

**Informe de caracterización físicoquímica
de las aguas**

elittoral

elittoral

Informe de caracterización de las aguas

AUTORES

José Valdazo

DICEMBRE DE 2018

elittoral Estudios de ingeniería costera y oceanográfica

Edificio Polivalente II del Parque Científico Tecnológico oficinas 1 y 2, planta 1. 35017 LPGC. Tel.: 928 457 087, Fax: 28 457 088

Índice

Índice de Tablas	6
Índice de Figuras	7
1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	8
2. ÁREA DE ESTUDIO	9
3. METODOLOGÍA	11
3.1. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV	12
3.2. Recogida de muestras para el análisis de infauna	13
4. RESULTADOS	15
4.1. Resultados para el seguimiento del estado ecológico de las aguas de la CAPV	15
4.4.1. Físicoquímico general	17
4.4.2. Eutrofización de la masa de agua. Fitoplancton	21
4.2. Resultados para el cálculo del índice M-AMBI	24
5. CONCLUSIONES.	32
6. REFERENCIAS.	33

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo para el análisis de infauna...	14
Tabla 2. Valores medios anuales, correspondientes a las 4 campañas de 2016, de las variables fisicoquímicas analizadas en superficie (S) y (F) en las masas de agua de la CAPV.....	17
Tabla 3. Evaluación del Estado Fisicoquímico en la masa de agua costera en el ámbito del cable según la DMA en 2016. LC: límite de cuantificación. EQR: <i>Ecological Quality Ratio</i> . PCQI: <i>Physico-Chemical Quality Index</i> . Datos tomados de la Red de Seguimiento de las aguas.	18
Tabla 4. Evaluación del Estado Fisicoquímico en función de contaminantes preferentes.	19
Tabla 5. Evaluación en base a datos de 2016, basada en las sustancias prioritarias. NCA: norma de calidad ambiental.	20
Tabla 6. Calidad biológica del fitoplancton en cada una de las estaciones de las masas de agua costeras de la CAPV empleadas para la caracterización de la calidad de las aguas marinas en el ámbito del trazado del cable. Se muestra los valores de cada estación, así como los valores globales para cada masa de agua. Se indica el valor de las métricas, las ratios de calidad ecológica (EQRs) y la clasificación correspondiente (verde: Buen Estado; azul: Muy Buen Estado). SPT: índice multimétrico <i>Spanish Phytoplankton Tool</i>	23
Tabla 7. Datos brutos de infauna para la zona somera.	25
Tabla 8. Cálculo de AMBI, Diversidad y Riqueza para la zona somera.	26
Tabla 9. Cálculo de AMBI, Diversidad y Riqueza para la zona profunda.	26
Tabla 10. Clasificación de organismos por grupos ecológicos.	27
Tabla 11. Porcentaje de especies en cada uno de los grupos ecológicos.	27
Tabla 12. Resultados del índice M-AMBI.....	28
Tabla 13. Porcentaje de especies en cada uno de los grupos ecológicos.	29
Tabla 14. Resultados del índice M-AMBI.....	30

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de las estaciones, más cercanas al trazado de los cables, pertenecientes a de la Red de Seguimiento del estado ecológico de las aguas costeras y de transición de la CAPV.....	9
Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo para análisis de infauna.	10
Figura 2. Estado Ecológico y Estado Químico en las masas de agua de transición y costeras de la CAPV, para el año 2016. Figuras tomadas de Borja <i>et al.</i> , (2017)...	16
Figura 4. Mapa de clorofila superficial (P90) en el Golfo de Bizkaia. Calculado a partir de los datos diarios del satélite MODIS, entre 2011 y 2016.	22
Figura 5. Histograma de distribución de especies.	28
Figura 6. Histograma de localización de cada estación respecto a la masa de agua.	29
Figura 7. Histograma de distribución de especies.	30
Figura 8. Histograma de localización de cada estación respecto a la masa de agua.	31

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En julio de 2018, la empresa ***elittoral Estudios de Ingeniería Costera y Oceanográfica S.L.N.E.*** envía, como respuesta a la solicitud previa de BIOSFERA XXI, una propuesta de elaboración de un informe de caracterización de las aguas en la zona donde se realizarán los trabajos correspondientes a la instalación del cable de conexión España-Francia.

El objeto del contrato es obtener información, mediante el análisis de los estudios *in situ* realizados, que permita realizar el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental para la interconexión occidental España-Francia por el Golfo de Bizkaia-Gascogne, así como para el evaluar nuevas alternativas del trazado del cable.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está localizada en el frente marítimo que se ubica entre Lemóniz y la localidad de Bakio, costa perteneciente a la provincia de Bizkaia. Sin embargo, para el estudio de las aguas se utilizó la red de estaciones de muestreo que posee la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV). Paralelamente, se evaluaron los resultados obtenidos mediante el método M-AMBI, el cual permite determinar la calidad de las masas de agua mediante el uso de este indicador.

En la Figura 1 y Figura 2 se puede ver las estaciones de muestreo correspondientes a la CAPV y las estaciones de muestreo para la obtención del índice M-AMBI, respectivamente.

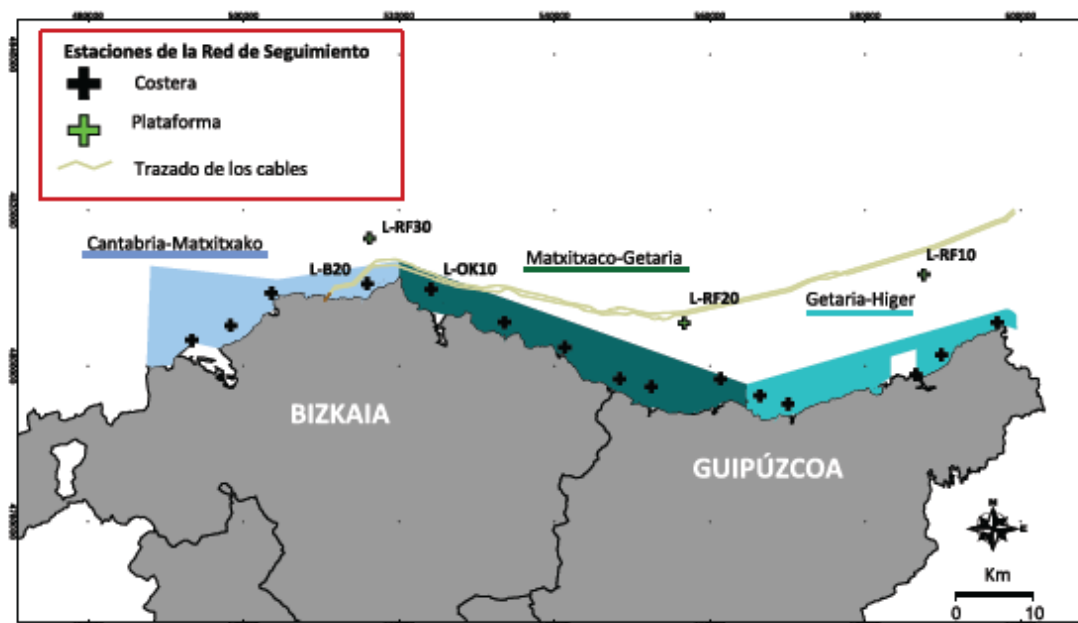


Figura 1. Localización de las estaciones, más cercanas al trazado de los cables, pertenecientes a de la Red de Seguimiento del estado ecológico de las aguas costeras y de transición de la CAPV.

