

Egoitza / Sede Bizkaia

Txabarramendi ugarte z/g

E-48395 Sukarrieta - Bizkaia (Spain)

Tel.: +34 946 029 400 - Fax: +34 946 870 006

Egoitza / Sede Gipuzkoa

Herrera Kaia - Portu aldea z/g

E-20110 Pasaia - Gipuzkoa (Spain)

Tel.: +34 943 004 800 - Fax: +34 943 004 801

<http://www.azti.es>

e-mail: info@azti.es



Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku - 2016

Informe final

para:

Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas, Diputación Foral de Gipuzkoa

**Gipuzkoako
Foru Aldundia**
Diputación Foral
de Gipuzkoa



ORAIN
GIPUZKOA

Pasaia, 26 de octubre de 2016

Tipo documento Informe final
Fecha 26/10/2016
Proyecto Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku - 2016
Código IM16Isuria
Cliente Dpto. de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas, Diputación Foral de Gipuzkoa

Equipo de proyecto: Dr. Iñigo Muxika
D. Víctor Valencia



Responsable proyecto Dr. Iñigo Muxika



Revisado por Dr. Juan Bald

Fecha 26/10/2016

ÍNDICE

1. AGRADECIMIENTOS	4
2. ANTECEDENTES.....	5
3. OBJETIVOS	6
4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS Y METODOLOGÍA.....	7
4.1. COLUMNA DE AGUA	9
4.1.1. <i>Perfiles verticales continuos de variables oceanográficas</i>	9
4.1.2. <i>Análisis de las muestras de agua</i>	9
4.2. ESTUDIO DE SEDIMENTOS.....	11
4.2.1. <i>Potencial redox</i>	11
4.2.2. <i>Granulometría</i>	11
4.2.3. <i>Materia orgánica</i>	12
4.2.4. <i>Metales pesados</i>	12
5. RESULTADOS	13
5.1. COLUMNA DE AGUA	13
5.1.1. <i>Temperatura y salinidad</i>	14
5.1.2. <i>Oxígeno disuelto y pH</i>	16
5.1.3. <i>Clorofila</i>	17
5.1.4. <i>Sólidos en suspensión y propiedades ópticas</i>	17
5.1.5. <i>Microbiología</i>	18
5.1.6. <i>Nutrientes disueltos, totales y carbono orgánico total</i>	19
5.2. SEDIMENTOS.....	20
5.2.1. <i>Caracterización sedimentológica</i>	20
5.2.2. <i>Contenido en metales pesados</i>	22
6. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES.....	24
7. BIBLIOGRAFÍA	26
8. ANEXO I. DATOS HIDROGRÁFICOS.....	28

1. AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de numerosas personas. Por ello, vayan estas líneas de agradecimiento a todas ellas.

Maite Cuesta se encargó de la preparación del material de muestreo. Imanol Bartolomé, Gaizka Bidegain, Ekaitz Erauskin e Iker Urtizberea llevaron a cabo las labores de muestreo. Luis Cuesta y Jon Berregui se encargaron de la preparación del CTD y del procesado de datos.

Los análisis de laboratorio fueron realizados por Goretta García y Marivi Lucero, analistas de la Unidad de Investigación Marina (UIM) de AZTI, y por Joana Larreta y Victor Valencia, investigadores de la UIM. Los análisis microbiológicos fueron realizados por Miguel Romeo, analista de la Unidad de Investigación Alimentaria de AZTI.

Finalmente, este trabajo ha sido posible gracias al interés del Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa. Queremos agradecer especialmente a Iñaki Bañares su ayuda y colaboración.

2. ANTECEDENTES

En invierno de 2009, el Departamento para el Desarrollo Sostenible de la Diputación Foral de Gipuzkoa, a petición de la Agencia Vasca del Agua, solicita a la Unidad de Investigación Marina de AZTI la realización de controles anuales en periodo estival de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku.

En respuesta a dicha solicitud, los veranos entre 2009 y 2015 se llevaron a cabo sucesivos controles, cuyos resultados se analizaron en los correspondientes informes enviados los días 20 de noviembre de 2009 (Fontán *et al.*, 2009), 25 de octubre de 2010 (Muxika y Valencia, 2010), 21 de octubre de 2011 (Muxika y Valencia, 2011), 15 de octubre de 2012 (Muxika y Valencia, 2012), 22 de octubre de 2013 (Muxika y Valencia, 2013), 14 de octubre de 2014 (Muxika y Valencia, 2014) y 21 de octubre de 2015 (Muxika *et al.*, 2015).

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos en la campaña realizada en verano de 2016.

3. OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivo general la realización de un control anual en periodo estival de las aguas receptoras en las zonas costeras de Getaria y de Mutriku, para evaluar la posible influencia de los correspondientes vertidos. Los resultados obtenidos en las zonas afectadas se compararán con los de sendas estaciones de referencia, representativas, pero no afectadas por los vertidos, para la valoración final de dichos resultados.

En particular, los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Realización de las labores de muestreo y análisis para aportar la información necesaria para realizar el control, en época estival, de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku.
- Estudio de sedimentos de las áreas de estudio.
- Estudio y valoración los resultados obtenidos y elaboración del correspondiente informe anual recopilatorio.

En particular, las tareas concretas de las acciones contempladas en las distintas partes del presente informe son:

- Realización de perfiles verticales mediante CTD para determinar pH, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y profundidad.
- Toma de muestras en superficie (entre 0,5 m y 1 m de profundidad) para el análisis de los siguientes parámetros: pH, salinidad, turbidez, sólidos en suspensión, amonio, nitritos, nitratos, nitrógeno total, fósforo total, carbono orgánico total, coeficiente de absorción espectral, clorofila total y *Escherichia coli*.
- Toma de muestras de sedimento con el fin de determinar las características generales del sedimento (composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y metales pesados).

