueron mínimas, lo cual indica que la influencia del efluente fue muy similar entre ellas. Las condiciones de oxigenación fueron buenas y los valores registrados se encuentran por encima del umbral para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno' ( $\leq 95\%$ ). Las condiciones de transparencia del agua eran óptimas para la zona, con valores bajos de coeficiente de extinción de luz ( $\leq 0,4$ ). Asimismo, los valores de turbidez y de sólidos en suspensión de todas las muestras se encontraban dentro de los descritos para el objetivo de calidad 'Muy Bueno' (Borja et al., 2015). Con respecto a los nutrientes inorgánicos disueltos, la concentración de nitrato, amonio y fosfato en la columna de agua obtuvieron valores dentro del rango para alcanzar el objetivo de calidad 'Muy Bueno' establecido para tramos de costa abierta de la costa vasca (CHC y URA, 2016; BOE, 2016).

Finalmente, mediante la aplicación del índice PCQI (Bald et al., 2005), que utiliza datos de saturación de oxígeno, nutrientes y condiciones ópticas de las aguas de superficie, y que se emplea para la evaluación del estado de las masas de agua en el contexto de la Directiva Marco del Agua, se concluye que el estado fisicoquímico en las estaciones de muestreo en 2022 fue 'Muy Bueno'.

Todo lo anterior indica que el efecto del efluente de la EDAR de Laga en las características fisicoquímicas de la columna de agua del medio receptor fue inapreciable.

Con respecto a las comunidades biológicas, los resultados del presente estudio correspondientes a la Campaña 2022 indican que la vegetación intermareal del entorno receptor del efluente de aguas residuales de la EDAR de Laga se encuentran en un buen estado de conservación. Uno de los principales resultados que refuerzan esta conclusión es la elevada cobertura de especies perennes de morfología compleja, las cuales son generalmente las especies más sensibles a la contaminación (Munda, 1993; Rodríguez-Prieto y Polo, 1996; Pinedo et al., 2007; Arévalo et al., 2007; Díez et al., 2014; Benedetti-Cecchi et al., 2001; Gorgula y Connell, 2004). Este resultado indica que las condiciones ambientales del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga son óptimas y que el nivel de alteración de la vegetación es mínimo.

Otro resultado positivo es la marcada zonación vertical registrada, es decir, la vegetación de los niveles intermareales estudiados era diferente. Esta característica denota madurez

en la vegetación porque cuando los contaminantes entran en el medio, tiene lugar una simplificación del patrón de zonación (Munda, 1980, 1993; Fairweather, 1990; Rueness y Fredriksen, 1991; Díez et al., 1999), debido a que las especies resistentes al estrés de la contaminación son resistentes también al estrés de factores naturales y por ello, pueden desarrollarse en diferentes niveles de marea. Asimismo, la elevada variabilidad espacial (disimilitud entre los inventarios de cada estación) dentro de un mismo nivel de marea también ha sido señalada como un rasgo de las comunidades no alteradas (Díez et al., 2013).

Por otra parte, el género *Cystoseira* es muy sensible a la contaminación y a otras alteraciones del medio ocasionadas por las actividades antrópicas, siendo las especies de este género las primeras en desaparecer cuando el medio se degrada (Cormaci y Furnari, 1999; Thibaut et al., 2005). Esta característica de las especies de *Cystoseira* ha llevado a los científicos a proponer al género como indicador biológico de la calidad ambiental (Panayotidis et al., 1999; Pinedo et al., 2007). En el área de estudio se ha detectado la presencia de *Ericaria selaginoides* (anteriormente *Cystoseira tamariscifolia*) en las tres estaciones de muestreo.

Los cambios detectados entre 2021 y 2022 son positivos ya que se ha detectado un aumento generalizado de algas de morfología compleja, especialmente de *Ericaria selaginoides*, pero también de *Bifurcaria bifurcata*, *Pterosiphonia complanata*, *Halopteris scoparia* y *Gelidium comeum*. Estas macroalgas son abundantes en tramos de costa libres de contaminación. La cobertura acumulada por todas las especies que componen la vegetación ha aumentado, mientras que la cobertura correspondiente a algas oportunistas de morfología simple continúa con valores bajos. Estos resultados descartan la posibilidad de que los descensos detectados en la riqueza y en la densidad de especies de macroalgas guarden relación con un deterioro de la calidad del agua. Considerando los resultados obtenidos en su conjunto, se concluye que en 2022 la presión ejercida por el efluente de aguas tratadas de la EDAR de Laga en la vegetación intermareal del entorno donde es vertido es mínima.

En cuanto a la fauna, las tres estaciones estudiadas presentaban una estructura y composición faunística similar. Como se viene indicando desde el inicio del estudio, se caracterizaba por ser poco conspicua con valores de cobertura en general bajos. Esta característica es común de ambientes donde de forma natural la vegetación predomina sobre la fauna, ocupando el sustrato rocoso intermareal en su práctica totalidad (Díez et al., 2012). A pesar de ser la fauna poco abundante, era diversa y presentaba invertebrados típicos de costa abierta como los herbívoros *Patella ulyssiponensis*, Sabellaridae indet y *Paracentrotus lividus*, entre otros.

Desde el inicio del estudio, los cambios más notables se dan en los valores de cobertura faunística. Estos cambios se han dado en las tres estaciones de estudio; desde la más cercana al efluente de la EDAR de Laga a la más lejana, sin que se detecte un patrón asociado al vertido de la EDAR. Los cambios más significativos de abundancia animal se detectan en la fauna herbívora y se asocian principalmente a la distribución heterogénea natural de la población de los equinodermos *Paracentrotus lividus*.

Por otro lado, la diversidad de invertebrados ha experimentado también variaciones significativas a lo largo del estudio. En la serie temporal la Estación I (estación mas cercana al vertido) presentaba en general una menor diversidad que las otras dos

---

estaciones. En 2022 destaca como dato positivo el aumento de la densidad de invertebrados y de la riqueza en la Estación I. Por lo tanto, los valores de diversidad del área de estudio quedan en un rango dentro de lo esperado para el zoobentos rocoso intermareal de la costa vasca (Bustamante et al., 2010, Díez et al., 2012). Ya que la disminución de la de diversidad en el entorno de vertidos de aguas residuales está considerado un síntoma de estrés (Robert y Scanes, 1999; Wear y Taner, 2007), será de especial interés estudiar la evolución de este parámetro en futuras campañas.

El estado ecológico (EcoQ) de las comunidades intermareales (macroalgas e invertebrados) presentes en el entorno de la descarga del efluente de la EDAR de Laga se determinó mediante la aplicación del índice RICQI (Díez et al., 2012). En la actual Campaña 2022, las tres estaciones del área de estudio se clasifican con un estado ecológico de 'Muy Bueno'. De acuerdo a este índice, todo el área de estudio cumple con los objetivos de la DMA.

A la luz de los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que tanto la calidad de la columna de agua como el estado ecológico de las comunidades intermareales del medio receptor del efluente de la EDAR de Laga cumplían en 2022 con los objetivos de la DMA.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER. PRIMER- E Ltd, Plymouth.
- Borja Á., Bald J., Belzunce M.J., Franco J., Garmendia J.M., Larreta J., Menchaca I., Muxika I., Revilla M., Rodríguez J.G., Solaun O., Uriarte A., Valencia V., Zorita I., Adarraga I., Aguirrezabalaga F., Sola J.C., Cruz I., Marquiegui M.A., Martínez J., Ruiz J.M., Cano M., Laza-Martínez A., Manzanos A. 2015. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de resultados. Campaña 2015. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para URA. 445 pp + anexos.
- Archambault, P., Banwell, K., Underwood, A.J. 2001. Temporal variation in the structure of intertidal assemblages following the removal of sewage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 222: 51-62.
- Ardre, F. 1970. Contribution a l'etude des algues marines du Portugal. I. La Flore. *Port. Acta Biol. sér. B*, 1-423, 56 pls.
- Arévalo, R., Pinedo, S., Ballesteros, E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Mar. Pollut. Bull.*, 55: 104-113.
- Bald J., A. Borja, I. Muxika, J. Franco, V. Valencia, 2005. Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: a case-study from the Basque Country (Northern Spain). *Mar. Pollut. Bull.*, 50(12): 1508-1522.
- Bellgrove, A., Clayton, M.N., Quinn, G.P. 1997. Effects of secondarily treated sewage effluent on intertidal macroalgal recruitment processes. *Mar. Freshwater Res.*, 48: 137-146.
- Benedetti-Cecchi, L., Pannacciulli, F., Bulleri, F., Moschella, P.S., Airoidi, L., Relini, G., Cinelli, F. 2001. Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 214: 137-150.
- Bendschneider, K., Robinson, R.J. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11: 87-96.
- Brewer, P.G., Riley, J.P. 1965. The automatic determination of nitrate in sea water. *Deep-Sea Res.*, 12: 765-772.
- BOE, 2016. Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental,

- Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro. Núm. 439, pp. 2972-4301.
- BOPV, 2013. Disposiciones Generales. Decreto 459/2013, de 10 de diciembre, sobre los vertidos efectuados desde tierra al mar. Boletín Oficial del País Vasco Nº 237. 2013/5406 (1-35).
- Borja, A. 1983. Sistemática de los moluscos marinos de la Costa Vasca. Sociedad Cultural INSUB, pub. nº 2. Donostia. 96 pp.
- Borja, A., Bikuña, B.G.D., Blanco, J.M., Agirre, A., Aierbe, E., Bald, J., Belzunce, M.J., Fraile, H., Franco, J., Gandarias, O., Goikoetxea, I., Leonardo, J.M., Lonbide, L., Moso, M., Muxika, I., Pe´rez, V., Santoro, F., Solaun, O., Tello, E.M., Valencia, V. 2003. Red de Vigilancia de las masas de aguas superficial de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. 22 vols., 3043 pp. Available from: <[http://www.euskadi.net/vima\\_aguas/red\\_c.htm](http://www.euskadi.net/vima_aguas/red_c.htm)>.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, J. Larreta, I. Menchaca, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.M<sup>a</sup> Ruiz, J.C. Sola, A. Manzanos. 2015. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua, 651 pp.
- Burrows, E.M. 1991. Seaweeds of the British Isles. Vol. 2. Chlorophyta. British Museum (Natural History), London.
- Burton, M. 1963. A revision of the Classification of the Calcareous Sponges. British Museum (Natural History). London. 693 pp.
- Bustamante, M., Tajadura, J., Saiz-Salinas, J.I. 2010. Temporal and spatial variability on rocky intertidal macrofaunal assemblages affected by an oil spill (Basque coast, northern Spain). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 90: 1305-1317.
- Bustamante, M., Tajadura, J., Gorostiaga, J.M., Saiz-Salinas, J.I. 2014. Response of rocky invertebrate diversity, structure and function to the vertical layering of vegetation. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 147: 148-155.
- Bustamante, M., Tajadura, J., Díez, I., Saiz-Salinas, J.I. 2017. The potential role of habitat-forming seaweeds in modeling benthic ecosystem properties. *J. Sea Res.*, 130: 123-133.
- Cloern, J. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 210: 223-253.
- Coppejans E. 1995. Flore algologique des côtes du Nord de la France et de la Belgique. Jardin Botanique National de Belgique, Meise.