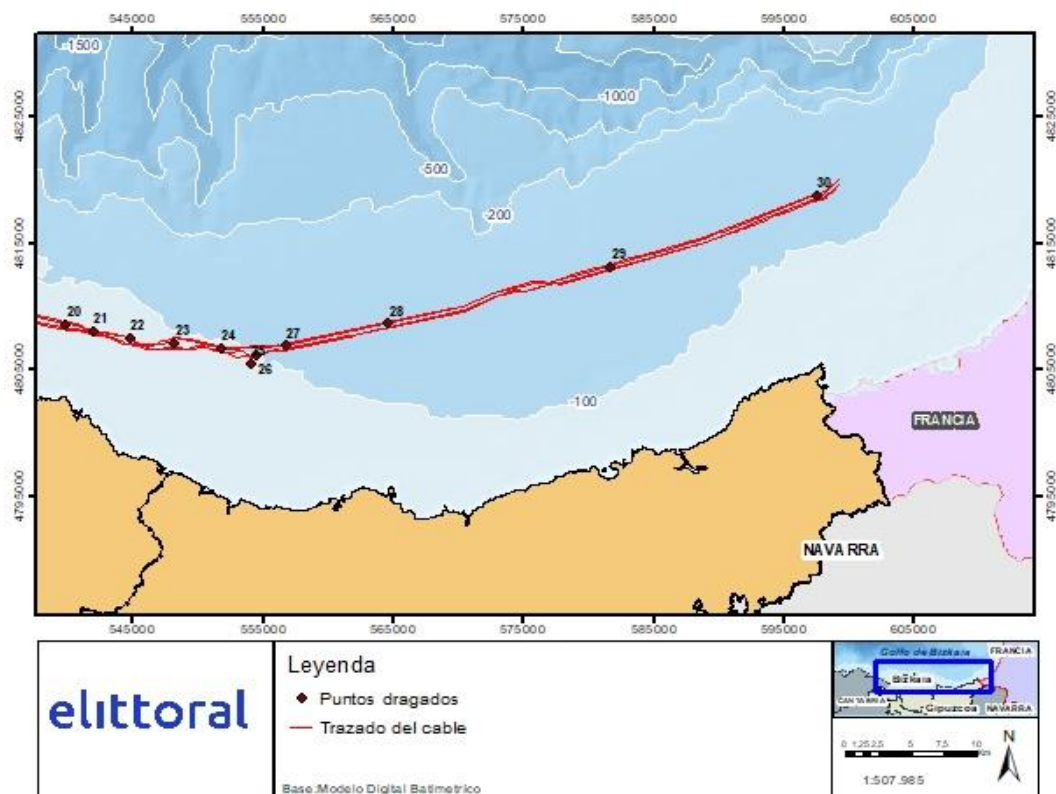
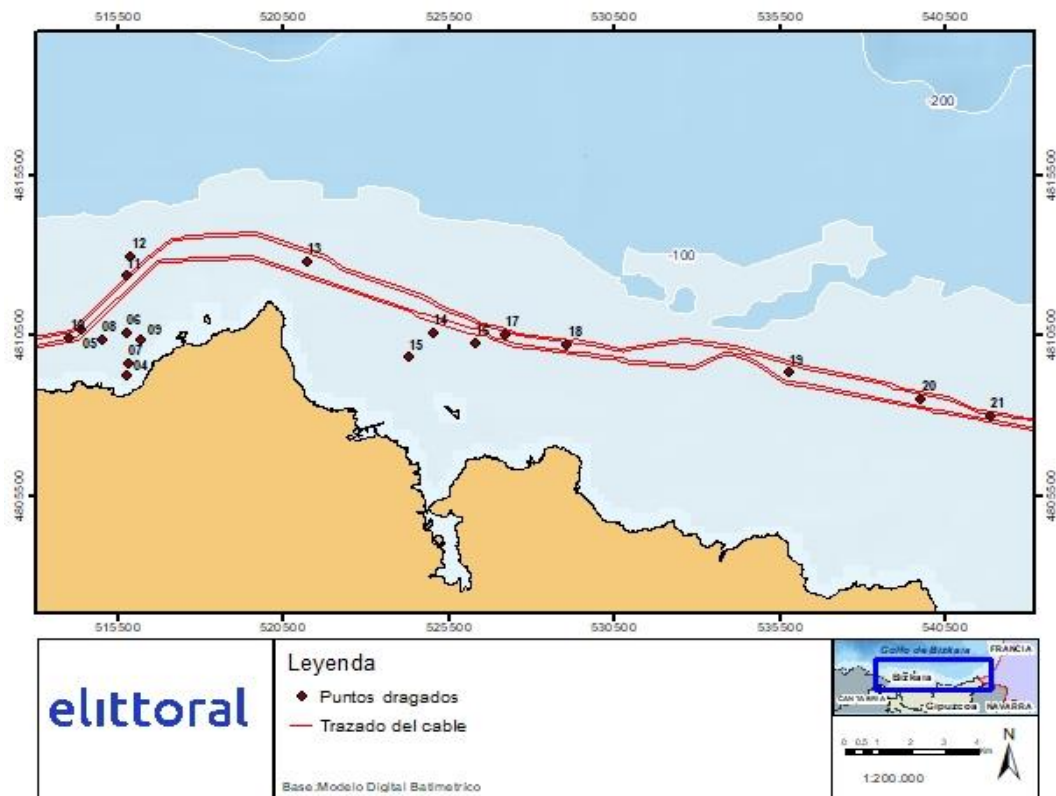


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo para análisis de infauna.

3. METODOLOGÍA

Tal como indica el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en el documento "Estrategia Marina Demarcación Marina Noratlántica", la mayoría de los contaminantes se encuentran en el agua de mar en cantidades muy pequeñas, por lo que su cuantificación analítica es compleja y costosa. Además, la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos en zonas costeras presentan una elevada variabilidad espacio-temporal, ya que dependen de las mareas, las corrientes, los vientos o de los vertidos continuos o intermitentes.

Paralelamente, por norma general la información que proporciona el análisis en el agua refleja solamente la contaminación existente en el momento de recogida de la muestra, que puede haber variado a las pocas horas o a los pocos días. Por este motivo, se considera que esta no es una matriz adecuada, sin embargo, es altamente utilizada en los programas de vigilancia de la contaminación marina.

De cualquier manera, la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000) requiere el análisis de contaminantes en agua para la evaluación de las aguas costeras. En el contexto de la DMA, la Agencia Vasca del Agua (URA) ha diseñado una Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV. Entre sus objetivos, está el conocer la evolución en el tiempo de la calidad de las aguas que son de competencia de la Administración de la CAPV. Para caracterizar la calidad de las aguas en el ámbito marino del presente Estudio de Impacto Ambiental, se utilizará el informe de resultados de la campaña realizada en el año 2016 por AZTI-Tecnalia, en el marco de la Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras (Borja et al., 2017).

3.1. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV

Con la finalidad de evaluar el estado ecológico y químico de las aguas de transición y costeras de la CAPV, se analizaron 16 estaciones del litoral y 32 estaciones de estuario en las que se tomaron muestras de aguas, sedimento, bentos y fitoplancton. Para caracterizar la calidad de las aguas marinas se utilizaron los datos obtenidos del análisis de las muestras de agua y fitoplancton de las estaciones litoral, además de tres estaciones de control situadas en la plataforma litoral, en aguas exteriores. Estas tres estaciones de control se incluyeron en la Red de seguimiento con el fin de obtener información para que la CAPV se vaya adaptando a la Directiva de la Estrategia Marina.