4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS Y METODOLOGÍA

Para el muestreo, realizado el 29 de agosto de 2016, se utilizó una embarcación neumática "ASTECH PB-800", de quilla rígida, preparada para muestreos en aguas someras, con las siguientes características:

- Eslora: 7,99 m
- Manga: 3,30 m
- Dos motores fueraborda de 150 Hp cada uno
- Cabrestante hidráulico con 250 m de cable para manejo de instrumental oceanográfico
- Sonda-GPS-Plotter GARMIN-GPS MAP 721XS

El control anual en periodo estival de las aguas receptoras se ha llevado a cabo en las mismas estaciones de muestreo en las zonas costeras de Getaria (3 estaciones) y de Mutriku (3 estaciones) que las pasadas campañas de 2009 a 2015, suficientemente representativas de la posible influencia de los correspondientes vertidos. Las estaciones están ubicadas aproximadamente a 50 m, 100 m y 200 m del punto de vertido en Mutriku y, en Getaria, a 100 m, 200 m y 400 m del punto de vertido. Asimismo, se han propuesto 2 estaciones de referencia, una por cada zona, suficientemente alejadas de los puntos de vertido como para que se encuentren fuera del área de influencia de los mismos (Figura 1). Dichas estaciones coinciden con dos de las estaciones de muestreo de la “*Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco*” (Borja *et al.*, en elaboración): L-O20 (en adelante, GREF) en Getaria y L-D10 (en adelante, MREF) en Mutriku. Dichas estaciones pueden considerarse representativas de la zona y, además, se dispone de una serie importante de perfiles de temperatura y otras variables en estas estaciones que pueden servir como referencia adicional en la evaluación de los resultados ante posibles anomalías. En la Tabla 1 se recogen las coordenadas geográficas de las estaciones propuestas.

La comparación de los resultados obtenidos en la zona afectada con los de una estación de referencia, representativa pero no afectada, resulta la herramienta más directa y útil para la evaluación de dichos resultados.



Figura 1. Situación de los puntos de vertido y de las estaciones de muestreo en las zonas costeras de Getaria y Mutriku.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

ESTACIÓN		ETRS89 (UTM-30N)	
		X (m)	Y (m)
G100	Estación a 100 m del punto de vertido (Getaria)	565009	479524 9
G200	Estación a 200 m del punto de vertido (Getaria)	565094	4795292
G400	Estación a 400 m del punto de vertido (Getaria)	565261	4795414
GREF (L-O20)	Estación de referencia (Getaria)	566485	4797494
M50	Estación a 50 m del punto de vertido (Mutriku)	550283	4795246
M100	Estación a 100 m del punto de vertido (Mutriku)	550321	4795278
M200	Estación a 200 m del punto de vertido (Mutriku)	550393	4795347
MREF (L-D10)	Estación de referencia (Mutriku)	552501	4796395

4.1. Columna de agua

4.1.1. Perfiles verticales continuos de variables oceanográficas

Los perfiles continuos de temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, penetración de la luz y clorofila por fluorescencia en las estaciones de muestreo se realizaron mediante un CTD SEABIRD SBE-25, equipado con sensores auxiliares, cuyas especificaciones se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones de los sensores del CTD. clor.= clorofila.

Sensor	Nombre	Resolución	Precisión
Temperatura	SBE 25-01 Sealogger	0,0003° C	0,01° C
Salinidad	SBE 25-01 Sealogger	0,00004 S·m ⁻¹	0,004 USP
pH	SBE 25-01 Sealogger	---	0,01 u
O ₂ disuelto	SBE 25-01 Sealogger	---	0,03 ml·L ⁻¹
Fluorescencia (clor.)	Sea -Tech	0,001 U.A.F.	0,02 µg·L ⁻¹
Transmitancia	Sea -Tech (25 cm)	0,01%	0,1%
Radiación PAR	LI-COR	0,001 µmol·s ⁻¹ ·m ⁻²	0,1 µmol·s ⁻¹ ·m ⁻²

4.1.2. Análisis de las muestras de agua

Por otra parte, en cada estación se recogió una muestra a 0,5-1 m de profundidad. En las muestras recogidas se llevaron a cabo análisis para determinar turbidez, color y coeficiente de absorción espectral, sólidos en suspensión, amonio, nitrito, nitrato, nitrógeno total, fósforo total, carbono orgánico total y *E. coli*. A continuación se expone la metodología de análisis para cada variable.

4.1.2.1 Nutrientes

Se analizaron los nutrientes disueltos amonio, nitrito y nitrato, utilizando un Autoanalizador TECHNICON-BRAN+LUEBBE AAIH multicanal. Los métodos colorimétricos utilizados fueron, con ligeras modificaciones, los descritos en GRASSHOFF *et al.* (1983) para análisis automático de nutrientes en agua de mar. Adicionalmente, en el mismo sistema pentacanal se determinaron fosfato y silicato.

Con objeto de solicitar la certificación por ENAC del método de análisis de nutrientes disueltos, se han realizado ajustes en el rango de análisis de los distintos nutrientes. Los límites de cuantificación (LC) considerados son 1,60 µmol·L⁻¹ para amonio, nitrato y silicato; 0,40 µmol·L⁻¹ para nitrito; y 0,16 µmol·L⁻¹ para fosfato. Aunque pueden detectarse

concentraciones inferiores a los LC señalados, todos los valores por debajo de dichos límites se presentarán como “menor de” los límites respectivos.

Las submuestras para el análisis de nutrientes se tomaron directamente de las botellas NISKIN utilizadas en el muestreo y se preservaron por refrigeración severa, sin llegar a congelación, mantenidas en oscuridad.

4.1.2.2 Turbidez

En cada una de las muestras se midió la turbidez con un turbidímetro HACH 2100A calibrado con formazina en el rango necesario para cada muestra. Esto permite una precisión de $\pm 2\%$ de la lectura, con un límite de detección esperado menor de 0,05 NTU. El método utilizado es acorde con la Norma ISO 7027:1990. Las medidas se efectuaron en un intervalo inferior a 24 h tras la toma de muestras.

4.1.2.3 Color y Coeficiente de Absorción Espectral

En cada una de las muestras, previamente filtradas, se midió el color en la escala Platino-Cobalto y el coeficiente de absorción espectral (CAE) mediante un espectrofotómetro VIS-UV. Se utilizó un método simplificado referible a la Norma ISO 1887:1994. Se utilizaron cubetas de 1 cm de camino óptico y, para comparación con otras series de datos, las mediciones principales se realizaron a longitudes de onda entre 436 nm y 460 nm, en las que se mide el color. Adicionalmente se realizaron mediciones de absorbancia a longitudes de onda entre 250 nm y 300 nm, en las que, en algunos casos, es posible distinguir el grado de depuración o desaparición de sustancias orgánicas biodegradables.

4.1.2.4 Sólidos en suspensión

Se filtró una submuestra, de al menos 1 L, sobre un filtro Whatman GF/C de 47 mm de diámetro previamente pesado. El filtro con los sólidos se secó a 105° C durante 24 h y se pesó nuevamente para el cálculo de los sólidos totales. Para las pesadas se utilizó una balanza con resolución de 10^{-5} g, lo que garantiza una precisión de 0,5 mg L⁻¹.