- Cormaci, M. and Furnari, G. 1991. Phytobenthic communities as monitor of the environmental conditions of the Brindisi coast-line. *Oebalia*, 17: 177-198.
- Cornelius, P.F.S. 1995. Thecate Hydroids and their Medusae (Parts 1&2). Synopses of the British Fauna, N° 50. The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association. Shrewsbury. 732 pp.
- Devinny, J.S., Volse, L.A. 1978. Effects of sediments on the development of *Macrocystis pyrifera* gametophytes. *Mar. Biol.*, 48: 343-348.
- Diario Oficial de la Unión Europea, L 47, 20 de febrero de 2018. Decisión de la Comisión, de 12 de febrero de 2018, por la que se fijan, de conformidad con la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, los valores de las clasificaciones de los sistemas de seguimiento de los Estados miembros a raíz del ejercicio de intercalibración, y por la que se deroga la Decisión 2013/480/UE [notificada con el número C(2018) 696].
- Díez I., Bustamante, M., Santolaria, A., Tajadura, J., Muguerza, N., Borja, A., Muxika, I., Saiz-Salinas, J.I., Gorostiaga, J.M. 2012. Development of a tool for assessing the ecological quality status of intertidal coastal rocky assemblages, within Atlantic Iberian coasts. *Ecol. Indic.* 12: 58-71.
- Díez, I., Santolaria, A., Muguerza, N., Gorostiaga, J.M. 2013. Measuring restoration in intertidal macrophyte assemblages following wastewater treatment upgrade. *Mar. Environ. Res.*, 84: 31-42.
- Díez, I., Santolaria, A., Muguerza, N., Gorostiaga, J.M. 2014. Capacity for recovery of rocky subtidal assemblages following pollution abatement in a scenario of global change. *Mar. Pollut. Bull.*, 86: 197-209.
- Díez, I., Secilla, A., Santolaria, A., Gorostiaga, J.M. 1999. Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *Mar. Pollut. Bull.*, 38: 463-472.
- Dixon, P.S., Irvine, L.M. 1977. Seaweeds of the British Isles. Vol. I. Rhodophyta. Part I. Introduction, Nemaliales, Gigartinales. British Museum (Natural History), London.
- Eriksson, B.K., Johansson, G. 2003. Sedimentation reduces recruitment success of *Fucus vesiculosus* in the Baltic Sea. *Eur. J. Phycol.*, 38: 217-222.
- Eriksson, B.K., Johansson, G., Snoeijs, P. 1998. Long-term changes in the sublittoral zonation of brown algae in the southern Bothnian Sea. *Eur. J. Phycol.*, 33: 241-249.
- European Commission, 2018. Commission Decision of 12 February 2018, establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise (notified under document number C(2018) 696). Official Journal of the European Union L 47/1.
- Fauvel, P. 1969. Polychètes Sédentaires. Faune de France, 16. Paris. 493 pp.

- Feldmann-Mazoyer, G. 1940. Recherches sur les Céramiacées de la Méditerranée, Alger. (Reprinted in 1977 by Otto Koeltz Science Publishers).
- Fletcher, R.L. 1987. Seaweeds of the British Isles. Vol. 3. Fucophyceae (Phaeophyceae). Part 1. British Museum (Natural History), London.
- Gayral, P. 1958. Algues de la Côte Atlantique Marocaine. La Nature of Maroc, 11: 1-523, Rabat.
- Gayral, P. 1966. Les algues des côtes françaises (Manche et Atlantique). Deren & Cie, Paris. (Reprinted in 1982 by Otto Koeltz Science Publishers).
- Goikoetxea, N., Borja, Á., Fontán, A., González, M., Valencia, V. 2009. Trends and anomalies of sea surface temperature during the last 60 years, within the southeastern Bay of Biscay. Cont. Shelf Res., 29: 1060-1069.
- Gorgula, S.K., Connell, S.D. 2004. Expansive covers of turf-forming algae on human-dominated coast: the relative effects of increasing nutrient and sediment loads. Mar. Biol., 145: 613-619.
- Graham, A. 1988. (2<sup>a</sup> ed.). Molluscs: Prosobranch and Pyramidellid Gastropods. Synopses of the British fauna, n° 2. The Linnean Society of London and The Estuarine & Brackish-Water.
- Halpern, B., Selkoe, F., Micheli, C., Kappel, 2007. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. Con. Biol., 21: 1301-1315.
- Harley, C.D.G., Anderson, K.M., Demes, K.W., Jorve, J.P., Kordas, R.L., Coyle, T.A., Graham, M.H. 2012. Effects of climate change on global seaweed communities. J. Phycol., 48: 1064-1078.
- Hydes, D.J., Aoyama, M., Aminot, A., Bakker, K., Becker, S., Coverly, S., ... Zhang, J. Z. 2010. Recommendations for the determination of nutrients in seawater to high levels of precision and inter-comparability using continuous flow analyzers. 87 pp.
- Ingle, R. 1993. Hermit crabs of the Northeastern Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea. British Museum (Natural History). London. 495 pp.
- Irvine, L.M., Chamberlain, Y.M. 1994. Seaweeds of the British Isles. Vol. I. Rhodophyta. Part 2B. Corallinales, Hildenbrandiales. HMSO, London.
- Irvine, L.M. 1983. Seaweeds of the British Isles. Vol. I. Rhodophyta. Part 2A. Cryptonemiales (*sensu stricto*), Palmariales, Rhodymeniales. British Museum (Natural History), London.
- Kautsky, H., Kautsky, L., Kautsky, N., Kautsky, V., Lindblad, C. 1992. Studies on the *Fucus vesiculosus* community in the Baltic Sea. Acta Phytogeogr. Suec., 78: 33-48.

- Kautsky, N., Kautsky, H., Kautsky, U., Waera, M. 1986. Decreased depth penetration of *Fucus vesiculosus* (L.) since the 1940's indicates eutrophication of the Baltic Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., 28: 1-8.
- Koeman, R.P.T. 1985. The taxonomy of *Ulva* Lannaeus, 1753, and *Enteromorpha* Link, 1820, (Chlorophyceae) in the Netherlands. Drukkerij van Denderen BV, Groningen.
- Lincoln, R.J. 1979. British Marine Amphipoda: Gammaridea. British Museum (Natural History). London. 658 pp.
- Maggs, C., Hommersand, M.H. 1993. Seaweeds of the British Isles. Vol. I. Rhodophyta. Part 3A. Ceramiales. HMSO, London.
- Millero, F.J. 1996. Chemical oceanography. CRC Marine Science Series. Florida.
- Munda, I.M. 1993. Changes and degradation of seaweed stands in the Northern Adriatic. In Proceedings of 14th International Seaweed Symposium eds. A. R. O. Chapman, M. T. Brown and M. Lahaye, pp. 239±253, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Munda, I.M. 1980. Changes in the benthic algal associations of the vicinity of Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) caused by organic wastes. Acta Adriat., 21: 229-32.
- Nizamuddin, M. 1991. The green marine algae of Libya. Bern.
- Panayotidis, P., Feretopoulou, J., Montesanto, B. 1999. Benthic vegetation as an ecological quality descriptor in an eastern Mediterranean coastal area (Kalloni Bay, Aegean Sea, Greece). Estuar. Coast. Shelf Sci., 48: 205-214.
- Pinedo, S., García, M., Satta, M.P., De Torres, M., Ballesteros, E. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. Mar. Pollut. Bull., 55: 126-135.
- Price, N.M., Harrison, P.J. 1987. Comparison of methods for the analysis of dissolved urea in seawater. Mar. Biol., 94: 307-317.
- Roberts, D.E., Scanes, P.R., 1999. Spatial patterns in the macrobenthic assemblages inhabiting kelp (*Ecklonia radiata*) forests exposed to sewage effluent. Australian J. of Ecotox., 5: 89-102.
- Rodríguez-Prieto, C., Polo, L. 1996. Effects of sewage pollution in the structure and dynamics of the community of *Cystoseira mediterranea* (Fucales, Phaeophyceae). Sci. Mar. (Barcelona), 60: 253-263.
- Rueness, J., Fredriksen, S. 1991. An assessment of possible pollution effects on the benthic algae of the outer Oslofjord. Ophelia 17, 223±235.
- Ryland, J.S., Hayward, P.J. 1977. British Anascan Bryozoans. Academic Press. London. 199 pp.
- Tebble, N. 1976. (2<sup>a</sup> ed.). British Bivalve Shells. Royal Scottish Museum. Edinburgh. 212 pp.

- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X., Ballesteros, E. 2005. Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Mar. Pollut. Bull.*, 50: 1472-1489.
- URA 2015. Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico, Revisión 2015-2021. Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental. MEMORIA - ANEJO VIII: Seguimiento y evaluación del estado. Octubre de 2015. <http://www.uragentzia.euskadi.eus/nuevo-plan-hidrologico-cantabrico-oriental-2015-2021/u81-000333/es/>
- van den Hoek, C. 1963. Revision of the European species of *Cladophora*. Leiden. (Reprinted in 1976 by Otto Koeltz Science Publishers).
- Voerman, S.E., Llera, E., Rico, J.M. 2013. Climate driven changes in subtidal kelp forest communities in NW Spain. *Mar. Environ. Res.*, 90: 119-127.
- Walker, D.I., Kendrick, G.A. 1998. Threats to macroalgal diversity: marine habitat destruction and fragmentation. *Bot. Mar.*, 41: 105-112.
- Wear, R.J., Tanner, J.E. 2007. Spatio-temporal variability in faunal assemblages surrounding the discharge of secondary treated sewage. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 73: 630-638.
- Zariquiey Álvarez, R. 1968. Crustáceos decápodos ibéricos. Investigación pesquera, tomo 32. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Barcelona. 510 pp.