El trazado de los cables propuestos para la interconexión eléctrica entre España-Francia por el Golfo de Bizkaia, atraviesa dos de las cuatro masas de agua costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV). En la zona de salida al mar del cable mediante perforación dirigida y en la zona más somera, el trazado discurre por la masa de agua costera de Cantabria-Matxitxako. En el trazo profundo por las aguas de Bizkaia, el cable atraviesa la masa de agua costera de Matxitxako-Getaria solo en un pequeño tramo. El resto del trazado del cable queda fuera de las masas de agua costeras de la CAPV. Sin embargo, las tres estaciones de control ubicadas en la plataforma litoral permiten tener datos próximos al trazado de los cables que irán por la parte más profunda.

En la zona de aterraje y en el trazado más somero de los cables, hay una estación de muestreo muy cercana, la L-B20, que está dentro de la masa de agua de Cantabria-Matxitxako. La estación de referencia L-RF-30 está muy alejada del trazado de los cables, pero permite caracterizar las aguas exteriores. La zona del trazado profundo en Bizkaia se puede caracterizar con la estación L-OK10, que forma parte de la masa de agua de Matxitxako-Getaria y la estación de referencia L-RF20. Por último, la estación de referencia L-RF10 está muy cerca del trazado más profundo de los cables. En la Figura 1, se puede observar la localización de las masas de agua de la CAPV y las estaciones más cercanas al trazado de los cables.

3.2. Recogida de muestras para el análisis de infauna

La distribución y abundancia de la infauna está altamente condicionada por factores físico-químicos como es la acción de las olas, removiendo o no el sedimento, la salinidad, la disposición de nutrientes, la temperatura, la turbidez y el relieve del fondo, entre otros. A su vez, el tamaño del grano es otro de los factores que intervienen, ya que las partículas gruesas contienen, de manera generalizada, menor contenido en materia orgánica, mientras que los sedimentos más finos, como es el caso del fango, contienen granos agrupados de manera muy compacta que dificultan la presencia de fauna en sus intersticios, contienen pocos nutrientes y bajo contenido en oxígeno. Sin embargo, al contener mayor cantidad de materia orgánica, en este tipo de sedimento es donde se encuentran las mayores abundancias de organismos, así como en arenas medias y finas.

A lo largo de los años, se han diseñado diferentes tipos de metodologías que permitan recolectar el sedimento que contiene a los organismos. Los diferentes instrumentos poseen ventajas e inconvenientes, siendo su principal ventaja, la posibilidad que tienen de proporcionar un estudio cuantitativo, es decir, tomar una muestra de un área conocida del fondo y de esa muestra se recolectan los organismos a través del uso de tamices. Este tipo de recolección de muestra se realiza generalmente con dragas. Como inconveniente, cabe destacar que el investigador nunca ve a la comunidad biológica ni puede manipularla experimentalmente, además de que el tipo de sedimento influye considerablemente en la recolección de muestra.

Los estudios de infauna, además de realizarse para definir las comunidades que habitan en los ecosistemas de sustrato blando, se han realizado para estudios como bioindicadores del estado de la calidad de las aguas, ya que como se ha descrito anteriormente, la infauna fluctúa conjuntamente con los cambios físico, químicos y biológicos del medio.

Así pues, para el análisis de infauna se recogieron muestras de sedimento en puntos ubicados oportunamente sobre la franja litoral objeto de estudio, con la finalidad de caracterizar los fondos contiguos al trazado de los cables. Se establecieron 30 estaciones de muestreo, distribuidos homogéneamente a lo largo del ámbito de detalle del trazado de los cables. La recogida de muestras se llevó a cabo mediante el uso de una draga Van Veen, ya que este tipo de draga garantiza

que no se produzca la pérdida de las partículas más finas. La Tabla 1 muestra las coordenadas de cada una de las estaciones de muestreo.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo para el análisis de infauna.

Estación	Coordenada X	Coordenada Y
P01	510812	4809746
P02	512733	4809368
P03	511661	4810079
P04	515752	4809213
P05	514368	4810644
P06	515718	4810571
P07	515794	4809606
P08	514979	4810351
P09	516169	4810345
P10	514010	4810404
P11	515750	4812337
P12	515855	4812943
P13	521180	4812807
P14	525028	4810564
P15	524269	4809795
P16	526303	4810257
P17	527176	4810524
P18	529073	4810191
P19	535774	4809327
P20	539793	4808491
P21	541873	4807981
P22	544710	4807451
P23	548150	4807035
P24	551697	4806678
P25	554048	4805410
P26	554506	4806046
P27	556743	4806825
P28	564610	4808617
P29	581724	4813116
P30	597590	4818782

4. RESULTADOS

4.1. Resultados para el seguimiento del estado ecológico de las aguas de la CAPV

Para clasificar el estado ecológico de las masas de agua superficiales se considerarán los elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos de acuerdo con las definiciones normativas incluidas en el anexo V del Real Decreto 817/2015, de 11 septiembre, en el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la calidad fisicoquímica del agua no es un indicador idóneo para determinar el estado ecológico de las masas de agua, conviene resaltar que sólo interviene en el cálculo del estado ecológico cuando la calidad biológica es buena o muy buena.

En el Artículo 26 del RPH también se dice que “el estado químico de las aguas superficiales se clasificará como bueno o como que no alcanza el buen estado”. Además, para determinar el estado químico son de aplicación las Normas de Calidad Ambiental del Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas (BOE, 22 enero), actualizadas en el Real Decreto 817/2015. Se define Norma de Calidad Ambiental (NCA) como la concentración de un determinado contaminante o grupo de contaminantes en el agua, los sedimentos o la biota, que no debe superarse en aras de la protección de la salud humana y el medio ambiente. Este umbral puede expresarse como Concentración Máxima Admisible (NCA-CMA) o como Media Anual (NCA-MA).

Para la evaluación del estado químico, en el marco de esta red, no han sido objeto de estudio todas las sustancias referidas en el apartado A del anexo I y II del RD 60/2011, sino una selección derivada de su análisis histórico, disponibilidad analítica y posibles fuentes de contaminación.

Así pues, en cuanto al estado ecológico, las masas de agua costeras alcanzaron un buen estado global, siendo la masa de agua de Matxitxako-Getaria la única que alcanza un estado muy bueno. Con respecto al estado químico, todas las masas de agua costeras alcanzan un estado químico bueno (Figura 3).