4.1.2.5 Nitrógeno y fósforo totales

El nitrógeno y fósforo presentes en las muestras se oxidaron *on line* utilizando un Autoanalizador TECHNICON-BRAN+LUEBBE AAIH multicanal. La oxidación, hasta nitrato y fosfato respectivamente, se realizó por vía química, con persulfato, utilizando calor y radiación ultravioleta como aceleradores. El nitrato y fosfato resultantes se determinaron por los métodos antes descritos.

4.1.2.6 Carbono orgánico total

Este análisis se efectuó mediante un analizador SHIMADZU-5000 sobre muestras aciduladas. Tras el purgado del carbono inorgánico, el análisis del carbono orgánico se realizó por combustión catalítica (PtAl_2O_3) en tubo de cuarzo. El dióxido de carbono producido se determinó por detección mediante infrarrojo no dispersivo.

4.1.2.7 Análisis microbiológicos

Este análisis se efectuó mediante la Norma UNE-EN ISO 9308-1:2000 para calidad del agua: Detección y recuento de *E. coli*, por el método de filtración en membrana. El medio de cultivo empleado fue el Tergitol. La incubación se llevó a cabo a $44 \pm 1^\circ \text{C}$ durante 24 horas.

4.2. Estudio de sedimentos

Se muestreó una estación por cada zona, ubicada a 400 m del punto de vertido en Getaria (G400) y a 200 m del punto de vertido en Mutriku (M200), mediante muestreo directo, con objeto de determinar las características generales del sedimento: composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y metales pesados.

4.2.1. Potencial redox

Se determinó en campo, inmediatamente después de la recepción de las muestras. Para ello, se empleó un electrodo de platino con referencia interna, conectado a un pH-metro/milivoltímetro digital, calibrado con un sistema redox patrón (Ferricianuro/Ferrocianuro en cloruro potásico).

La resolución de esta medida es de $\pm 1 \text{ mV}$.

4.2.2. Granulometría

Para el estudio de la composición granulométrica se utilizaron submuestras de 200 g. Una vez secas a 105°C , las muestras se tamizaron a través de una columna de siete tamices con intervalos de 1Φ , desde 4 mm hasta 0,063 mm, en tandas de 30 min hasta obtener una fracción fina inferior a 0,5 g. Después, se pesó cada fracción, según la metodología expuesta por Holme y McIntyre (1971).

4.2.3. Materia orgánica

El contenido en materia orgánica se estimó por medida de la pérdida de peso por ignición. Se tomaron 30 g de sedimento secado previamente a 105° C y convenientemente homogeneizado para evitar agregaciones y heterogeneidad. Éstos se calcinaron a 450° C durante 6 h. La diferencia entre peso seco y calcinado con respecto al peso inicial se tomó como índice del contenido en materia orgánica del sedimento.

4.2.4. Metales pesados

Las analíticas de metales pesados tanto en sedimentos como en biomonitores fueron realizadas por los laboratorios acreditados de LABAQUA S.A. Se determinaron las concentraciones de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb y Zn.

Para ello, las muestras de sedimento se secaron en la estufa a 60° C durante 48 h y se tamizaron. Se analizó únicamente la fracción de tamaño de partícula inferior a 63 µm, la fracción más habitual de las empleadas en los análisis de metales en sedimentos (Loring y Rantala, 1992).

Aproximadamente 1 g de sedimento seco se trató con ácido nítrico en un microondas UltraClave de alta presión. Este microondas es un reactor de alta presión, donde se realiza la digestión de las muestras a temperatura y presión controladas, y, tras el proceso de digestión, se obtiene una solución líquida en la que todos los metales están extraídos. Esta solución es la que se analiza por espectroscopia de fluorescencia atómica (FAS) para el Hg y por plasma de acoplamiento inductivo de emisión óptica (ICP-OES) para el resto de los metales.

A fin de comprobar la correcta digestión de todas las muestras incluidas en el carrusel de trabajo, en cada serie de digestión se incluye un material de referencia de concentración conocida y certificada con trazabilidad a un organismo de certificación internacional (CRM 399).

5. RESULTADOS

5.1. Columna de agua

El control anual en periodo estival se concretó el 29 de agosto de 2016. Los datos originales resultantes de los perfiles de CTD se presentan en el **Anexo I** en forma de listados tabulados que recogen los valores de cada variable para cada estación a intervalos de 1 m de profundidad.

Asimismo, en la Tabla 3 se presentan los datos extraídos del CTD en superficie junto con los valores de color, coeficiente de absorción espectral, turbidez, sólidos en suspensión, *E. coli* y nutrientes, determinados en las muestras de superficie.

Tabla 3. Datos extraídos del CTD en superficie (0-0,5 m) junto con valores de turbidez y resultados de los análisis efectuados sobre las muestras de agua, correspondientes a la campaña del 29 de agosto de 2016. Secchi: profundidad de visión del disco de Secchi; SS: sólidos en suspensión; CAE: coeficiente de absorción espectral; *E. coli*: *Escherichia coli*; NT: nitrógeno total; PT: fósforo total; COT: carbono orgánico total.

Estación	G100	G200	G400	GRAF	M50	M100	M200	MREF
Profundidad (m)	6	13	15	20	8	11	15	15
Temperatura (° C)	22,4	22,4	22,4	22,4	22,6	22,6	22,6	22,5
Salinidad (USP)	34,2	34,2	34,2	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3
Transmitancia (%)	83,5	82,6	82,4	82,1	82,1	81,7	82,8	82,0
Secchi (m)	3	5	6	7	6	7	7	8
Turbidez (NTU)	0,43	0,62	0,57	0,52	0,5	0,81	0,54	0,49
SS (mg·L ⁻¹)	5,8	6,9	5,9	7,0	7,1	7,9	6,4	7,3
Color (mg _{Pt} ·L ⁻¹)	60	30	33	27	29	30	33	36
CAE (m ⁻¹)	2,0	1,0	1,1	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2
Clorofila "a" (µg·L ⁻¹)	0,18	0,23	0,33	0,37	0,45	0,49	0,42	0,5
O ₂ disuelto (mL·L ⁻¹)	4,95	4,9	4,9	4,94	4,72	4,81	4,68	4,79
Saturación de O ₂ (%)	100	99	99	99	95	97	95	97
pH	8,12	8,12	8,13	8,13	8,12	7,89	8,14	8,12
<i>E. coli</i> (ufc·100 mL ⁻¹)	780	400	16	3	200	60	80	22
Amonio (µmol·L ⁻¹)	<1,60	2,50	1,90	<1,60	1,70	1,65	<1,60	<1,60
Nitrito (µmol·L ⁻¹)	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	0,45	<0,40	<0,40
Nitrato (µmol·L ⁻¹)	<1,60	2,60	2,25	<1,60	35,70	8,25	5,95	<1,60
NT (µmol·L ⁻¹)	8,3	12,2	11,3	9,5	61,0	20,7	13,7	9,4
Fosfato (µmol·L ⁻¹)	0,26	0,40	0,32	<0,16	2,70	0,55	<0,16	<0,16
PT (µmol·L ⁻¹)	0,50	0,80	0,70	0,45	4,05	1,05	0,50	0,45
Silicato (µmol·L ⁻¹)	<1,60	<1,60	<1,60	<1,60	3,70	1,80	<1,60	<1,60
COT (µmol·L ⁻¹)	69	109	122	99	116	125	114	95