## 7. ANEXOS

### 7.1. INVENTARIOS DE MACROALGAS

Laga Fecha: 18-4-2022 Nivel intermareal Estación	Superior (+ 1,25 m)									Inferior (+ 0,75 m)								
	1			2			3			1			2			3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Especies / muestra	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Acrosorium ciliolatum</i>				+	+	+	1	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	1
<i>Aglaothamnion gallicum</i>		+	+															
<i>Ahnfeltiopsis devoniensis</i>				+					+		+							+
<i>Anthamnionella ternifolia</i>									+									+
<i>Apoglossum ruscifolium</i>									+					+				+
<i>Asparagopsis armata</i>										+	+	+						
<i>Bifurcaria bifurcata</i>			+				15	10	40	+		20				50	35	80
<i>Bryopsis plumosa</i>								+	+					+				
<i>Calliblepharis jubata</i>			+									+	1	5				
<i>Callithamnion granulatum</i>									+									
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	1	1	+	+	1	5			+									
<i>Ceramium botryocarpum</i>	+		+															
<i>Ceramium echionotum</i>				+	1	+										+		+
<i>Chaetomorpha linum</i>				+				+	+									
<i>Champia parvula</i>													+	+	1			
<i>Chondracanthus acicularis</i>	5	5	5			5	10							5	1			
<i>Chondracanthus teedei</i>		5	10				1			10	5	10	1	+				
<i>Chylocladia verticillata</i>															+			
<i>Cladophora laetevirens</i>	+	+	+				+		+					+				
<i>Cladophora lehmanniana</i>				+	+								+	+				+
<i>Cladostephus spongiosus</i>							5	40							5			5
<i>Codium fragile</i>								+										
<i>Colpomenia peregrina</i>	+	+	+		+	+				+		+		+				+
<i>Cryptopleura ramosa</i>											+	+	+	+				1
<i>Deltalsia parasitica</i>																		+
<i>Dictyota dichotoma</i>	1	+	+			+			+									
<i>Ellisolandia elongata</i>	90	75	80	95	95	90	70	60	85	25	20	60	60	70	95	90	90	90
<i>Ericaria selaginoides</i>		+					1			80	50	40	15	1	1	55	30	5
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>				+			+	+	+				+	+	+	+	+	
<i>Gastroclonium ovatum</i>							1						+		1			
<i>Gastroclonium reflexum</i>					+													
<i>Gelidium corneum</i>										5			1	20				
<i>Gelidium pulchellum</i>				+														
<i>Gelidium spinosum</i>		+	+											1				
<i>Gigartina pistillata</i>							1	+		1	+	+						
<i>Gongolaria baccata</i>														5		1		
<i>Halicystis parvula</i>		+						+										
<i>Halophytis incurva</i>													5	5				
<i>Halopteris filicina</i>												1						
<i>Halopteris scoparia</i>							20		5	+	20	25	10	5	50	5	5	1
<i>Halurus equisetifolius</i>							1	+	1		+	5	1	5	1	5	5	5
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>							+				+	+		1				
<i>Jania rubens</i>							5	25		10	10	10	1	1	5	1	6	1
<i>Leptosiphonia fibrata</i>									+									
<i>Lithophyllum incrustans</i>	5	15	5	1	+	1	10	25	5	15	10	5	1		5	15	5	1
<i>Lomentaria articulata</i>		+	+	1	1				+									
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	5	10	10	1	+	1	15	10	5	15	25	25	1	5	5	5	15	5
<i>Nitophyllum punctatum</i>													+			+		+
<i>Osmundea pinnatifida</i>	10	25	15	1	1	5				+								
<i>Peyssonnelia atropurpurea</i>		+					+	1	+	+								
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	5	1	5															
<i>Plocamium cartilagineum</i>				+		1	+	+		+	+	1	+	1	+	+	1	+
<i>Polysiphonia atlantica</i>	+	+	+															
<i>Pterocladia capillacea</i>												5						
<i>Pterosiphonia complanata</i>							+	+		15	45	10	20	5	10	15	30	15
<i>Pterothamnion crispum</i>															+		+	
<i>Ralfsia verrucosa</i>					1	+												
<i>Scytosiphon lomentaria</i>				+				+										
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	5	5	5			1	+	+	+			+						
<i>Sphacelaria rigidula</i>		1	+	+	+	+	+	+	+									
<i>Trilithia intricata</i>						+	+	+	1	+	+	+						+
<i>Ulva prolifera</i>	+	+	+			+												
<i>Ulva rigida</i>	5	5	5	+	+	+	+	1	1		+		+	+	+	+		+
<i>Vertebrata fruticulosa</i>											5			+				
<i>Vertebrata thuyoides</i>	10	5	5	1	1	1			+						1	5	1	
<i>Xiphosiphonia ardreana</i>										1	1	+			5			10
<i>Xiphosiphonia pennata</i>							+	+										
<i>Zanardinia typus</i>											5	5		+	+		+	

Tabla 7.1. Inventarios de la flora intermareal del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga. Campaña 2022.

## 7.2. INVENTARIOS DE FAUNA

Laga Fecha: 18-4-2022 Nivel intermareal Estación	Superior (+ 1,25 m)									Inferior (+ 0,75 m)											
	1			2			3			1			2			3					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	Especies / muestra																				
Amphipoda indet.			+					+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+
<i>Aplysia</i> sp.																					
<i>Bittium reticulatum</i>					+																
<i>Cereus pedunculatus</i>		+	+						+											+	+
<i>Chthamalus stellatus</i>			+		+	+		+	+												
<i>Cliona celata</i>													+								
<i>Eulalia viridis</i>	+							+													
<i>Gibbula umbilicalis</i>	+	+							+		+		+				+	+	+	+	+
<i>Idotea baltica</i>						+												+			
<i>Mytilus galloprovincialis</i>		+	+			+		+	+					+	+		+	+			+
Nereidae indet.	+																				
<i>Ocinebrina aciculata</i>		+																			
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	+	+																			
<i>Paracentrotus lividus</i>		5	1																		
<i>Patella ulyssiponensis</i>	+	+	+	1	1	+			+	+											
<i>Polyopthalmus pictus</i>			+							+											
Porífera indet.													+								
<i>Rocellaria dubia</i>															+						
Sabellaridae indet.					+			+	+	1	+		+	+			+	+	+	+	+
<i>Serpula concharum</i>			+			+		+	+	+					+						
<i>Spirobranchus</i> spp.	+	+	+	+	+	+		+	+						+						+

Tabla 7.2. Inventarios de la fauna intermareal del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga. Campaña 2022.

### 7.3. TABLAS DE COBERTURA

EDAR Laga Nivel intermareal Campaña	ESTACIÓN 1											
	Nivel superior (+1,25m)				Nivel inferior (+0,75m)				PROMEDIO			
	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %
<i>Acrosorium ciliatum</i>	-	0,5	0,2	-	2,2	0,7	0,8	0,7	1,1	0,6	0,5	0,3
<i>Ahnfeltiopsis devoniensis</i>	-	-	0,2	-	0,5	0,7	1,8	0,3	0,3	0,3	1,0	0,2
<i>Antithamnionella ternifolia</i>	-	-	0,5	-	0,3	-	-	-	0,2	-	0,3	-
<i>Apoglossum rusciifolium</i>	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>Asparagopsis armata</i>	-	0,3	-	-	0,2	-	1,7	0,5	0,1	0,2	0,8	0,3
<i>Bifurcaria bifurcata</i>	-	5,0	0,3	0,2	25,0	7,0	8,3	6,8	12,5	6,0	4,3	3,5
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	1,0	-	-
<i>Bornetia secundiflora</i>	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Bryopsis plumosa</i>	0,3	0,3	-	-	0,3	0,2	-	-	0,3	0,3	-	-
<i>Calliblepharis jubata</i>	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	16,7	6,7	5,3	0,8	-	-	-	-	8,3	3,3	2,7	0,4
<i>Ceramium botryocarpum</i>	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2
<i>Ceramium ciliatum</i>	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>Ceramium echionotum</i>	2,0	0,5	2,2	-	-	-	-	-	1,0	0,3	1,1	-
<i>Ceramium tenerimum</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-
<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-
<i>Chaetomorpha linum</i>	0,3	0,2	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,3	0,1	0,2	-
<i>Champia parvula</i>	-	0,3	0,3	-	0,5	-	-	-	0,3	0,2	0,2	-
<i>Chondracanthus acicularis</i>	-	8,3	5,3	5,0	-	15,0	-	-	-	11,7	2,7	2,5
<i>Chondracanthus teedei</i>	3,7	-	-	5,0	8,3	-	10,0	8,3	6,0	-	5,0	6,7
<i>Chylocladia verticillata</i>	-	-	-	-	0,5	0,2	0,5	-	0,3	0,1	0,3	-
<i>Cladophora albida</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Cladophora laetevirens</i>	-	0,5	0,2	0,5	-	0,5	-	-	-	0,5	0,1	0,3
<i>Cladophora lehmanniana</i>	2,0	0,5	0,3	-	0,5	0,7	0,5	-	1,3	0,6	0,4	-
<i>Cladostephus spongiosus</i>	-	-	-	-	1,8	-	0,3	-	0,9	-	0,2	-
<i>Codium fragile</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Colpomenia peregrina</i>	6,7	1,0	0,8	0,5	-	0,2	0,3	0,3	3,3	0,6	0,6	0,4
<i>Cryptopleura ramosa</i>	-	0,2	-	-	-	0,2	-	0,3	-	0,2	-	0,2
<i>Dasya hutchinsiae</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-
<i>Dasya rigidula</i>	0,2	-	-	-	0,5	-	0,5	-	0,3	-	0,3	-
<i>Dasydiphonia japonica</i>	0,2	-	-	-	0,3	-	0,2	-	0,3	-	0,1	-
<i>Derbesia tenuissima</i>	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-
<i>Dictyota dichotoma</i>	0,5	0,5	0,2	0,7	0,5	-	0,3	-	0,5	0,3	0,3	0,3
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>Ellisolandia elongata</i>	90,0	78,3	85,0	81,7	20,0	40,0	48,3	35,0	55,0	59,2	66,7	58,3
<i>Ericaria selaginoides</i>	-	-	-	0,2	10,0	50,0	35,0	56,7	5,0	25,0	17,5	28,4
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>	0,5	3,8	0,2	-	1,8	0,7	0,7	-	1,2	2,3	0,4	-
<i>Gaillona gallica</i>	0,5	-	-	0,3	-	-	-	-	0,3	-	-	0,2
<i>Gastroclonium ovatum</i>	-	0,3	-	-	-	0,2	-	-	-	0,3	-	-
<i>Gastroclonium reflexum</i>	-	-	0,2	-	0,2	-	-	-	0,1	-	0,1	-
<i>Gelidium attenuatum</i>	0,2	0,2	-	-	0,2	-	-	-	0,2	0,1	-	-
<i>Gelidium corneum</i>	-	-	-	-	-	3,3	-	1,7	-	1,7	-	0,8
<i>Gelidium pulchellum</i>	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Gelidium spinosum</i>	-	-	-	0,3	-	-	0,3	-	-	-	0,2	0,2
<i>Gigartina pistillata</i>	-	0,3	-	-	0,5	3,7	2,2	0,7	0,3	2,0	1,1	0,3
<i>Gymnogongrus crenulatus</i>	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-
<i>Halicystis parvula</i>	-	0,3	0,5	0,2	-	-	-	-	-	0,2	0,3	0,1
<i>Halopteris filicina</i>	-	-	-	-	-	0,7	-	0,3	-	0,3	-	0,2
<i>Halopteris scoparia</i>	0,2	10,0	1,7	-	35,0	3,7	3,5	15,2	17,6	6,8	2,6	7,6
<i>Halurus equisetifolius</i>	-	1,7	0,3	-	1,8	3,7	0,2	1,8	0,9	2,7	0,3	0,9
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	-	-	-	-	0,7	0,2	0,7	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2
<i>Jania rubens</i>	0,3	3,8	0,5	-	8,3	13,7	13,3	10,0	4,3	8,8	6,9	5,0
<i>Laurencia obtusa</i>	0,2	0,3	0,5	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,3	-
<i>Leptosiphonia fibrata</i>	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>Lithophyllum incrustans</i>	2,2	3,7	0,3	8,3	13,5	2,0	3,8	10,0	7,8	2,8	2,1	9,2
<i>Lomentaria articulata</i>	2,0	0,7	2,0	0,3	-	-	-	-	1,0	0,3	1,0	0,2
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	5,2	2,3	5,0	8,3	5,0	10,0	6,7	21,7	5,1	6,2	5,8	15,0
<i>Monosporus pedicellatus</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Nitophyllum punctatum</i>	-	-	-	-	0,2	0,2	0,3	-	0,1	0,1	0,2	-
<i>Ophidocladus simpliciusculus</i>	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Osmundea pinnatifida</i>	2,0	8,3	7,0	16,7	-	-	-	0,2	1,0	4,2	3,5	8,4
<i>Petalonia fascia</i>	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Peyssonnelia atropurpurea</i>	-	0,3	-	0,2	-	-	2,0	0,2	-	0,2	1,0	0,2
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	2,0	-	-	3,7	-	-	0,5	-	1,0	-	0,3	1,8
<i>Plocamium cartilagineum</i>	-	0,3	0,2	-	-	3,7	-	0,7	-	2,0	0,1	0,3
<i>Polysiphonia atlantica</i>	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>Pterocladia capillacea</i>	-	-	-	-	-	-	3,3	1,7	-	-	1,7	0,8
<i>Pterosiphonia complanata</i>	-	0,5	-	-	7,0	13,3	15,0	23,3	3,5	6,9	7,5	11,7
<i>Pterothamnion crispum</i>	-	-	0,2	-	-	-	2,2	-	-	-	1,2	-
<i>Ralfsia verrucosa</i>	0,2	-	0,7	-	0,2	-	-	-	0,2	-	0,3	-
<i>Schizymenia dubyi</i>	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,3	-
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	5,0	0,5	0,5	5,0	2,0	-	-	0,2	3,5	0,3	0,3	2,6
<i>Sphacelaria rigidula</i>	2,3	-	0,7	0,5	5,0	-	2,3	-	3,7	-	1,5	0,3
<i>Trailiella intricata</i>	0,3	0,8	-	-	0,2	0,7	0,7	0,5	0,3	0,8	0,3	0,3
<i>Ulva prolifera</i>	-	0,2	0,2	0,5	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,3
<i>Ulva rigida</i>	5,0	0,8	2,3	5,0	0,5	0,7	0,5	0,2	2,8	0,8	1,4	2,6
<i>Vertebrata fruticulosa</i>	-	-	-	-	5,0	-	0,7	1,7	2,5	-	0,3	0,8
<i>Vertebrata reptabunda</i>	-	-	-	-	1,7	-	2,0	-	0,8	-	1,0	-
<i>Vertebrata thuyoides</i>	8,5	0,8	5,0	6,7	-	-	-	-	4,3	0,4	2,5	3,3
<i>Xiphosiphonia ardeana</i>	0,2	-	-	-	3,5	-	3,7	0,8	1,8	-	1,8	0,4
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	-	-	-	-	5,0	-	-	-	2,5	-	-	-
<i>Zanardinia typus</i>	-	0,3	-	-	2,2	0,5	0,3	3,3	1,1	0,4	0,2	1,7