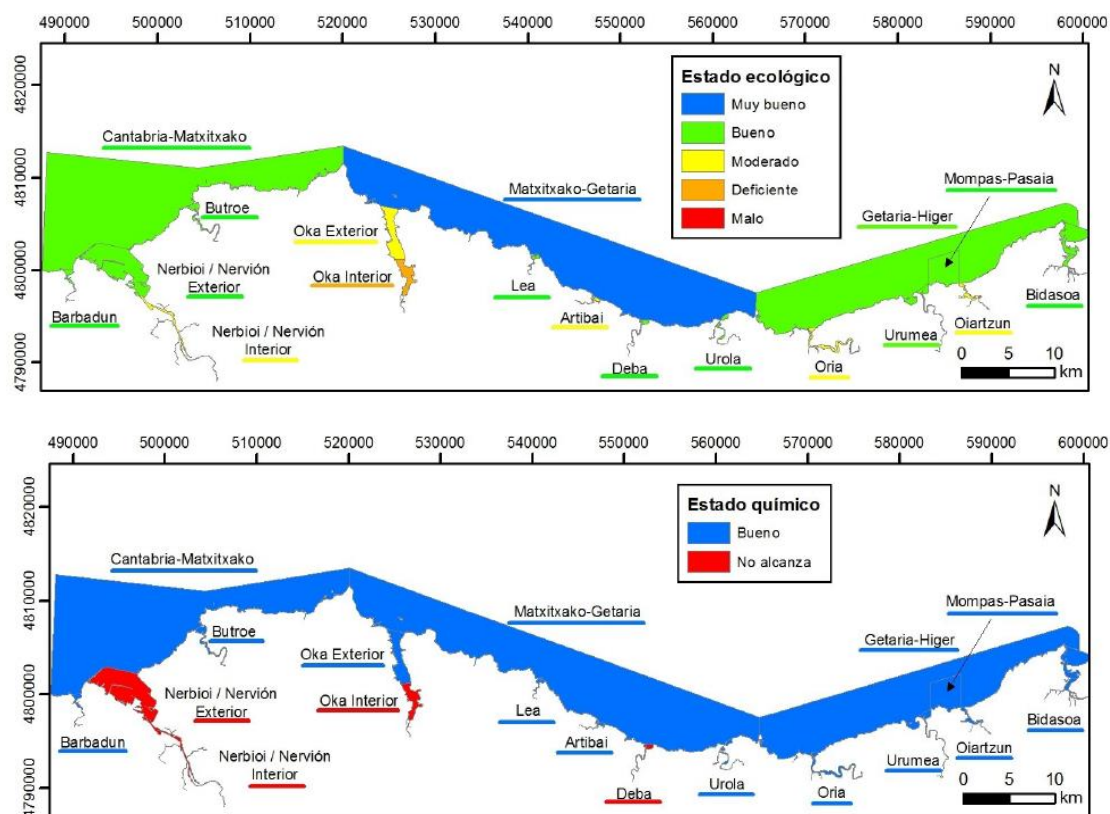


Figura 3. Estado Ecológico y Estado Químico en las masas de agua de transición y costeras de la CAPV, para el año 2016. Figuras tomadas de Borja *et al.*, (2017).

A continuación, se describen las distintas sustancias tenidas en cuenta para evaluar el estado químico de las aguas costeras de la CAPV, y de las estaciones de control que permiten tener un conocimiento más detallado de la calidad de las aguas en el ámbito del presente Estudio de Impacto ambiental.

4.4.1. Físicoquímico general

Los análisis de los indicadores físicoquímicos en aguas de transición y costeras han seguido protocolos de seguimiento y análisis bien establecidos y estandarizados. La metodología seguida para analizar las variables objeto de estudio puede verse en el Anexo I sobre “Metodologías de trabajos de campo, laboratorio y gabinete”.

En la Tabla 2 se muestran los indicadores físicoquímicos asociados a condiciones generales, que han tenido un carácter trimestral estacional durante el año 2016, para las estaciones más cercanas al ámbito de estudio del trazado de los cables. Las variables hidrográficas se analizaron en superficie y fondo, y las variables relacionadas con el estado trófico únicamente en superficie.

Tabla 2. Valores medios anuales, correspondientes a las 4 campañas de 2016, de las variables físicoquímicas analizadas en superficie (S) y (F) en las masas de agua de la CAPV.

Estación	Nivel	Temperatura (°C)	Salinidad	Agua fluvial (%)	Oxígeno (%)	pH	Silicato ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	Amonio ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	Nitrito ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	Nitrato ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	Fosfato ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)
L-B20	S	15.6	35.0	1.9	82.7	8.2	0.8	0.2	1.8	0.1	15.6
	F	13.5	35.3		8.1	8.1					13.5
L-RF30	S	16.7	34.8	1.8	104.4	8.2	0.8	0.2	1.9	0.1	16.7
	F	12.5	35.6		87.9	8.0					12.5
L-OK10	S	16.3	34.8	1.8	105.5	8.2	0.8	0.2	1.9	0.1	16.3
	F	14	35.4		96.5	8.1					14
L-RF20	S	16.9	34.7	5.3	104.6	8.2	1.9	0.2	3.6	0.2	16.9
	F	12.5	35.6		85.6	8.0					12.5
L-RF10	S	16.4	34.2	2.7	104.2	8.2	1.0	0.2	2.2	0.2	16.4
	F	12.6	35.6		86.1	8.0					12.6

En la Tabla 3 se muestran los datos medios anuales en cada estación de muestreo comparados con los objetivos de calidad. Según la aplicación de los límites de clase de estado, establecidos en el Real Decreto 1/2016 para los elementos de calidad fisicoquímica de las masas de agua superficial naturales, todas las estaciones tenidas en cuenta para caracterizar las aguas cercanas a nuestro ámbito de estudio cumplen los objetivos de calidad en 2016. Así mismo, el estado de las condiciones fisicoquímicas generales se clasifica como muy bueno en todas las estaciones, y en global en todas las masas de agua costeras de la CAPV. En cuanto a la evolución temporal de las condiciones fisicoquímicas, todas las estaciones se mantienen en niveles de muy buen estado a lo largo de toda la serie histórica disponible (Borja *et al.*, 2017).

Tabla 3. Evaluación del Estado Fisicoquímico en la masa de agua costera en el ámbito del cable según la DMA en 2016. LC: límite de cuantificación. EQR: *Ecological Quality Ratio*. PCQI: *Physico-Chemical Quality Index*. Datos tomados de la Red de Seguimiento de las aguas.

Estación	Tramo salino	Criterio	de	Parámetro	Unidades	Objetivo	LC	Valor	Clase de estado
L-B20	Euhalino marino	Límite de clases de estado	de	Oxígeno	%	85		101.12	Muy bueno
				Amonio	μmol · L ⁻¹	≤7	1.6	0.80	Muy bueno
				Nitrato	μmol · L ⁻¹	≤8	1.6	1.84	Muy bueno
				Fosfato	μmol · L ⁻¹	≤0.7	0.16	0.12	Muy bueno
				PCQI	EQR	0.61	-	1.30	Muy bueno
L-RF30	Euhalino marino	Límite de clases de estado	de	Oxígeno	%	85		96.13	Muy bueno
				Amonio	μmol · L ⁻¹	≤7	1.6	0.80	Muy bueno
				Nitrato	μmol · L ⁻¹	≤8	1.6	1.87	Muy bueno
				Fosfato	μmol · L ⁻¹	≤0.7	0.16	0.13	Muy bueno
				PCQI	EQR	0.61	-	1.3	Muy bueno
L-OK10	Euhalino marino	Límite de clases de estado	de	Oxígeno	%	85		101.01	Muy bueno
				Amonio	μmol · L ⁻¹	≤7	1.6	0.80	Muy bueno
				Nitrato	μmol · L ⁻¹	≤8	1.6	1.95	Muy bueno
				Fosfato	μmol · L ⁻¹	≤0.7	0.16	0.13	Muy bueno
				PCQI	EQR	0.61	-	1.29	Muy bueno
L-RF20	Euhalino marino	Límite de clases de estado	de	Oxígeno	%	85		95.13	Muy bueno
				Amonio	μmol · L ⁻¹	≤7	1.6	1.88	Muy bueno
				Nitrato	μmol · L ⁻¹	≤8	1.6	3.65	Muy bueno
				Fosfato	μmol · L ⁻¹	≤0.7	0.16	0.19	Muy bueno
				PCQI	EQR	0.61	-	1.20	Muy bueno
L-RF10	Euhalino marino	Límite de clases de estado	de	Oxígeno	%	85		95.16	Muy bueno
				Amonio	μmol · L ⁻¹	≤7	1.6	1.03	Muy bueno
				Nitrato	μmol · L ⁻¹	≤8	1.6	2.16	Muy bueno
				Fosfato	μmol · L ⁻¹	≤0.7	0.16	0.2	Muy bueno
				PCQI	EQR	0.61	-	1.3	Muy bueno
Global PCOI				EQR			1.278		

Sustancias preferentes

Las sustancias preferentes son aquellos contaminantes que presentan un riesgo significativo para las aguas superficiales españolas. Estas sustancias están reguladas a través del Real Decreto 995/2000, de 2 de junio (RCL 2000\1370), por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

La Tabla 4 contiene los descriptores analizados y los resultados obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo. La evaluación de las sustancias preferentes en 2016 implica que todas las masas de agua y todas las estaciones de referencia, alcanzan el estado de muy bueno.