5.1.1. Temperatura y salinidad

La temperatura y la salinidad son los descriptores fundamentales de las masas de agua de mar. Por una parte, la temperatura marca el ciclo estacional de las aguas y define el grado de estratificación en la columna de agua. En las aguas litorales sometidas a aportes de agua de origen continental, el valor de la salinidad define el porcentaje de las aguas de origen no marino que se mezclan en la zona costera. Por otra parte, condiciona la distribución de muchas variables y propiedades de las aguas que, de forma más o menos directa, dependen de estas proporciones.

La forma más directa de observar la distribución de estas variables es mediante un diagrama de temperatura y salinidad (diagrama TS) en el que se representan los pares de valores de estas variables para cada profundidad de medida y para cada serie de puntos de muestreo. En la Figura 2 se representan los pares de valores de todas las estaciones agrupadas para cada una de las áreas de muestreo.

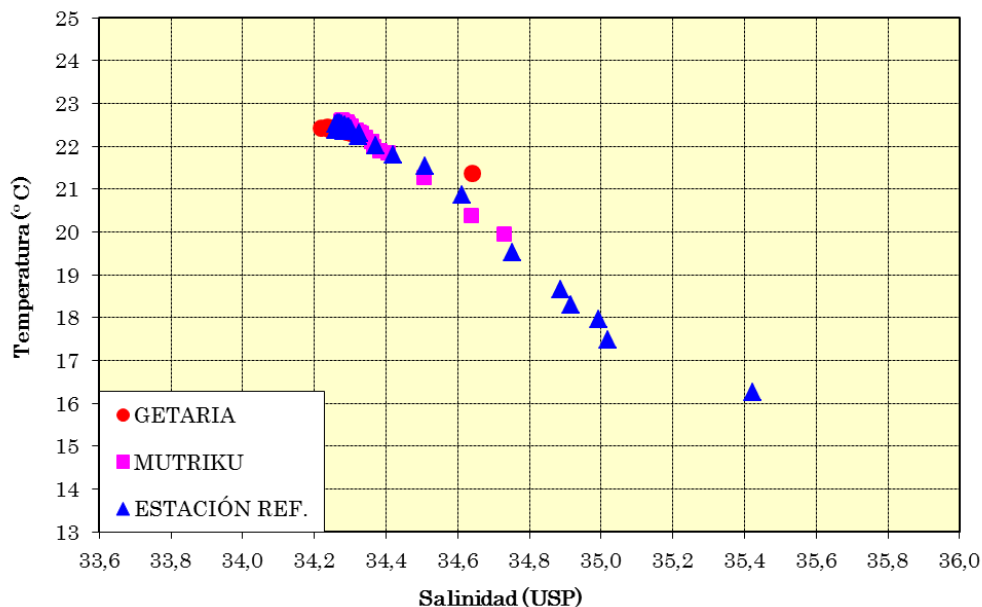


Figura 2. Diagrama TS correspondiente a la campaña de muestreo realizada el 29 de agosto de 2016 en Getaria y Mutriku. Los triángulos azules corresponden a las estaciones de referencia de ambas áreas.

En el diagrama puede observarse una situación típicamente estival acorde con las condiciones atmosféricas registradas en los días precedentes al muestro. La distribución de los puntos correspondientes a las estaciones de control se solapa y se alinea con la de los

puntos correspondientes a las estaciones de referencia, lo que indica condiciones generales muy similares y procesos de mezcla simple entre estaciones y niveles. Las excepciones más destacables se dan en el nivel más profundo de la estación G400, que se diferencia ligeramente de las aguas más someras y más desaladas, y en el nivel de fondo de la estación GREF, que marca el inicio de una estratificación más marcada, con intensificación de los gradientes de disminución de la temperatura y de incremento de la salinidad para las aguas de mayor profundidad.

Con los citados matices, en las aguas superficiales de todas las estaciones se registraron temperaturas muy similares (unos 22,5 °C) y valores de salinidad también muy homogéneos (34,3 USP, aproximadamente), que corresponden a aguas ligeramente más desaladas que las de la campaña de 2015.

Por la parte de los mínimos de temperatura y los máximos de salinidad, puede apuntarse también la presencia de aguas con temperatura menor de 17 °C y más de 35,4 USP de salinidad, a pesar de no haber llegado a mucha profundidad, lo que indica una estratificación termohalina algo más marcada que en 2015, pero sin llegar a los niveles de la campaña de 2014.

De modo similar a lo señalado para los controles de años precedentes, la situación registrada resulta coherente con las condiciones climáticas recientes. Se observa un patrón de distribución sin gradientes de salinidad muy definidos y con un porcentaje de agua dulce del orden del 3,6% en los registros superficiales de ambas zonas. Nuevamente, no se aprecian diferencias destacables respecto a las estaciones de referencia.

En este sentido, como en años anteriores, algunas de las diferencias que se verán más adelante se relacionan más con el efecto de plumas y variabilidad a pequeña escala (*patches*), que con diferencias en los aportes de agua de origen fluvial o de vertidos de aguas continentales, que pudieran afectar a una extensión o a un espesor importante de la columna de agua.

En resumen, puede señalarse que las condiciones hidrográficas registradas resultan representativas de la zona de estudio y de la época de muestreo. También resultan acordes con las condiciones hidrometeorológicas precedentes y, con los matices señalados, son comparables a las obtenidas en las campañas estivales de años anteriores.