Tabla. 7.3. Cobertura media (C %) de las especies de macroalgas registradas en la primavera de 2019, 2020, 2021 y 2022 en los niveles intermareales de + 1,25 m y 0,75 m de la Estación 1 del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga.

EDAR Laga		ESTACIÓN 2											
Nivel intermareal		Nivel superior (+1,25m)				Nivel inferior (+0,75m)				PROMEDIO			
Campaña		2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
		C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	-	0,2	-	-	0,5	0,5	0,3	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5
<i>Ahnfeltiopsis devoniensis</i>	-	-	-	-	0,2	0,3	-	0,2	-	0,2	-	0,1	0,1
<i>Antithamionella ternifolia</i>	5,0	-	1,0	-	-	-	-	-	-	2,5	-	0,5	-
<i>Apoglossum rusciifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,1	0,1
<i>Asparagopsis armata</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-
<i>Bifurcaria bifurcata</i>	-	0,3	-	-	-	-	3,3	0,3	-	-	1,8	0,2	-
<i>Bonnemaionia hamifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Bryopsis plumosa</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,2	-	0,1	-	0,1
<i>Calliblepharis jubata</i>	-	-	-	-	-	0,3	-	-	2,0	0,2	-	-	1,0
<i>Callithamnion granulatum</i>	0,5	0,2	1,8	0,2	-	-	-	-	-	0,3	0,1	0,9	0,1
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	1,7	0,3	0,2	2,2	-	-	-	-	-	0,8	0,2	0,1	1,1
<i>Ceramium botryocarpum</i>	-	-	-	-	-	0,2	0,3	-	-	0,1	0,2	-	-
<i>Ceramium ciliatum</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	0,3	-	0,1	-	0,2	-
<i>Ceramium echinotum</i>	-	-	-	0,7	-	3,5	0,2	0,2	-	1,8	0,1	0,1	0,3
<i>Chaetomorpha linum</i>	0,3	0,2	-	0,2	-	-	-	-	-	0,2	0,1	-	0,1
<i>Champia parvula</i>	-	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,7	-	0,2	0,1	0,3
<i>Chondracanthus acicularis</i>	-	-	-	1,7	-	2,2	0,3	3,3	2,0	1,1	0,2	1,7	1,8
<i>Chondracanthus teedei</i>	-	-	-	-	-	-	1,8	8,3	0,5	-	0,9	4,2	0,3
<i>Chylocladia verticillata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1
<i>Cladophora laetevirens</i>	-	-	0,5	-	-	-	-	-	0,2	-	-	0,3	0,1
<i>Cladophora lehmanniana</i>	-	0,2	-	0,3	-	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3
<i>Cladophora prolifera</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Cladostephus spongiosus</i>	-	-	-	-	-	2,2	-	0,2	1,7	1,1	-	0,1	0,8
<i>Codium fragile</i>	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
<i>Colpomenia peregrina</i>	-	0,7	0,2	0,3	-	-	0,2	-	0,2	-	0,4	0,1	0,3
<i>Cryptopleura ramosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2
<i>Dasya rigidula</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Dictyota dichotoma</i>	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	0,1
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	0,2	-	1,0	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,5	-
<i>Ellisolandia elongata</i>	91,7	93,3	78,3	93,3	-	75,0	90,0	73,3	75,0	83,3	91,7	75,8	84,2
<i>Ericaria selaginoides</i>	0,2	-	-	-	-	8,7	13,3	0,3	5,7	4,4	6,7	0,2	2,8
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>	0,7	0,7	0,2	0,2	-	0,5	0,5	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,3
<i>Gaillona gallica</i>	0,2	-	0,5	-	-	0,2	-	-	-	0,2	-	0,3	-
<i>Gastroclonium ovatum</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,5	-	0,1	0,1	0,3
<i>Gastroclonium reflexum</i>	-	-	-	0,2	-	-	0,2	0,2	-	-	0,1	0,1	0,1
<i>Gelidium attenuatum</i>	-	-	-	-	-	3,3	-	0,2	-	1,7	-	0,1	-
<i>Gelidium corneum</i>	-	-	-	-	-	5,3	8,3	-	7,0	2,7	4,2	-	3,5
<i>Gelidium pulchellum</i>	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
<i>Gelidium spinosum</i>	-	-	-	-	-	5,0	-	-	0,3	2,5	-	-	0,2
<i>Gigartina pistillata</i>	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	-	-
<i>Gongolaria baccata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	-	-	-	0,8
<i>Halicystis parvula</i>	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	0,1	-
<i>Halopithys incurva</i>	-	-	-	-	-	2,0	1,7	-	3,3	1,0	0,8	-	1,7
<i>Halopteris filicina</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-
<i>Halopteris scoparia</i>	-	-	-	-	-	28,3	6,7	10,3	21,7	14,2	3,3	5,2	10,8
<i>Halurus equisetifolius</i>	-	-	-	-	-	2,3	3,7	0,7	2,3	1,2	1,8	0,3	1,2
<i>Hypnea musciformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,3	-	-	0,1	0,2
<i>Jania rubens</i>	0,2	1,8	2,0	-	-	3,7	1,8	13,7	2,3	1,9	1,8	7,8	1,2
<i>Laurencia obtusa</i>	1,7	2,2	2,2	-	-	-	-	0,3	-	0,8	1,1	1,3	-
<i>Lithophyllum incrustans</i>	5,0	0,3	3,7	0,8	-	3,7	2,3	3,8	2,0	4,3	1,3	3,8	1,4
<i>Lomentaria articulata</i>	0,5	2,0	3,7	0,7	-	-	-	2,0	-	0,3	1,0	2,8	0,3
<i>Lychaete pellucida</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	0,3	2,3	-	0,8	-	5,3	10,0	8,3	3,7	2,8	6,2	4,2	2,3
<i>Nitophyllum punctatum</i>	-	-	-	-	-	0,2	0,3	-	0,2	0,1	0,2	-	0,1
<i>Osmundea pinnatifida</i>	2,0	2,3	0,5	2,3	-	-	-	2,0	-	1,0	1,2	1,3	1,2
<i>Petalonia fascia</i>	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
<i>Peyssonnelia atropurpurea</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-
<i>Plocamium cartilagineum</i>	3,5	8,7	8,3	0,5	-	0,3	-	0,7	0,7	1,9	4,3	4,5	0,6
<i>Pterocladia capillacea</i>	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	1,0	-	-
<i>Pterosiphonia complanata</i>	-	-	-	-	-	21,7	16,7	3,7	11,7	10,8	8,3	1,8	5,8
<i>Pterothamnion crispum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1
<i>Ralfsia verrucosa</i>	2,0	0,2	3,7	0,5	-	-	-	-	-	1,0	0,1	1,8	0,3
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	0,2	-	-	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	-	0,1
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	-	-	1,0	0,3	-	-	-	0,2	-	-	-	0,6	0,2
<i>Sphacelaria rigidula</i>	-	-	0,7	0,5	-	-	0,2	-	-	-	0,1	0,3	0,3
<i>Tenarea tortuosa</i>	0,7	-	2,0	-	-	-	-	-	-	0,3	-	1,0	-
<i>Trailliella intricata</i>	-	0,7	-	0,2	-	0,2	-	0,3	-	0,1	0,3	0,2	0,1
<i>Ulva rigida</i>	0,3	0,3	0,5	0,5	-	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5
<i>Vertebrata fruticulosa</i>	-	-	-	-	-	0,5	-	-	0,2	0,3	-	-	0,1
<i>Vertebrata thuyoides</i>	25,0	11,7	25,0	1,0	-	-	1,0	10,0	0,3	12,5	6,3	17,5	0,7
<i>Xiphosiphonia ardreana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	-	-	-	0,8
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Zanardinia typus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2

Tabla. 7.4. Cobertura media (C %) de las especies de macroalgas registradas en la primavera de 2019, 2020, 2021 y 2022 en los niveles intermareales de + 1,25 m y 0,75 m de la Estación 2 del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga.