Tabla 4. Evaluación del Estado Físicoquímico en función de contaminantes preferentes.

Sustancia	Criterio	Objetivo	LC	L- B20	L- RF30	L- OK10	L- RF20	L- RF10
Zinc	Concentración promedio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	60	2	4.1	6	3.7	12.3	4.6
Zinc	% datos supera el 15% del nivel del fondo	50%		0%	0%	0%	0%	0%
Cobre	Concentración promedio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	25	1	1.2	1.6	<LD	<LC	<LD
Cobre	% datos supera el 15% del nivel del fondo	50%		0%	0%	0%	0%	0%
Estado Físicoquímico (Contaminantes específicos)				Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno

Sustancias prioritarias

Las sustancias prioritarias son aquellas que presentan un riesgo para el medio acuático. Estas sustancias están reguladas a través de la Decisión núm. 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de noviembre de 2001 (LCEur 2000\4331), por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE (LCEur 2000\3612).

La evaluación del estado químico determinada en la campaña de 2016 (acorde al Real Decreto 817/2015) indica que, todas las masas de agua costeras de la CAPV, de forma global, alcanza el buen estado químico (Borja *et al.*, 2017). Únicamente dos estaciones, la L-B20 y L-RF20, que coinciden con nuestro ámbito de estudio, no alcanzan el buen estado químico debido a que la concentración promedio de cadmio supera la NCA-MA (0.2 µg L⁻¹) (Tabla 5).

Tabla 5. Evaluación en base a datos de 2016, basada en las sustancias prioritarias. NCA: norma de calidad ambiental.

Sustancia	Criterio	Objetivo (µg L ⁻¹)	LC (µg L ⁻¹)	L-B20	L-RF30	L-OK10	L-RF20	L-RF10
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA	0.03	0.0002	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd) pireno	NCA-MA	0.002	0.001	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	NCA-MA	0.1	0.001	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	NCA-CMA	0.4	0.001	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	NCA-MA	0.1	0.001	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	NCA-CMA	1	0.001	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Naftaleno	NCA-MA	1.2	0.5	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-MA	0.05	0.0001	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-CMA	0.1	0.0001	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Cadmio	NCA-MA	0.2	0.05	0.225	0.143	0.138	0.230	0.139
Cadmio	NCA-CMA	0.45	0.05	0.225	0.143	0.138	0.230	0.139
Plomo y sus compuestos	NCA-MA	7.2	1.00	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA	0.07	0.01	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Níquel y sus compuestos	NCA-MA	20	1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Estado químico				No alcanza	Buenos	Bueno	No alcanza	Bueno

En la campaña de 2016, para todas las estaciones cercanas a nuestro ámbito de estudio (L-B20, L-RF30, L-OK-10, L-RF20 y L-RF10), las concentraciones promedio anuales de los compuestos orgánicos analizados se encuentran por debajo de sus respectivos límites de cuantificación. Estos resultados evidencian un buen estado químico con respecto a las sustancias prioritarias en general.

4.4.2. Eutrofización de la masa de agua. Fitiplancton

El fitoplancton se utiliza en la aplicación de la DMA como un indicador de la calidad y del estado ecológico de las masas de agua costeras, siendo la concentración de clorofila-a contenida en el agua de mar un indicador ampliamente utilizado en la actualidad para la determinación del grado de eutrofización de las aguas marina. Este parámetro indica el grado de productividad asociado a la masa de agua, de manera que elevadas productividades se asocian generalmente a una situación de contaminación por nutrientes.

Para la caracterización de la calidad de las masas de agua por medio de la eutrofización, se han empleado los datos y análisis de la Red de seguimiento de las aguas costeras y de transición de la CAPV. La metodología empleada en este análisis se puede consultar en el Anexo I de "Metodología de los trabajos de campo, laboratorio y gabinete".

La Figura 4 realizada utilizando datos de teledetección, permite observar con una gran cobertura espacial, la distribución de la clorofila superficial en la costa. En dicha figura se representa el mapa del P90 en el extremo sudeste del golfo de Bizkaia, para el período 2011- 2016. Se puede observar cómo a lo largo de la costa las zonas con valores más altos se sitúan en las desembocaduras del Nervión-Ibaizabal, del Oria y del Bidasoa. Además, en las aguas exteriores los valores son bastantes más bajos que en el interior de la plataforma costera.

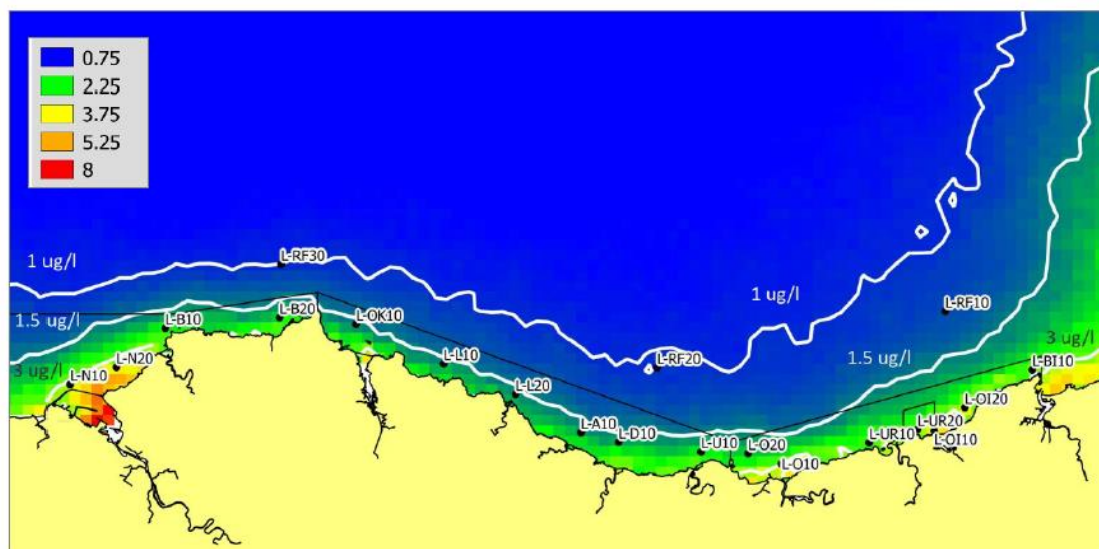


Figura 4. Mapa de clorofila superficial (P90) en el Golfo de Bizkaia. Calculado a partir de los datos diarios del satélite MODIS, entre 2011 y 2016.

En relación con el estado asociado al indicador fitoplancton, en el último periodo de evaluación (2011-2016), los valores de Chl-a en las estaciones seleccionadas en nuestro ámbito de estudio, varían en un rango muy estrecho, con valores cercanos a $1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, que indican Muy Buen Estado. La frecuencia de floraciones en las estaciones costeras varía entre un 12.5 y un 28.825 %, lo que indica un Muy Buen Estado en todas las estaciones, a excepción de la masa de agua costera de Getaria-Higer que alcanza un Buen Estado

En la Tabla 6 se muestra el EQR resultante de cada métrica o parámetro y el valor medio que determina la clasificación final (índice SPT). Según este último, en todas las estaciones y en el global de las masas de agua se alcanza un Muy Buen Estado, salvo la masa costera de Getaria-Higer que se queda en un Buen Estado.