5.1.2. Oxígeno disuelto y pH

Como en otras campañas, las principales discontinuidades se asocian a cambios de temperatura y al efecto de esta variable en la solubilidad del O₂. Esto se traduce también en algunas diferencias en el porcentaje de saturación, algo más marcadas en la zona de Mutriku y en los niveles de aguas más frías de las estaciones de referencia, debido, precisamente, a la influencia de esta variable en la solubilidad del O₂ y, por tanto, en el porcentaje de saturación. De todos modos, sin que lleguen a darse valores de sobresaturación como en verano de 2015, puede considerarse que las aguas de las zonas de control presentan un grado de saturación que no indica un déficit importante de O₂ disuelto y que resulta acorde con las condiciones hidrográficas registradas.

En general, la distribución del O₂ disuelto registrada en el presente muestreo resulta similar a la observada en algunas campañas anteriores y, en términos del porcentaje de saturación, predomina la asociación con temperatura y salinidad, con bastante homogeneidad en la medida en que no se han registrado rangos amplios de dichas variables. Así pues, a pesar de estos matices y de las ligeras diferencias señaladas para las dos zonas, la distribución de O₂ disuelto aparece poco influenciada por otras variables como la concentración de clorofila, la concentración general de nutrientes o la relación entre la concentración de las formas oxidadas y reducidas de los nutrientes nitrogenados o la concentración de carbono orgánico.

Entre las variables citadas anteriormente, la concentración y la distribución de clorofila también se relacionan con el O₂ disuelto y con el pH, en la medida en que el balance entre la fotosíntesis y la respiración modifica la concentración de O₂, y el equilibrio del carbónico y los carbonatos en el agua de mar.

En todas las estaciones de ambas zonas la concentración de clorofila en las aguas superficiales es baja o muy baja, con valores que pueden considerarse residuales aunque normales para la época estival. Por otra parte, aunque se registran algunos incrementos en las aguas subsuperficiales, no se llega al umbral de concentración de 1 µg · L⁻¹ y, por tanto, no aparece bien definido ningún máximo subsuperficial de clorofila. Aparte de por el carácter somero de las estaciones de control, la baja definición del máximo subsuperficial de clorofila resulta acorde con la estratificación termohalina.

El pH, además de los factores bióticos antes señalados, depende principalmente de la alcalinidad específica del agua de mar y, por tanto, de la salinidad. De modo similar a lo apuntado en las campañas de verano anteriores, la distribución de los valores de pH resulta

acorde con las condiciones hidrográficas y con las diferencias apuntadas en la distribución de clorofila y de O₂ disuelto. Así pues, el pH presenta valores que pueden considerarse normales para la zona de estudio y la época de muestreo.

5.1.3. Clorofila

En los apartados anteriores se han adelantado algunos aspectos de la distribución de clorofila. En general, la concentración de clorofila es reducida, y no se alcanza el umbral de 1 µg·L⁻¹ ni en los niveles subsuperficiales de las estaciones de referencia. Esta distribución puede considerarse normal para la situación estival y acorde con la estructura hidrográfica registrada.

5.1.4. Sólidos en suspensión y propiedades ópticas

Para las zonas de Getaria y Mutriku, los valores máximos de transparencia, en términos de la profundidad de visión del disco de Secchi, se registran en las estaciones de referencia con 7 m y 8 m respectivamente, valores menores que los registrados en 2014 y en 2015. Los valores restantes son más altos y homogéneos en la zona de Mutriku (6-7 m) que en la zona de Getaria (3 m en la estación G100 y un incremento hacia la estación de referencia). El mínimo de la estación G100 coincide con el máximo de color y de CAE, pero, recíprocamente, registra otros índices de buena calidad óptica, con el máximo de transmitancia y mínimos de concentración de clorofila, turbidez y sólidos en suspensión.

Con estas salvedades, los valores de turbidez, color o sólidos en suspensión son bastante homogéneos y, aunque en la estación M100 coincide el mínimo de transmitancia con los máximos de turbidez y de sólidos en suspensión, las diferencias son muy reducidas.

En general, como resulta habitual, no se dan correspondencias o relaciones sencillas y netamente definidas entre las distintas variables representativas de las propiedades ópticas como la turbidez, la concentración de sólidos en suspensión o la concentración de clorofila. En esta campaña, la concentración de clorofila tendría nuevamente una influencia reducida debido a la baja concentración registrada en las capas superficiales.

Al contrario de lo observado en las campañas de años anteriores, las propiedades ópticas aparecen algo más afectadas en la zona de Getaria que en la de Mutriku. No obstante, como en los veranos anteriores, resulta difícil considerar unos gradientes de afección bien definidos desde un foco único y puntual. Nuevamente, la distribución de la salinidad como representante de los materiales disueltos y la distribución de material particulado (como

revelan las concentraciones de sólidos en suspensión y los valores de turbidez) indican influencias relativamente difusas, manchas más o menos diferenciadas relacionadas con pulsos de vertido y con la circulación asociada al vaivén de la marea, que se atenúan en un entorno espacial reducido.

En los informes de las campañas anteriores se señalaba que, en general, resulta más probable que se registren mejores propiedades ópticas en la zona de Getaria que en la de Mutriku. Los resultados de la presente campaña resultan una excepción a dicha anotación, en el sentido de que, al menos en transparencia y color, sí hay un punto singular en la estación G100 a partir del cual se da un gradiente de mejora al aumentar la distancia. Por otra parte, en el contexto de las condiciones hidrometeorológicas descritas, la calidad óptica de ambas zonas puede considerarse como buena, sin llegar a la calificación de muy buena, asociada a mejores valores de transparencia, que se apuntaba en 2014 y 2015.

5.1.5. Microbiología

Como puede observarse en la Tabla 3, los máximos más destacables de unidades formadoras de colonias de *E. coli*, se registran en las estaciones G100 y G200. Luego se da una importante dilución hacia G400 y GREF, donde ya sólo se registran valores residuales. La carga bacteriana inicial es algo menor en la estación M50, pero el patrón de dilución es algo más difuso en la zona de Mutriku. Al contrario que el pasado año, y de forma similar a lo observado para la transparencia, el gradiente de dilución aparece algo más definido en la zona de Getaria.

Por otra parte, a diferencia de lo observado en 2015, se han registrado valores bajos, pero no nulos, para las unidades formadoras de colonias de *E. coli* en las estaciones de referencia. Esto resulta acorde con el mayor porcentaje de agua dulce remanente en las aguas superficiales, con más permanencia de las plumas en superficie y menor dilución por mezcla vertical.