EDAR Laga	ESTACIÓN 3											
	Nivel superior (+1,25m)				Nivel inferior (+0,75m)				PROMEDIO			
	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %
<b>Nivel intermareal</b>												
<b>Campaña</b>												
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	0,2	-	0,2	0,7	0,7	0,3	0,5	0,7	0,4	0,2	0,3	0,7
<i>Ahnfeltiopsis devoniensis</i>	-	-	-	0,2	0,3	-	0,2	0,2	0,2	-	0,1	0,2
<i>Antithamnionella ternifolia</i>	-	-	0,2	0,2	0,2	-	-	-	0,1	-	0,1	0,1
<i>Apoglossum rusciifolium</i>	-	-	-	0,2	-	-	-	0,3	-	-	-	0,3
<i>Asparagopsis armata</i>	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	0,3	-
<i>Bifurcaria bifurcata</i>	0,8	1,7	3,7	21,7	23,7	11,8	22,0	55,0	12,3	6,8	12,8	38,3
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-
<i>Bryopsis plumosa</i>	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2
<i>Callithamnion granulatum</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	5,0	2,0	0,8	0,2	-	-	-	-	2,5	1,0	0,4	0,1
<i>Ceramium botryocarpum</i>	-	0,3	-	-	0,2	0,2	0,2	-	0,1	0,3	0,1	-
<i>Ceramium ciliatum</i>	0,7	-	0,2	-	-	-	0,3	-	0,3	-	0,3	-
<i>Ceramium echinotum</i>	0,3	0,8	0,3	-	3,3	0,3	0,2	0,3	1,8	0,6	0,3	0,2
<i>Chaetomorpha linum</i>	0,3	0,2	0,5	0,3	-	-	-	-	0,2	0,1	0,3	0,2
<i>Champia parvula</i>	-	0,3	0,3	-	-	-	0,2	-	-	0,2	0,3	-
<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,3	1,8	0,2	3,3	7,0	0,2	0,3	-	3,7	1,0	0,3	1,7
<i>Chondracanthus teedei</i>	-	-	0,2	0,3	0,3	-	-	-	0,2	-	0,1	0,2
<i>Chylocladia verticillata</i>	-	-	-	-	0,3	-	0,3	-	0,2	-	0,2	-
<i>Cladophora laetevirens</i>	-	-	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	0,1	0,2
<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,8	0,5	0,5	0,2	0,2	-	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
<i>Cladostephus spongiosus</i>	0,2	0,2	-	15,0	5,3	0,3	0,2	1,8	2,8	0,3	0,1	8,4
<i>Colpomenia peregrina</i>	0,3	0,5	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,3	-	0,1
<i>Cryptopleura ramosa</i>	-	-	-	-	0,3	0,5	-	0,3	0,2	0,3	-	0,2
<i>Cutleria adspersa</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-
<i>Dasya rigidula</i>	-	0,2	-	-	-	-	0,2	-	-	0,1	0,1	-
<i>Deltasia parasitica</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1
<i>Dictyota dichotoma</i>	0,3	0,2	0,3	0,2	-	-	-	-	0,2	0,1	0,2	0,1
<i>Dudresnaya verticillata</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-
<i>Ellisolandia elongata</i>	90,0	96,7	93,3	71,7	61,7	96,7	66,7	90,0	75,8	96,7	80,0	80,8
<i>Ericaria selaginoides</i>	-	-	-	0,3	50,0	58,3	16,7	30,0	25,0	29,2	8,3	15,2
<i>ErythroGLOSSUM laciniatum</i>	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,3	-	-
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	0,8	0,3	0,3	0,5	0,7	0,4
<i>Gaillona gallica</i>	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Gastroclonium ovatum</i>	0,3	-	0,2	0,3	0,3	-	-	-	0,3	-	0,1	0,2
<i>Gastroclonium reflexum</i>	0,5	0,3	0,7	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,3	-
<i>Gelidium comeum</i>	-	-	-	-	3,3	-	2,0	-	1,7	-	1,0	-
<i>Gelidium pulchellum</i>	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>Gelidium pusillum</i>	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-
<i>Gelidium spinosum</i>	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-
<i>Gigartina pistillata</i>	-	-	-	0,5	0,3	0,3	0,7	-	0,2	0,2	0,3	0,3
<i>Gongolaria baccata</i>	-	-	-	-	-	3,3	-	0,3	-	1,7	-	0,2
<i>Halicystis parvula</i>	-	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
<i>Halopithys incurva</i>	-	-	-	-	-	-	1,7	-	-	-	0,8	-
<i>Halopteris filicina</i>	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	-	-	0,3	-
<i>Halopteris scoparia</i>	5,3	2,3	2,3	8,3	6,7	0,3	3,3	3,7	6,0	1,3	2,8	6,0
<i>Halurus equisetifolius</i>	-	-	0,2	0,8	5,3	2,0	4,0	5,0	2,7	1,0	2,1	2,9
<i>Hildenbrandia rubra</i>	0,5	0,3	0,2	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,1	-
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1
<i>Jania rubens</i>	0,3	0,5	0,7	10,0	7,0	10,0	7,0	2,7	3,7	5,3	3,8	6,3
<i>Laurencia obtusa</i>	1,0	0,5	0,7	-	-	-	-	-	0,5	0,3	0,3	-
<i>Leptosiphonia fibrata</i>	-	0,3	0,3	0,2	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,7	1,8	0,3	13,3	3,7	5,3	2,0	7,0	2,2	3,6	1,2	10,2
<i>Lomentaria articulata</i>	-	0,3	0,3	0,2	-	0,2	-	-	-	0,3	0,2	0,1
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	0,3	0,5	0,3	10,0	3,7	16,7	6,7	8,3	2,0	8,6	3,5	9,2
<i>Nitophyllum punctatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2
<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,7	0,8	-	-	-	-	-	-	0,3	0,4	-	-
<i>Peyssonnelia atropurpurea</i>	-	-	-	0,7	0,7	-	-	-	0,3	-	-	0,3
<i>Plocamium cartilagineum</i>	-	2,0	0,2	0,3	0,3	0,8	0,7	0,7	0,2	1,4	0,4	0,5
<i>Pterocladia capillacea</i>	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	1,0	-	-
<i>Pterosiphonia complanata</i>	-	-	-	0,3	15,3	13,3	20,3	20,0	7,7	6,7	10,2	10,2
<i>Pterothamnion crispum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1
<i>Ralfsia verrucosa</i>	2,3	1,8	0,7	-	-	-	-	-	1,2	0,9	0,3	-
<i>Rhodomenia pseudopalmeta</i>	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	-
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	-	0,2	-	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	-	-	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-	0,2	0,3
<i>Sphacelaria rigidula</i>	-	0,3	0,3	0,3	-	-	0,2	-	-	0,2	0,3	0,2
<i>Trailiella intricata</i>	-	-	-	0,7	-	-	-	0,2	-	-	-	0,4
<i>Ulva prolifera</i>	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1
<i>Ulva rigida</i>	0,5	0,7	0,7	0,8	0,5	0,5	0,7	0,3	0,5	0,6	0,7	0,6
<i>Vertebrata fruticulosa</i>	-	-	-	-	2,3	-	7,0	-	1,2	-	3,5	-
<i>Vertebrata thuyoides</i>	0,7	3,7	0,7	0,2	-	0,7	-	2,0	0,3	2,2	0,3	1,1
<i>Xiphosiphonia ardeana</i>	-	-	0,2	-	0,3	-	-	3,3	0,2	-	0,1	1,7
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	-	-	-	0,3	-	-	0,3	-	-	-	0,2	0,2
<i>Zanardinia typus</i>	0,5	-	1,7	-	2,0	0,3	2,0	0,2	1,3	0,2	1,8	0,1

Tabla. 7.5. Cobertura media (C %) de las especies de macroalgas registradas en la primavera de 2019, 2020, 2021 y 2022 en los niveles intermareales de + 1,25 m y 0,75 m de la Estación 3 del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga.

EDAR Laga		ESTACIÓN 1											
Nivel intermareal Campaña	Nivel superior (+1,25m)				Nivel inferior (+0,75m)				PROMEDIO				
	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	
Amphipoda indet.	-	-	-	0,2	0,3	-	-	0,5	0,2	-	-	0,3	
Aplysia punctata	-	-	-	-	-	0,3	-	0,2	-	0,2	-	0,1	
Bittium reticulatum	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,3	-	0,3	0,3	0,2	
Cereus pedunculatus	0,3	-	-	0,3	-	-	0,3	-	0,2	-	0,2	0,2	
Chorizoporidae indet.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chthamalus stellatus	0,3	-	0,2	0,2	-	-	-	-	0,2	-	0,1	0,1	
Dynamene bidentata	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	
Eulalia viridis	-	0,2	-	0,2	-	-	0,2	-	-	0,1	0,1	0,1	
Gibbula umbilicalis	0,2	-	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4	
Idotea baltica	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-	-	
Janua heterostrophia	-	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	0,1	0,2	-	
Mytilus galloprovincialis	-	-	0,2	0,3	-	-	-	0,2	-	-	0,1	0,3	
Nereidae indet.	-	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	-	0,1	0,1	
Ocenebrina aciculata	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	
Pachygrapsus marmoratus	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2	
Paracentrotus lividus	-	10,0	10,3	2,0	-	-	-	-	-	5,0	5,2	1,0	
Patella ulysiponensis	0,5	0,3	1,8	0,5	-	-	-	-	0,3	0,2	0,9	0,3	
Polyophthalmus pictus	-	0,7	-	0,2	-	-	0,2	-	-	0,3	0,1	0,1	
Sabellariidae indet.	-	-	0,2	-	0,2	0,3	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	
Serpula concharum	-	0,7	-	0,2	-	0,2	0,2	-	-	0,4	0,1	0,1	
Spirobranchus spp.	-	-	0,2	0,5	0,2	-	-	0,2	0,1	-	0,1	0,3	
Tricolia pullus	-	-	-	-	0,3	-	0,2	-	0,2	-	0,1	-	
Tritia incrassata	-	-	-	-	0,2	-	0,3	0,3	0,1	-	0,2	0,2	

Tabla. 7.6. Cobertura media (C %) de las especies de fauna registradas en la primavera de 2019, 2020, 2021 y 2022 en los niveles intermareales de + 1,25 m y 0,75 m de la Estación 1 del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga.

EDAR Laga		ESTACIÓN 2											
Nivel intermareal Campaña	Nivel superior (+1,25m)				Nivel inferior (+0,75m)				PROMEDIO				
	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	2019 C %	2020 C %	2021 C %	2022 C %	
Amphipoda indet.	-	0,2	0,2	-	-	0,5	0,5	0,3	-	0,3	0,3	0,2	
Aplysia punctata	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	
Bittium reticulatum	-	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	-	0,1	0,1	
Caprella penantis	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	-	0,1	0,1	-	
Carcinus maenas	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-	-	
Cereus pedunculatus	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	
Chthamalus stellatus	2,0	0,3	0,7	0,5	-	-	0,2	-	1,0	0,2	0,4	0,3	
Cliona celata	-	-	-	-	0,5	-	-	0,2	0,3	-	-	0,1	
Dynamene bidentata	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	-	
Eulalia viridis	-	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	-	0,1	0,1	
Gibbula umbilicalis	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	
Idotea baltica	-	-	-	0,2	-	0,3	0,2	0,2	-	0,2	0,1	0,2	
Mytilus galloprovincialis	0,3	0,2	0,5	0,3	-	-	-	0,5	0,2	0,1	0,3	0,4	
Ocenebra erinaceus	-	-	-	-	0,2	0,3	-	-	0,1	0,2	-	-	
Ocenebrina aciculata	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	
Paracentrotus lividus	5,3	0,3	2,0	-	-	-	-	-	2,7	0,2	1,0	-	
Patella ulysiponensis	6,7	0,3	4,0	0,8	-	-	0,2	-	3,3	0,2	2,1	0,4	
Polyophthalmus pictus	-	-	-	-	-	0,2	0,3	-	-	0,1	0,2	-	
Rocellaria dubia	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	
Sabellariidae indet.	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3	0,3	0,5	0,4	
Sycon ciliatum	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,3	-	-	-	
Serpula concharum	0,2	-	-	0,2	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	
Spirobranchus spp.	-	0,2	-	0,5	-	-	0,5	0,2	-	0,1	0,3	0,3	
Talitrus saltator	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	
Tritia incrassata	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	
Urosalpinx cinerea	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	

Tabla. 7.7. Cobertura media (C %) de las especies de fauna registradas en la primavera de 2019, 2020, 2021 y 2022 en los niveles intermareales de + 1,25 m y 0,75 m de la Estación 2 del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga.