Tabla 6. Calidad biológica del fitoplancton en cada una de las estaciones de las masas de agua costeras de la CAPV empleadas para la caracterización de la calidad de las aguas marinas en el ámbito del trazado del cable. Se muestra los valores de cada estación, así como los valores globales para cada masa de agua. Se indica el valor de las métricas, los ratios de calidad ecológica (EQRs) y la clasificación correspondiente (verde: Buen Estado; azul: Muy Buen Estado). SPT: índice multimétrico *Spanish Phytoplankton Tool*.

Período	Estación / Masa de agua	Métricas		EQRs		
		P90 clorofila-a ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	Blooms (%)	Chl-a	Blooms	SPT
2011-	L-B20	1.20	12.5	0.833	1.336	1.085
2016	Costera de Cantabria-Matxitxako	1.08*	18.75*	0.926	0.891	0.909
	L-RF30	0.79	12.5	1.266	1.336	1.301
	L-OK10	1.00	16.7	1.00	1.00	1.00
	Costera de Matxitxako-Getaria	1.1738*	19.733*	0.852	0.846	0.849
	L-RF20	1.18	16.7	0.847	1.000	0.924
	Costera de Getaria-Higer	1.3994*	28.825*	0.715	0.579	0.647
	L-RF10	1.15	16.7	0.870	1.000	0.935
(*) Media ponderada considerando la representatividad espacial de las estaciones en la superficie de la masa de agua						

4.2. Resultados para el cálculo del índice M-AMBI

Cada una de las muestras fue volcada en una bandeja de laboratorio, donde fue revisado minuciosamente todo el sedimento para extraer los organismos sin deteriorarlos con ayudas de unas pinzas.

Posteriormente se procedió a realizar la clasificación taxonómica de cada uno de los organismos con ayuda de una lupa trinocular, la cual además se encontraba conectada a una cámara que proyecta las imágenes en un ordenador.

Para determinar la calidad de las masas de agua se establece el método M_AMBI como indicador de calidad relativo al elemento de macrofauna bentónica. Este índice M-AMBI responde a las definiciones normativas de clasificación del estado indicadas en la DMA, evaluando la composición y abundancia taxonómica, así como el cociente entre taxones sensibles a las perturbaciones y taxones insensibles, y el grado de diversidad de taxones.

El índice M-AMBI requiere el cálculo de tres métricas: AMBI (AZTI Marine Biotic Index), índice de diversidad de Shannon (H' ; bit ind⁻¹) y riqueza (S; número de especies).

- *AMBI (AZTI Marine Biotic Index)*: Este índice se calcula a partir de los porcentajes de individuos pertenecientes a distintos grupos ecológicos (que responden de manera diferente a las presiones humanas), utilizando la siguiente ecuación:

$$AMBI = [(1,5 * \%GII) + (3 * \%GIII) + (4,5 * \%GIV) + (6 * \%GV)]/100;$$

donde % GII, % GIII, % GIV y % GV son los porcentajes de los grupos II (indiferente a la contaminación), III (tolerante a la contaminación), IV (oportunista de 2º orden) y V (oportunista de 1º orden), respectivamente. El grupo I es el de las especies sensibles a la contaminación. AMBI puede tomar valores entre 0 y 6 (el valor 7 se otorga cuando no hay fauna).

El cálculo de AMBI puede hacerse manualmente o bien con el programa AMBI, desarrollado por el Centro Tecnológico AZTI-Tecnalia, que determina su valor en cada una de las tres réplicas y luego determina la media aritmética de las tres para

dar un valor final de AMBI por estación de muestreo. El programa AMBI incluye más de 6.500 taxa representativos de las comunidades más importantes presentes en los estuarios y sistemas costeros de Europa, desde el Mar del Norte al Mediterráneo, e incluso de Norteamérica, Sudamérica, Asia, Oceanía y África.

- *Índice de diversidad de Shannon:* Este índice se calcula como el sumatorio (para n especies) de la abundancia relativa de cada una de las especies (en tanto por 1) multiplicadas por el logaritmo en base 2 de su abundancia relativa (en tanto por 1). Este cálculo se hace sobre la suma de individuos por taxón de las tres réplicas.
- *Riqueza:* La riqueza es el número de taxones presentes en una muestra. Este cálculo se hace sobre el número de taxones presentes en las tres réplicas.

El cálculo del M-AMBI se basa en el uso de Análisis Factorial para determinar el estado de las comunidades bentónicas de macroinvertebrados de sustrato blando. En estos análisis las distancias del conjunto de valores que identifican a una estación, respecto de las condiciones de referencia de muy buen estado ecológico y de mal estado ecológico es lo que determina su clasificación de estado ecológico.

A continuación, se presentan los datos brutos obtenidos para la zona somera y para la zona profunda (Tabla 7).

Tabla 7. Datos brutos de infauna para la zona somera.

	Zona somera	Zona profunda
Annelida	359	1239
Arthropoda	666	478
Mollusca	46	213
Echinodermata	50	75
Sipunculida	4	110
Nemertea	1	26
Nematoda	65	97

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el software específico para la obtención del índice M-AMBI. El análisis de la infauna a través del método AMBI, el cual usa la herramienta M-AMBI, explora la respuesta de las comunidades a los cambios naturales y humanos en la calidad del agua, integrando condiciones medioambientales a largo plazo. Este método permite realizar comparaciones a largo plazo.

El cálculo del M-AMBI se obtiene mediante el cálculo de tres métricas: AMBI, índice de diversidad de Shannon y Riqueza, las cuales se presentan en la Tabla 8 y Tabla 9, respectivamente para la zona somera y profunda, fueron obtenidos con el software AMBI.

Tabla 8. Cálculo de AMBI, Diversidad y Riqueza para la zona somera.

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
Bad	6	0	0	-34.942	-42.954	-34.915	0	Bad
High	1	4	42	19.146	1.086	13.006	1	High

Tabla 9. Cálculo de AMBI, Diversidad y Riqueza para la zona profunda.

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
Bad	6	0	0	-62.828	-56.402	-49.314	-1,13E-12	Bad
High	1	4	42	0.81504	10.792	0.53294	1	High

Estas tres mediciones permiten, con el uso del software nuevamente, realizar el cálculo de M-AMBI. El índice M-AMBI clasifica los organismos en grupos ecológicos, cuyas características están relacionadas con la acción antrópica. Basándose en ello, las zonas estudiadas se clasifican en función del gradiente de polución y las características de los grupos de especies que viven en esos ambientes con polución. La Tabla 10 muestra la clasificación por grupos.

Tabla 10. Clasificación de organismos por grupos ecológicos.

Grupo	Descripción
I	Especies muy sensibles al enriquecimiento orgánico y presentes en ambientes sin polución.
II	Especies indiferentes al enriquecimiento, siempre presentes en densidades bajas, sin variaciones significantes en el tiempo.
III	Especies tolerantes a un exceso de materia orgánica. Estas especies aparecen en condiciones normales, pero aumentan su población en condiciones de enriquecimiento orgánico del medio.
IV	Especies oportunistas de segundo orden.
V	Especies oportunistas de primer orden.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos siguiendo esta clasificación en porcentaje de especies en cada uno de los grupos ecológicos por estación en función de localizarse en la zona somera o en la zona profunda.

Zona Somera

La Tabla 12 muestra el porcentaje de especies en cada uno de los grupos ecológicos, mientras que la Figura 5 muestra el histograma que representa la distribución de las especies en cada una de las estaciones muestreadas. Por último, en la Tabla 13 se muestra la información correspondiente al grado de perturbación obtenido aplicando el índice M-AMBI.

Tabla 11. Porcentaje de especies en cada uno de los grupos ecológicos.