Como en algunas campañas anteriores, la asociación entre máximos de densidad bacteriana y máximos de nutrientes no es tan clara como otros casos, en los que las densidades más altas de bacterias coinciden con máximos de la mayoría de los nutrientes y en los que resulta especialmente frecuente la coincidencia de máximos de amonio y fosfato. Por otra parte, sí se mantiene en la estación M50 una asociación más típica entre un máximo relativo de bacterias y valores elevados de nitrógeno y fósforo, con un reparto bastante equilibrado entre formas orgánicas e inorgánicas.

A pesar de que en cada campaña estival pueden apuntarse algunas peculiaridades, se puede seguir considerando un patrón general de distribución, en consonancia con lo expuesto en informes anteriores, acerca de que la densidad de bacterias puede considerarse un trazador del efecto de los vertidos, marcando los gradientes y el patrón de dilución. De hecho, resulta frecuente que en muestras con resultado positivo para *E. coli* se registren también algunos valores singulares de concentración de algunos nutrientes y de carbono orgánico.

En el presente caso los valores máximos registrados en las estaciones G100 y G200 rebasan o se encuentran en el orden del límite establecido para la declaración de calidad buena/suficiente ($500 \text{ UFC} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) del *Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño* (aunque el diseño del muestreo no permite el cálculo de los valores según la metodología descrita en dicho Real Decreto). Para las restantes estaciones de ambas zonas, los valores resultan inferiores al límite para la declaración de calidad excelente ($250 \text{ UFC} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$), aunque el valor de la estación M50 se sitúa en ese orden.

5.1.6. Nutrientes disueltos, totales y carbono orgánico total

Como se ha indicado en el apartado de bacteriología, algunas de las manchas con valores destacables de la densidad de bacterias se asocian a máximos o valores destacados de la concentración de nutrientes. Sin embargo, como en campañas anteriores también habría que considerar el efecto de manchas o plumas y, en general, la ausencia de patrones de dilución bien definidos para algunas variables. En este sentido, la distribución general de los nutrientes registrada en la presente campaña presenta, de nuevo, algunas singularidades, aunque también semejanzas con aspectos apuntados para las campañas de los veranos precedentes.

Nuevamente, en la estación M50, con el máximo de nitrato, se registra un máximo de fosfato y también la concentración más elevada de silicato, pero no destaca la concentración de carbono orgánico total. Estos valores se asocian al máximo de densidad de bacterias en esta zona. Sin embargo, con valores más elevados de concentración de bacterias, las concentraciones de nutrientes en la zona de Getaria son notablemente más bajas.

Así pues, de modo general, pueden mantenerse algunas de las consideraciones apuntadas para las campañas de los años precedentes. En ambas zonas predominan las condiciones regidas por la estacionalidad y las condiciones hidrometeorológicas recientes. Los valores que toman algunas variables indican aportes costeros, tanto de vertidos puntuales como de

fuentes más difusas. A pesar de los valores puntuales señalados, en las condiciones registradas en el muestreo, las concentraciones no son excesivas y no puede hablarse de casos de distrofia ni de eutrofia importante. De hecho, ni se registran concentraciones excesivas de clorofila, ni se observa déficit de O₂.

5.2. Sedimentos

5.2.1. Caracterización sedimentológica

Los resultados de este apartado se presentan en la Tabla 4.

El porcentaje de finos es bajo en la estación G400 (<1%) y moderado en la estación M200 (22%), aunque en ambos casos es dominante la fracción arenosa. En cuanto a la composición granulométrica, respecto a la pasada campaña de 2015, en M200 destaca, precisamente, el incremento en la fracción fangosa (1% en 2015) y la consiguiente disminución de la fracción gravosa (que de 2014 a 2015, ya había pasado del 21% al 10%) y, sobre todo, de la fracción arenosa (del 89% en 2015, al 75% en 2016).

Tabla 4. Parámetros sedimentológicos de carácter general medidos en cada campaña de muestreo, para cada uno de los puntos de muestreo: composición granulométrica: % de las fracciones gravosa, arenosa y fangosa, y de concentración de materia orgánica (MO); y potencial redox (REDOX) medido en mV.

MUESTRA	CAMPAÑA	GRAVAS	ARENAS	FANGOS	MO	REDOX
G400	2009	0,0	99,6	0,4	0,9	278
	2010	0,2	99,4	0,4	1,0	346
	2011	0,0	99,3	0,7	1,4	122
	2012	0,0	94,7	5,3	1,5	179
	2013	0,0	99,6	0,4	2,2	344
	2014	0,0	99,7	0,3	1,9	250
	2015	0,0	99,9	0,1	1,4	256
	2016	0,0	99,4	0,6	1,1	28
M200	2009	44,8	54,1	1,1	1,1	177
	2010	1,4	96,7	1,9	1,6	261
	2011	0,0	96,8	3,2	1,8	73
	2012	9,7	86,7	3,6	5,5	448
	2013	0,1	98,9	0,9	5,8	204
	2014	21,2	73,8	5,1	3,2	81
	2015	9,7	89,4	0,9	1,8	26
	2016	2,6	75,2	22,2	1,9	-15

En muestras de bajo porcentaje en finos resulta habitual encontrar también una concentración de materia orgánica, estimada en términos del porcentaje de peso perdido por

calcinación, igualmente bajo, como ocurre tanto en la muestra G400 (1,1%). Del mismo modo, en M200, a pesar de la concentración moderada de finos, el contenido en materia orgánica sigue siendo moderadamente bajo (1,9%). Destaca la disminución progresiva del porcentaje de materia orgánica en la estación M200 desde valores de 5,5% y 5,8 % en 2012 y 2013, respectivamente (más característico de zonas con fracción fangosa mayor), hasta valores de 1,8% y 1,9% en 2015 y 2016, respectivamente.

Como en campañas anteriores, el potencial redox sigue siendo positivo en la muestra G400, aunque alcanza el valor mínimo de la serie (28 mV), lo que indica el carácter oxidante del sedimento. En cambio, por primera vez desde que se iniciara el seguimiento, el sedimento de la estación M200 presenta potencial redox negativo (-15 mV), indicativo del carácter reductor del sedimento. Habida cuenta de que, a pesar del moderado contenido en fracción fangosa, la concentración de materia orgánica en el sedimento no es especialmente alta, esto podría indicar que se ha producido un enriquecimiento en materia orgánica, con un proceso aeróbico de mineralización más o menos rápido con consumo de oxígeno.