EDAR Laga		ESTACIÓN 3											
Nivel intermareal Campaña	Nivel superior (+1,25m)				Nivel inferior (+0,75m)				PROMEDIO				
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	
	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	C %	
<i>Acanthochitona crinita</i>	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	
<i>Actinia equina</i>	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	
Amphipoda indet.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	
<i>Aplysia punctata</i>	-	-	-	-	0,2	-	0,3	-	0,1	-	0,2	-	
<i>Asterina gibosa</i>	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	
<i>Calliostoma zizyphinum</i>	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	
<i>Caryophyllia smithii</i>	-	-	-	-	0,3	0,3	-	-	0,2	0,2	-	-	
<i>Cereus pedunculatus</i>	-	0,2	-	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	
<i>Chthamalus stellatus</i>	0,8	0,3	0,7	-	-	-	-	-	0,4	0,2	0,3	-	
<i>Dynamene bidentata</i>	-	0,2	-	-	-	0,5	-	-	-	0,3	-	-	
<i>Eulalia viridis</i>	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	
<i>Gibbula umbilicalis</i>	0,5	-	-	0,2	0,3	-	-	0,3	0,4	-	-	0,3	
<i>Haliclona oculata</i>	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,3	-	
<i>Idotea baltica</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	-	
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,5	0,5	0,5	0,3	-	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,2	
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	
<i>Patella ulyssiponensis</i>	1,7	0,5	0,8	0,3	0,2	0,3	0,2	-	0,9	0,4	0,5	0,2	
<i>Polyophthalmus pictus</i>	0,3	0,2	0,3	0,2	-	-	-	-	0,2	0,1	0,2	0,1	
Porifera indet.	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	
Sabellaridae indet.	-	-	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,3	0,3	0,6	0,6	
<i>Serpula concharum</i>	-	0,3	-	0,3	-	0,2	-	-	-	0,3	-	0,2	
<i>Spirobranchus</i> spp.	0,2	-	0,3	0,3	0,3	0,2	-	-	0,3	0,1	0,2	0,2	
<i>Tricolia pullus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,1	
<i>Tritia incrassata</i>	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	
<i>Xantho</i> sp.	-	-	-	0,2	-	-	0,2	0,2	-	-	0,1	0,2	

Tabla. 7.8. Cobertura media (C %) de las especies de fauna registradas en la primavera de 2019, 2020, 2021 y 2022 en los niveles intermareales de + 1,25 m y 0,75 m de la Estación 3 del entorno receptor del efluente de la EDAR de Laga.

## 7.4. LISTA DE LOS TAXONES REGISTRADOS

### FLORA

#### Phylum Chlorophyta

*Bryopsis plumosa* (Hudson) C.Agardh  
*Chaetomorpha linum* (O.F.Müller) Kützing  
*Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kützing  
*Cladophora lehmanniana* (Lindenberg) Kützing  
*Codium fragile* (Suringar) Hariot  
*Halicystis parvula* F.Schmitz ex Murray  
*Ulva prolifera* O.F.Müller  
*Ulva rigida* C.Agardh

#### Phylum Ochrophyta

*Bifurcaria bifurcata* R.Ross  
*Cladostephus spongiosus* (Hudson) C.Agardh  
*Colpomenia peregrina* Sauvageau  
*Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V.Lamouroux  
*Ericaria selaginoides* (Linnaeus) Molinari & Guiry  
*Gongolaria baccata* (S.G.Gmelin) Molinari & Guiry  
*Halopteris filicina* (Grateloup) Kützing  
*Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau  
*Ralfsia verrucosa* (Areschoug) Areschoug  
*Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link  
*Sphacelaria cirrosa* (Roth) C.Agardh  
*Sphacelaria rigidula* Kützing  
*Zanardinia typus* (Nardo) P.C.Silva

#### Phylum Rhodophyta

*Acrosorium ciliolatum* (Harvey) Kylin  
*Ahnfeltiopsis devoniensis* (Greville) P.C.Silva & DeCew  
*Antithamnionella ternifolia* (J.D.Hooker & Harvey) Lyle  
*Apoglossum ruscifolium* (Turner) J.Agardh  
*Asparagopsis armata* Harvey  
*Calliblepharis jubata* (Goodenough & Woodward) Kützing  
*Callithamnion granulatum* (Ducluzeau) C.Agardh  
*Caulacanthus ustulatus* (Mertens ex Turner) Kützing  
*Ceramium botryocarpum* A.W.Griffiths ex Harvey  
*Ceramium echionotum* J.Agardh  
*Champia parvula* (C.Agardh) Harvey  
*Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq  
*Chondracanthus teedei* (Mertens ex Roth) Kützing  
*Chylocladia verticillata* (Lightfoot) Bliding  
*Cryptopleura ramosa* (Hudson) L.Newton  
*Deltalsia parasitica* (Hudson) Díaz-Tapia & Rodríguez-Buján  
*Ellisolandia elongata* (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders

*Gaillona gallica* (Nägeli) Athanasiadis  
*Gastroclonium ovatum* (Hudson) Papenfuss  
*Gastroclonium reflexum* (Chauvin) Kützing  
*Gelidium corneum* (Hudson) J.V.Lamouroux  
*Gelidium pulchellum* (Turner) Kützing  
*Gelidium spinosum* (S.G.Gmelin) P.C.Silva  
*Gigartina pistillata* (S.G.Gmelin) Stackhouse  
*Halopithys incurva* (Hudson) Batters  
*Halurus equisetifolius* (Lightfoot) Kützing  
*Hypoglossum hypoglossoides* (Stackhouse) Collins & Hervey  
*Jania rubens* (Linnaeus) J.V.Lamouroux  
*Leptosiphonia fibrata* (C.Agardh) A.M.Savoie & G.W.Saunders  
*Lithophyllum incrustans* Philippi  
*Lomentaria articulata* (Hudson) Lyngbye  
*Mesophyllum lichenoides* (J.Ellis) Me.Lemoine  
*Nitophyllum punctatum* (Stackhouse) Greville  
*Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse  
*Peyssonnelia atropurpurea* P.L.Crouan & H.M.Crouan  
*Phymatolithon lenormandii* (J.E.Areschoug) Adey  
*Plocamium cartilagineum* (Linnaeus) P.S.Dixon  
*Polysiphonia atlantica* Kapraun & J.N.Norris  
*Pterocladia capillacea* (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand  
*Pterosiphonia complanata* (Clemente) Falkenberg  
*Pterothamnion crispum* (Ducluzeau) Nägeli  
*Trailliella intricata* Batters  
*Vertebrata fruticulosa* (Wulfen) Kuntze  
*Vertebrata thuyoides* (Harvey) Kuntze  
*Xiphosiphonia ardreana* (Maggs & Hommersand) Savoie & G.W.Saunders  
*Xiphosiphonia pennata* (C.Agardh) Savoie & G.W.Saunders

## FAUNA

### Phylum Porifera

Porifera indet.

### Phylum Cnidaria

*Cereus pedunculatus* (Pennant, 1777)  
*Cliona celata* Grant, 1826

### Phylum Mollusca

*Aplysia* sp. (Cuvier, 1803)  
*Bittium reticulatum* (da Costa, 1778)  
*Gibbula umbilicalis* (da Costa, 1778)  
*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819  
*Ocenebrina aciculata* (Lamarck, 1822)  
*Patella ulyssiponensis* Gmelin, 1791  
*Rocellaria dubia* Pennant, 1777)  
*Tricolia pullus* (Linnaeus, 1758)  
*Tritia incrassata* (Strøm, 1768)

### Phylum Annelida

*Eulalia viridis* (Linnaeus, 1767)  
Nereidae indet.  
*Polyopthalmus pictus* (Dujardin, 1839)  
Sabellariidae indet. Latreille, 1825  
*Serpula concharum* Langerhans, 1880  
*Spirobranchus triqueter* (Linnaeus, 1758)

### Phylum Arthropoda

Amphipoda indet.  
*Chthamalus stellatus* (Poli, 1791)  
*Idotea baltica* (Pallas, 1772)  
*Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1787)  
*Xantho* sp. Leach, 1814