Estaciones	I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)	% n.a	AMBI
1	21,4	26,5	46,9	3,1	2,2	1,637	3,33
2	21,4	73,6	4,3	0,7	0	1,155	2,42
3	47,6	31,4	19	0	1,9	1,111	3,98
4	66,7	16,7	16,7	0	0	0,667	2,58
5	31	41,7	14,3	13,1	0	1,509	4,26
6	45,4	19,4	14,8	20,4	0	1,649	4,55
7	7,3	89,9	2,8	0	0	1,439	1,14
8	47,2	24,7	15,7	12,4	0	1,452	4,3
9	24,9	71,1	4	0	0	1,142	2,52
10	53	39,8	7,2	0	0	0,82	4
11	31,1	46,7	11,1	11,1	0	1,633	3,31

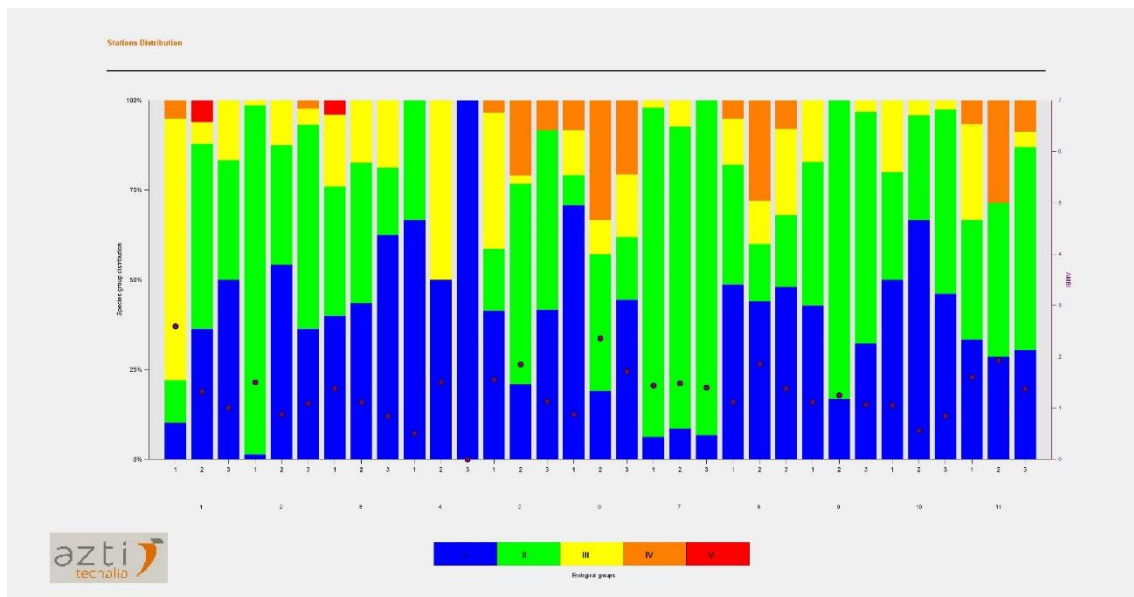


Figura 5. Histograma de distribución de especies.

Tabla 12. Resultados del índice M-AMBI.

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
1	16.371	33.293	22	0.042215	0.044469	0.12272	0.73667	Good
2	11.553	24.198	17	-0.55954	0.039116	-0.49888	0.65953	Good
3	11.108	39.784	29	0.88541	0.72441	0.84952	0.88083	High
4	0.66667	2.585	6	-12.705	0.18291	-0.65205	0.61264	Good
5	15.085	42.556	28	0.83114	0.49816	0.90829	0.86568	High
6	16.488	4.55	35	14.439	0.62643	12.847	0.93723	High
7	14.392	11.435	17	-10.268	-0.48209	-1.338	0.5443	Good
8	14.518	43.042	29	0.93395	0.57128	0.98137	0.88169	High
9	11.422	25.181	26	0.16944	0.26668	-0.14816	0.74389	Good
10	0.81955	40.012	27	0.7884	0.88883	0.85756	0.88574	High
11	16.327	33.098	13	-0.65789	-0.15088	-0.17616	0.65943	Good

Finalmente se puede observar en la Figura 6 muestra la localización de cada una de las estaciones de muestreo respecto a la tipología de la masa de agua.

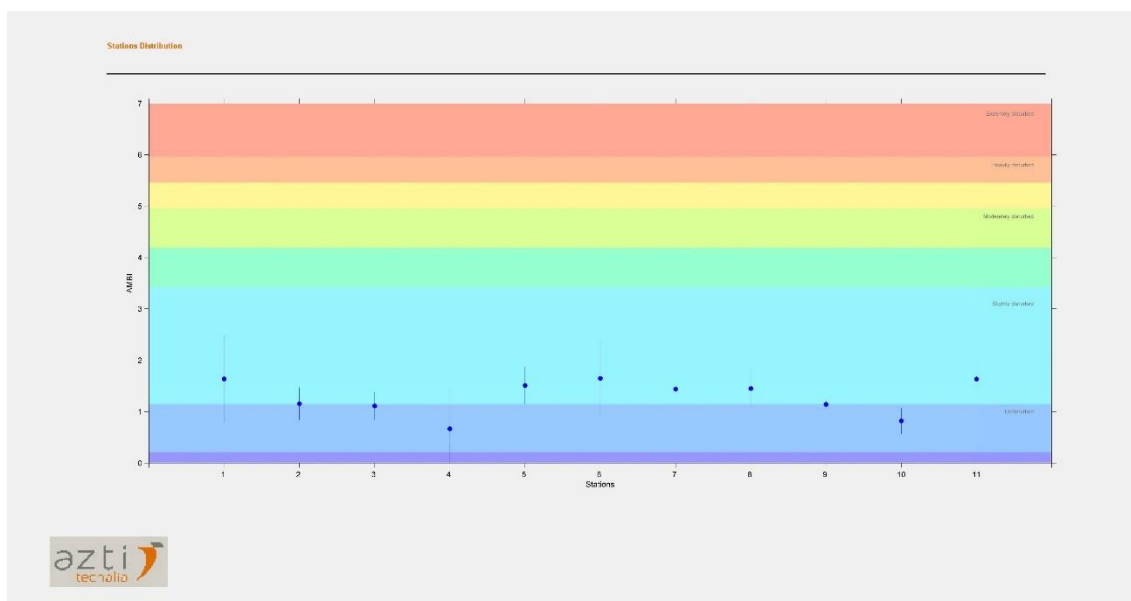


Figura 6. Histograma de localización de cada estación respecto a la masa de agua.

Zona profunda

La Tabla 13 muestra el porcentaje de especies en cada uno de los grupos ecológicos, mientras que la Figura 7 muestra el histograma que representa la distribución de las especies en cada una de las estaciones muestreadas. Por último, en la Tabla 14 se muestra la información correspondiente al grado de perturbación obtenido aplicando el índice M-AMBI.

Tabla 13. Porcentaje de especies en cada uno de los grupos ecológicos.