En relación a la composición del sedimento de la estación M200, en pasadas campañas ya se planteó la hipótesis de que los cambios que se habían detectado entre 2009 y 2010-2011, y luego en 2012-2015, y ahora en 2016, no estaban necesariamente relacionadas con el vertido. Por el contrario, probablemente responderían a que la posición en la que se iban tomando las muestras variaba entre campañas. Otra posible hipótesis que explica las diferencias en el contenido de material grueso es la propia hidrodinámica, que puede haber desplazado dicho material, el cual, probablemente proviene de la escollera del dique de protección de la dársena exterior del puerto o está relacionado con las nuevas estructuras construidas para la instalación de obtención de energía a partir del oleaje.

Por otro lado, destaca la disminución de la concentración de materia orgánica medida en la estación M200 respecto a las medidas en 2012-2014. En la primavera de 2012 se instaló, al abrigo del dique exterior, una jaula para cultivos piloto. Aunque no se introdujo pescado hasta octubre, en la red crecieron algas y fauna incrustante que pudieron ejercer como foco de atracción de pescado, lo cual pudo contribuir al enriquecimiento orgánico. Posteriormente, la instalación contuvo pescado hasta finales de la primavera de 2013, lo cual también pudo haber contribuido al enriquecimiento. Además, en el control del cultivo se había detectado un enriquecimiento orgánico, aunque se había limitado al área que quedaba justo debajo de la instalación. En el informe correspondiente a la campaña de 2013 se indicaba que, una vez desmantelada la jaula, era importante mantener la vigilancia para comprobar si, efectivamente, la concentración de materia orgánica volvía a reducirse o si la

fuente de materia orgánica era otra. En la presente campaña, como ya se ha indicado, se ha mantenido el contenido en materia orgánica, lo que podría confirmar que los cambios en el contenido en materia orgánica podrían estar relacionados con la jaula, sin embargo, se ha producido una importante disminución del potencial redox, lo que podría indicar un mayor consumo del oxígeno presente en el agua intersticial del sedimento, que pudiera estar relacionado con un aporte reciente de materia orgánica ya mineralizada.

5.2.2. Contenido en metales pesados

Los resultados de este apartado se presentan en la Tabla 5.

En el apartado anterior se ha constatado que el porcentaje de finos es bajo en la muestra G400 y moderado en la muestra M200. Tal y como se ha comentado en informes anteriores, esto supone que, incluso si dichos finos retuvieran altas concentraciones de metales pesados, la carga total de metal sería relativamente baja. Este aspecto no es raro, sobre todo en casos en los que los finos presentes en áreas fundamentalmente arenosas proceden del transporte desde zonas de manejo de materiales fuertemente contaminados (depósitos de residuos metalúrgicos, zonas de vertido de material de dragados portuarios, etc.).

Tabla 5. Concentración de metales pesados en la fracción fina de las muestras de sedimento. Todos los datos se expresan en mg kg⁻¹. Referencia: valores de referencia para la costa vasca, basados en Rodríguez *et al.* (2006); NBT: nivel bajo de toxicidad (Long *et al.*, 1995); NMT: nivel medio de toxicidad (Long *et al.*, 1995).

ESTACIÓN	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Hg	As	Zn	Mn	Fe
G400	<0,1	11	16	14	16	<0,10	11	73	300	21.988
M200	<0,1	16	12	14	17	<0,10	12	85	229	23.625
Referencia	0,24	33	26	29	31	0,13	12	147	240	32.000
NBT	1,2	34	81	21	47	0,15	-	150	-	-
NMT	9,6	270	370	52	220	0,71	-	410	-	-

Para el presente caso, en comparación con los valores de referencia señalados en la Tabla 5, prácticamente todas las concentraciones de metales determinadas se sitúan por debajo de dichos valores. Son excepción el ligero enriquecimiento, respecto a los niveles de referencia calculados por Rodríguez *et al.* (2006) para la costa vasca, en la concentración de Mn en la estación G400, y la concentración de As en M200, que es igual al valor de referencia.

Respecto a la campaña de 2015, las concentraciones de metales en la presente campaña son menores en ambas estaciones, excepto para el Zn en la estación G400, y Cu, Mn y Fe en la estación M200. En cualquier caso, las diferencias no son importantes, destacando, en todo caso, la disminución de más del 50% en las concentraciones del Cr (de 36 mg kg⁻¹ a 16 mg

kg⁻¹ en G400, y de 29 mg kg⁻¹ a 12 mg kg⁻¹ en M200). También destaca que, como en la pasada campaña de 2015, las concentraciones de Cd y de Hg se encuentren por debajo del límite de cuantificación en ambas estaciones.

Probablemente, tal y como se comentaba en los informes correspondientes a las pasadas campañas de 2014 y de 2015, los pocos cambios sustanciales en la concentración de metales se deben a la heterogeneidad espacial (y a que las muestras no se han tomado exactamente en los mismos puntos que las pasadas campañas) más que a un cambios reales de las concentraciones de metales de las zonas analizadas.

En cualquier caso, como ya se ha comentado previamente, a la baja carga de metales que implica la escasa proporción de fracción fina en los sedimentos puede añadirse, como factor destacable, que las concentraciones registradas en dicha fracción no superan un factor de enriquecimiento de 2 respecto a valores de referencia calculados para sedimentos de la costa vasca en muestras de fracción fina (analizadas por un método de extracción comparable al utilizado en las determinaciones realizadas para este estudio). En cualquier caso, sería improbable que el origen de los metales pesados sean los vertidos provenientes de la depuración de aguas residuales urbanas.

Por último, para estimar la calidad de los sedimentos según sus posibles efectos sobre la biota, se pueden tomar también los valores de referencia recopilados por Long *et al.* (1995). Actualmente, dichos valores se incluyen con frecuencia en programas de regulación y para dar respuesta en asuntos de gestión medioambiental. Se trata de concentraciones de compuestos químicos en sedimento estimados con objeto de predecir posibles efectos biológicos adversos en caso de que sean superados (Wenning e Ingersoll, 2002). Tales valores fueron obtenidos a partir de numerosos trabajos basados en la medición de compuestos químicos y en la cuantificación de sus efectos biológicos correspondientes. De esta forma, se establecen dos niveles de toxicidad:

- **Nivel bajo de toxicidad (NBT):** corresponde al percentil 10 del mencionado trabajo, valor por debajo del cual los efectos biológicos son raros.
- **Nivel medio de toxicidad (NMT):** corresponde al percentil 50 y es aquel valor por encima del cual los efectos biológicos son frecuentes.