### Phylum Echinodermata

*Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

## 7.5. ANEXO FOTOGRÁFICO

### ÁREA 1 - Nivel Intermareal + 1,25 m

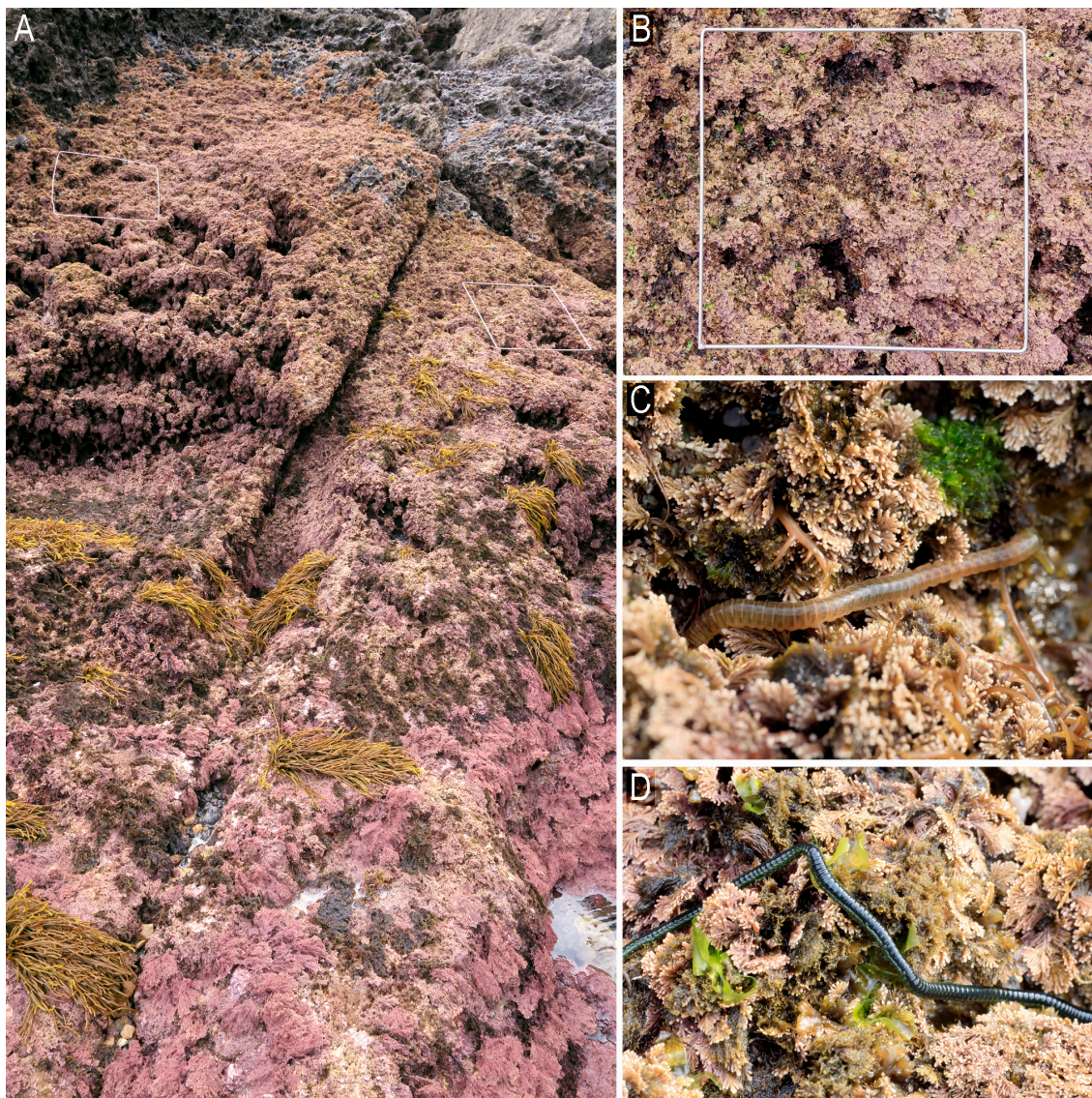


Fig. 7.1. Comunidades de sustrato rocoso presentes en nivel intermareal + 1,25 m de la estación LAGA\_BD\_A1.

(A) La vegetación del nivel más alto era principalmente cespitosa, dominada por el alga calcárea *Ellisolandia elongata*.

(B) Detalle de una superficie de muestreo donde, junto a *E. elongata*, las especies más abundantes eran *Osmundea pinnatifida*, *Mesophyllum lichenoides*, *Lithophyllum incrustans*, *Vertebrata thuyoides*, *Chondracanthus teedei*, *Sphacelaria cirrosa*, *Ulva rigida*, *Chondracanthus acicularis* y *Phymatolithon lenormandii*.

(C) Los poliquetos errantes Nereidinae indet. y (D) *Eulalia viridis* se desplazan entre la vegetación en busca de alimento.





AREA 1 - Nivel Intermareal + 0,75 m

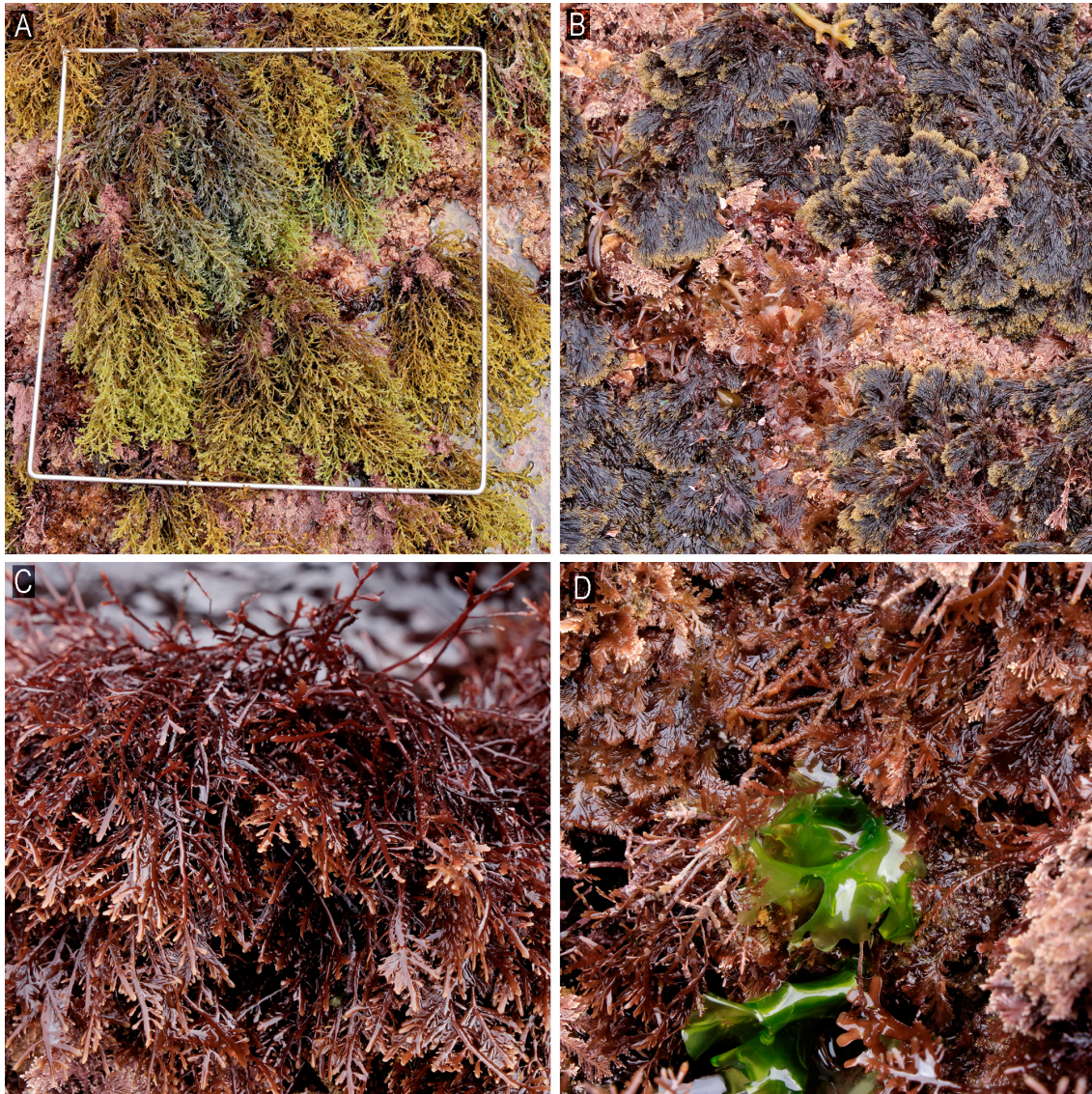


Fig. 7.2. Comunidades de sustrato rocoso presentes en nivel intermareal + 0,75 m de la estación LAGA\_BD\_A1.

(A) Detalle de una superficie de muestreo donde las especies perennes más abundantes eran *Ericaria selaginoides* (anteriormente *Cystoseira tamariscifolia*), seguida de *Ellisolandia elongata*. La presencia de *E. selaginoides* con elevadas coberturas en el área más cercana a la descarga del efluente de la EDAR de Laga indica que su impacto en la vegetación es mínimo.

(B) Detalle del alga parda *Halopteris scoparia* creciendo sobre diversas especies de rodofíceas.

(C) Detalle del macrófito *Gelidium comeum*.

(D) Las algas verdes como *Ulva rigida* son minoritarias frente a las algas rojas.



ÁREA 2 - Nivel Intermareal + 1,25 m

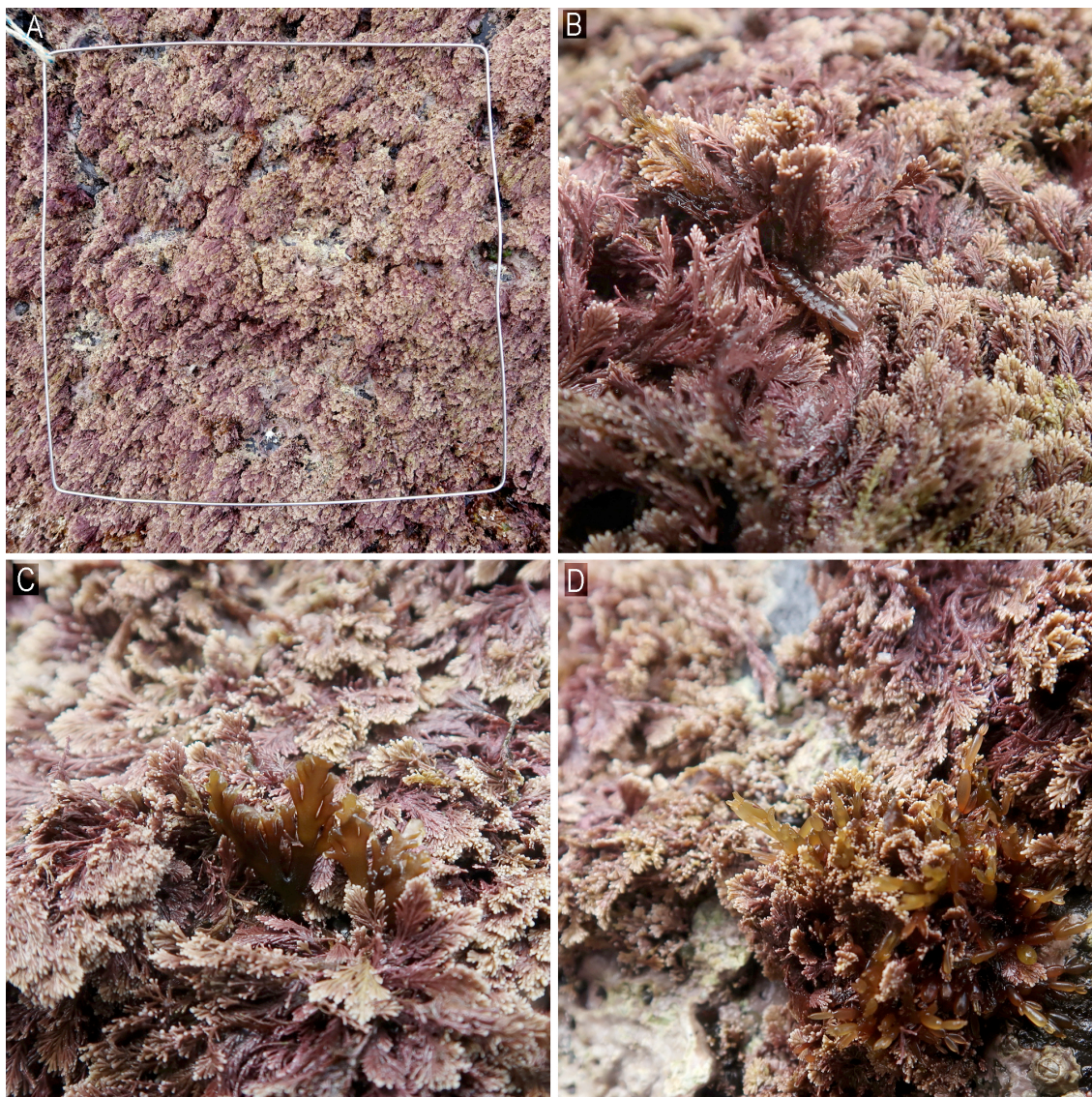


Fig. 7.3. Comunidades de sustrato rocoso presentes en nivel intermareal + 1,25 m de la estación LAGA\_BD\_A2.