Estaciones	I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)	% n.a	AMBI
12	38,8	18,7	25,9	16,5	0	1,734	4,67
13	41	20,5	23,1	15,4	0	1,961	4,42
14	46,8	18,2	20,8	14,3	0	1,451	4,58
15	46,9	28,4	16	8,6	0	1,219	3,88
16	59	20,8	3,5	16	0,7	1,094	4,41
17	58,5	34,5	4,9	2,1	0	0,684	4,85
18	38,8	45,2	3,7	12,2	0	1,365	4,22
19	35,3	21,8	26,3	16,5	0	1,773	4,54
20	43,5	26,1	18,8	11,6	0	1,488	4,46
21	30	27,5	42,5	0	0	1,434	3,35
22	62,5	31,3	0	6,3	0	0,678	3,8
23	55,3	32,9	11,8	0	0	0,823	4,7
24	44,1	42,8	6,2	6,9	0	1,082	4,41
26	21	50,8	19,1	8,2	4,2	1,773	4,27

Estaciones	I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)	% n.a	AMBI
27	13,3	66,4	8,4	7,7	0	2,126	3,26
28	25,5	49,7	14,5	10,3	0	1,662	4,37
29	31,7	54,7	10,1	3,6	0	1,245	3,95
30	17,5	75,4	7	0	0	1,355	2,82

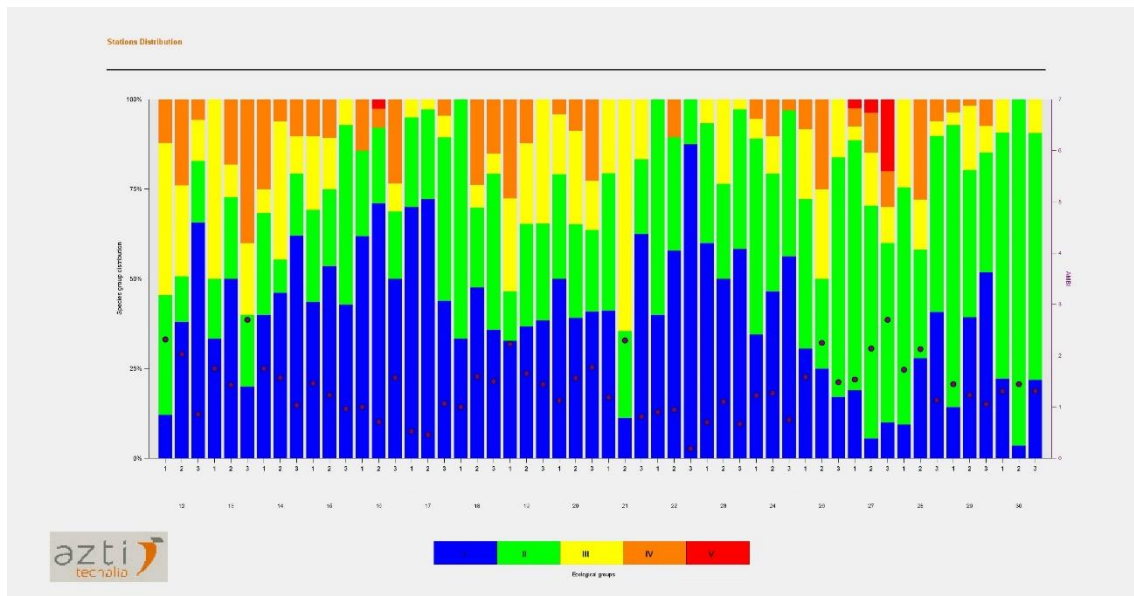


Figura 7. Histograma de distribución de especies.

Tabla 14. Resultados del índice M-AMBI.

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
12	17.345	4.666	35	0.33442	0.58498	0.55402	0.94723	High
13	19.606	44.168	25	-0.25761	-0.42136	0.018697	0.83646	High
14	14.512	45.791	38	0.60814	0.87663	0.66989	0.9834	High
15	12.193	38.797	23	0.023095	-0.61391	-0.18192	0.83329	High
16	10.936	4.408	38	0.81322	0.9032	0.6615	0.99607	High
17	0.68384	48.503	46	1.583	18.832	1.323	1.121	High
18	13.651	42.246	36	0.45193	0.57676	0.39605	0.94656	High
19	17.732	4.541	33	0.18606	0.35191	0.39803	0.91954	High
20	14.876	44.612	27	0.19927	-0.099071	0.25054	0.8897	High
21	1.434	33.483	26	-0.30816	-0.66517	-0.51649	0.79721	High
22	0.67829	37.953	17	0.23794	-0.99313	-0.25567	0.82191	High
23	0.8232	47.028	37	11.372	10.304	0.91241	10.322	High
24	10.815	44.084	37	0.79356	0.82394	0.63555	0.98958	High
26	17.727	4.27	43	0.35476	1.06	0.51342	0.97207	High
27	21.256	32.591	26	-0.90137	-0.90485	-0.7847	0.7391	Good

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
28	16.623	43.741	41	0.43246	0.97263	0.5573	0.9737	High
29	12.447	39.508	34	0.36077	0.32294	0.18714	0.91869	High
30	13.548	28.195	23	-0.58098	-11.281	-0.94025	0.73849	Good

Finalmente se puede observar en la Figura 8 muestra la localización de cada una de las estaciones de muestreo respecto a la tipología de la masa de agua.

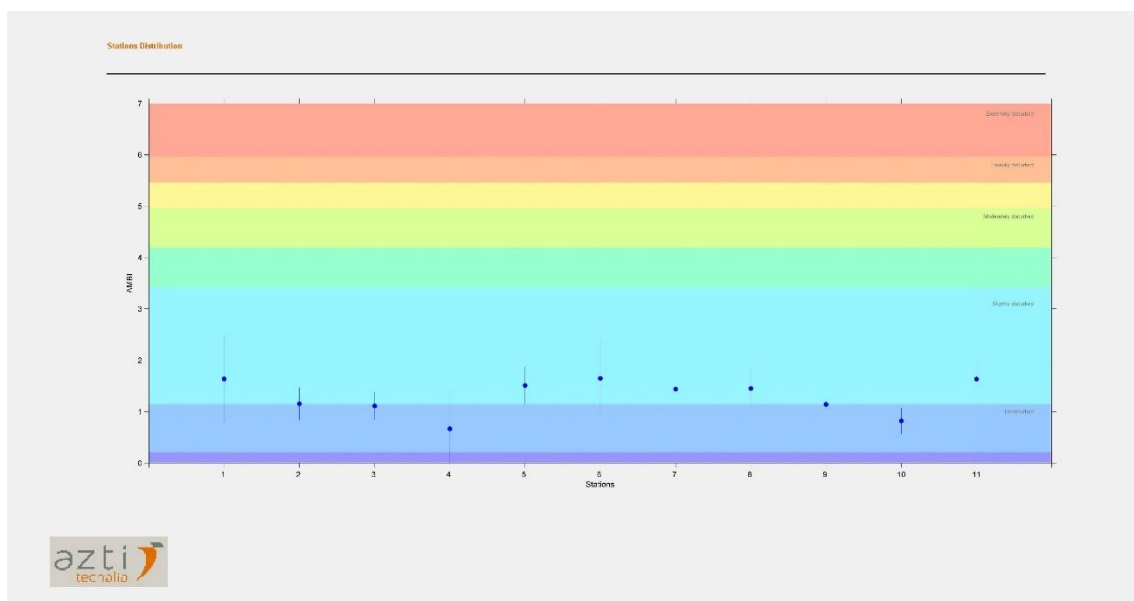


Figura 8. Histograma de localización de cada estación respecto a la masa de agua.

5. CONCLUSIONES.

En general, tal y como se observa en los apartados anteriores referentes a las sustancias químicas presentes en las aguas marinas de la CAPV, podemos concluir que el estado químico es bueno y que, salvo excepciones puntuales, las aguas no están contaminadas y su calidad es buena.

Teniendo en cuenta los dos indicadores de calidad descritos anteriormente, las masas de agua costeras en el contexto de la DMA, se puede afirmar que la calidad de las aguas que rodean el ámbito de estudio de este proyecto es excelente.

Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos para el cálculo del índice de M-AMBI teniendo todas las estaciones una clasificación de Muy buena, especialmente en las aguas profundas y de manera mayoritaria para las aguas someras.

6. REFERENCIAS.

Borja, A., Bald., J., Franco, J., Lareta, J., Menchaca, I., Muxica, I., Revilla, M., Germán-Rodríguez, J., 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., 2017. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de resultados. Campaña 2016. 414 pp.