(A) Detalle de una superficie de muestreo con una vegetación cespitosa prácticamente monoespecífica del alga calcárea *Ellisolandia elongata*. La rodomeleacea *Vertebrata thuyoides* que en 2021 presentaba elevadas coberturas, tan solo mostró ejemplares aislados en 2022.

(B) Aunque no es muy abundante, el isópodo *Idotea balthica* destaca por su tamaño y el característico brillo de su exoesqueleto.

(C) La rodofícea *Osmundea pinnatifida* y (D) la rodofícea *Lomentaria articulata*, son dos especies frecuentes entre los frondes de *Ellisolandia elongata* que reflejan un elevado hidrodinamismo en el entorno.



## ÁREA 2 - Nivel Intermareal + 0,75 m

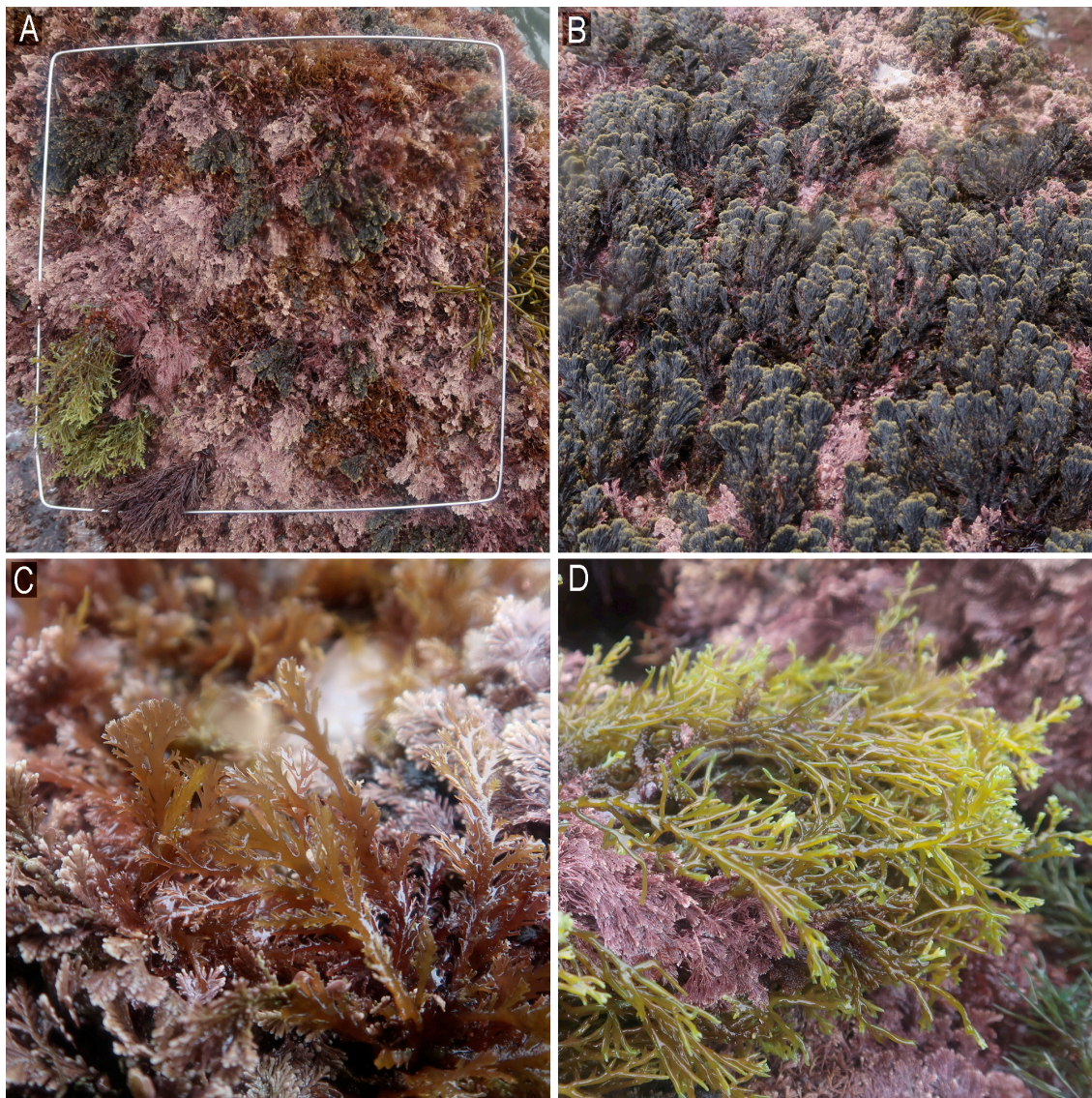


Fig. 7.4. Comunidades de sustrato rocoso presentes en nivel intermareal + 0,75 m de la estación LAGA\_BD\_A2.

(A) Detalle de una superficie de muestreo donde la especie perenne más abundante era *Ellisolandia elongata*; aunque numerosos macrófitos de morfología compleja estaban presentes.

(B) El alga parda *Halopteris scoparia* era una de las especies acompañantes más abundantes.

(C) La rodófitca *Pterosiphonia complanata* se ve favorecida por las condiciones ambientales de elevado hidrodinamismo.

(D) La población del macrófito bioindicador de aguas con alta calidad ambiental *Ericaria selaginoides* (anteriormente *Cystoseira tamariscifolia*) ha aumentado ligeramente durante el último bienio 2021-2022, alcanzando coberturas moderadas.



ÁREA 3 - Nivel Intermareal + 1,25 m



Fig. 7.5. Comunidades de sustrato rocoso presentes en nivel intermareal + 1,25 m de la estación LAGA\_BD\_A3.

(A) La vegetación era fundamentalmente cespitosa, con el alga calcárea *Ellisolandia elongata* como especie dominante. En 2022, se detectaron coberturas moderadas del alga parda *Bifurcaria bifurcata* sobre la vegetación cespitosa.

(B) Detalle de una superficie de muestreo.

(C) *Cladostephus spongiosus*, *Jania rubens* y *Lithophyllum incrustans* formaban un mosaico junto a *Ellisolandia elongata*.

(D) En el tiempo que dura la bajamar y hasta que la marea vuelva a subir, la anémona *Actinia equina* permanece con los tentáculos retraídos y a refugio para asegurar cierta humedad.





AREA 3 - Nivel Intermareal + 0,75 m

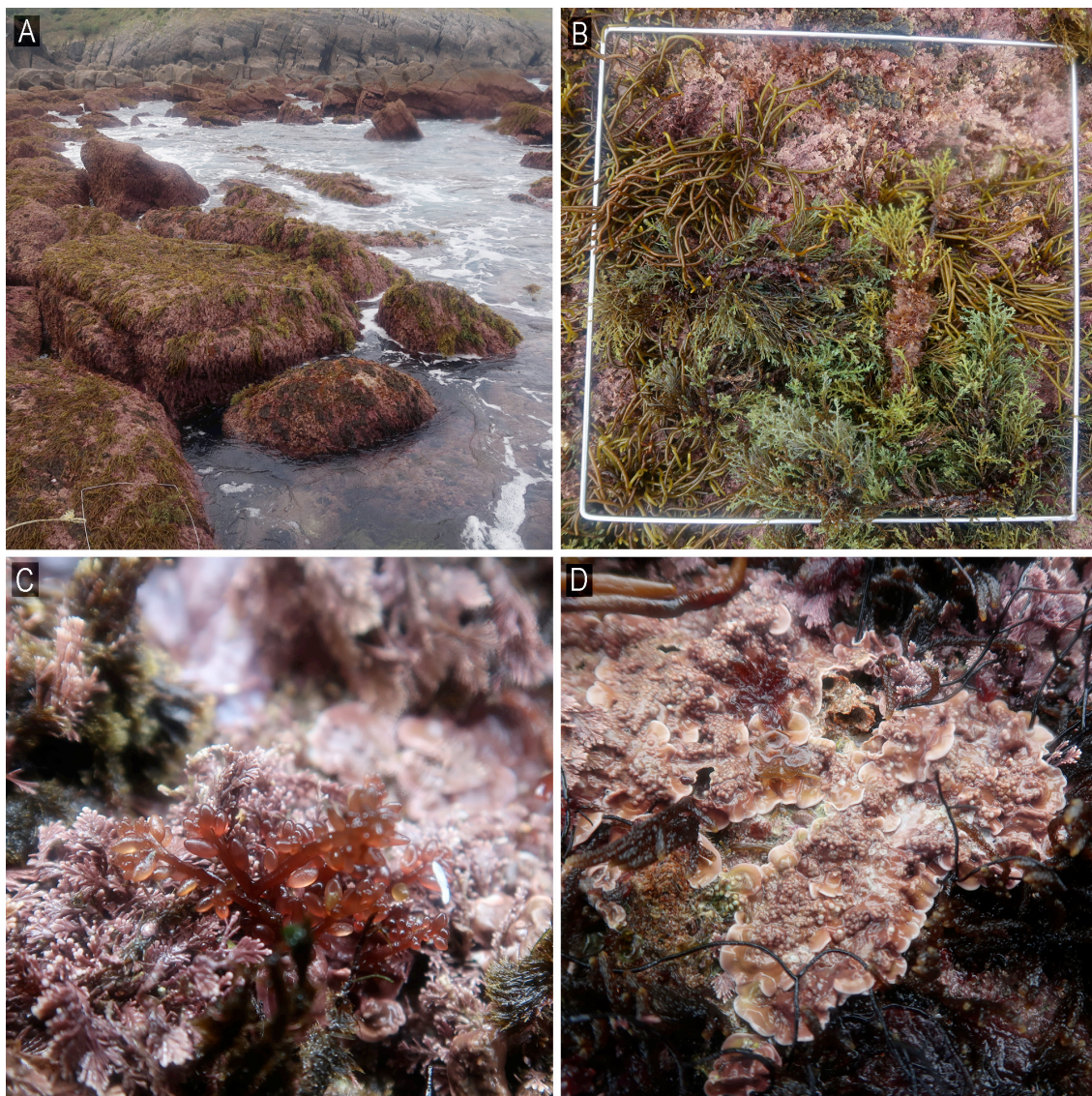


Fig. 7.6. Comunidades de sustrato rocoso presentes en nivel intermareal + 0,75 m de la estación LAGA\_BD\_A3.

(A) En este nivel la especie más abundante era *Ellisolandia elongata* seguida de *Bifurcaria bifurcata*, *Ericaria selaginoides* y *Pterosiphonia complanata*. Otros macrófitos con abundancias significativas eran *Mesophyllum lichenoides*, *Lithophyllum incrustans*, *Halurus equisetifolius*, *Halopteris scoparia*, *Xiphosiphonia ardreana*, *Jania rubens* y *Vertebrata thuyoides*.

(B) Detalle de una superficie de muestreo donde se aprecia a *Ericaria selaginoides*, especie sensible a la contaminación.

(C) Detalle del alga roja estacional *Gastroclonium ovatum*.

(D) El alga calcárea incrustante *Mesophyllum lichenoides* crecía recubriendo la roca y sobre frondes de *Ellisolandia elongata*.