Los valores de referencia se muestran en la Tabla 5. Comparados con las concentraciones determinadas a partir de la fracción fina del sedimento de este estudio, se deduce que ningún metal supera el valor NBT en ninguna de las dos estaciones de estudio, por lo que no es probable que tales concentraciones supongan efectos biológicos adversos.

6. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

Las condiciones hidrográficas registradas en la presente campaña se ajustan bien a las esperables para las fechas del muestreo. En este contexto estacional e hidrometeorológico, los índices de la potencial influencia de los vertidos presentan algunas peculiaridades, pero también bastantes similitudes con lo observado en las campañas de los años precedentes, tanto en los rangos observados en distintas variables, como en algunos aspectos de su distribución.

Nuevamente, se han observado asociaciones de valores singulares de algunas variables y, a partir de esa singularidad, gradientes de dilución o mejora bastante regulares. También puede señalarse una cierta irregularidad en la distribución de los nutrientes, con dualidad entre concentraciones bajas, o inferiores a las esperables, y valores notablemente altos. Estos máximos, asociados también a máximos de bacterias, denotan aportes puntuales de cierta importancia.

Considerando en conjunto los aportes de nutrientes y materia orgánica, los valores máximos de concentración no resultan excesivos y afectan a un entorno relativamente reducido. Aunque en algunas estaciones se da un desequilibrio relativo entre las distintas formas de los nutrientes, no puede hablarse de casos de distrofia, ni de eutrofia importante. De hecho, ni se registran concentraciones excesivas de clorofila ni se observa déficit de oxígeno.

Para las propiedades ópticas y las variables relacionadas, la mayoría de los valores indican una baja alteración local y transitoria y, a la vez, un gradiente relativamente rápido de amortiguación. Teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas precedentes y la distribución de salinidad en superficie, la calidad óptica en ambas zonas puede calificarse como buena.

Así pues, aunque puedan considerarse diferencias entre las dos zonas de estudio, con alternancia respecto a la presencia de mayor o menor número de valores o índices desfavorables, en ambas zonas predominan la distribución y los rangos de valores asociados a aspectos estacionales, hidrográficos y morfológicos para las variables consideradas en el estudio de caracterización de la columna de agua.

En cuanto a los sedimentos, la baja proporción de finos indica una dinámica activa en la zona de Getaria y el predominio del transporte frente a la sedimentación. En cambio, en la zona de Mutriku parece que pudiera haberse producido un episodio de sedimentación de

cierta importancia. Los sedimentos presentan carácter reductor únicamente en la zona de Mutriku. Tanto de forma general, como en lo referente a la fracción fina, en ninguna de las dos zonas estudiadas se observan indicios de contaminación por metales, no detectándose cambios importantes, respecto a la pasada campaña de 2015 en la concentración de metales. Además, ningún metal supera un factor de enriquecimiento de 2 respecto a los valores de referencia calculados para la costa vasca, ni tampoco se alcanzan los niveles bajos de toxicidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 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, A.; ORIVE, E.; MANZANOS, A. (en elaboración). *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 de AZTI para la Agencia Vasca del Agua.
- FONTÁN, A.; VALENCIA, V.; LARRETA, J.; FRANCO, J. 2009. *Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku*. Informe Técnico elaborado por AZTI-Tecnalia para el Departamento de Desarrollo Sostenible de la Diputación Foral de Gipuzkoa. 30 pp. + Anexos.
- GRASSHOFF, K.; EHRAHARDT, M.; KREMLING, K. (Eds). 1983: *Methods of Seawater Analysis* (2ª Edición). Verlag Chemie, Weinheim XXVIII, 419 pp.
- HOLME, N.A.; MCINTYRE, A.D. 1971. *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 387 pp.
- LONG, E.R.; MACDONALD, D.D.; SMITH, S.L.; CALDER, F.D. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19: 81-97.
- LORING, D.H.; RANTALA, R.T.T. 1992. *Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter*. Earth-Sciences Review, 32: 235-283.
- MUXIKA, I.; VALENCIA, V. 2010. *Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku*. Informe Técnico elaborado por AZTI-Tecnalia para el Departamento de Desarrollo Sostenible de la Diputación Foral de Gipuzkoa. 31 pp. + Anexos.
- MUXIKA, I.; VALENCIA, V. 2011. *Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku*. Informe Técnico elaborado por AZTI-Tecnalia para el Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Diputación Foral de Gipuzkoa. 33 pp. + Anexos.
- MUXIKA, I.; VALENCIA, V. 2012. *Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku - 2012*. Informe Técnico elaborado por AZTI-Tecnalia

para el Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Diputación Foral de Gipuzkoa. 30 pp. + Anexos.

MUXIKA, I.; VALENCIA, V. 2013. *Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku - 2013*. Informe Técnico elaborado por AZTI-Tecnalia para el Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Diputación Foral de Gipuzkoa. 28 pp. + Anexos.

MUXIKA, I.; VALENCIA, V. 2014. *Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku - 2014*. Informe Técnico elaborado por AZTI-Tecnalia para el Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Diputación Foral de Gipuzkoa. 28 pp. + Anexos.

MUXIKA, I.; MENCHACA, I.; VALENCIA, V. 2015. *Control de las aguas receptoras de los vertidos de las zonas costeras de Getaria y Mutriku - 2015*. Informe Técnico elaborado por AZTI para el Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa. 28 pp. + Anexos.

RODRÍGUEZ, J.G.; TUEROS, I.; BORJA, Á.; BELZUNCE, M.J.; FRANCO, J.; SOLAUN, O.; VALENCIA, V.; ZUAZO, A. 2006. Maximum likelihood mixture estimation to determine metal background values in estuarine and coastal sediments within the *European Water Framework Directive*. *Science of the Total Environment*, 370: 278-293.

WENNING, R.J.; INGERSOLL, G.C. 2002. *Summary of the Setac Pellston Workshop on the Use of Sediment Quality Guidelines and Related Tools for the Assessment of Contaminated Sediments*. 17-22 August 2002. Fairmont, Montana, USA. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Pensacola, FL, USA. 45 pp.

8. ANEXO I. DATOS HIDROGRÁFICOS

Listado, metro a metro, de los datos tomados mediante CTD en cada estación.

Prof.: profundidad de la columna de agua; Temp.: Temperatura; Sal.: Salinidad; ST: Sigma Theta o exceso de densidad ($\rho-1000$)¹; Trans.: transmitancia o porcentaje de luz transmitida; PAR: radiación fotosintéticamente activa que incide en el nivel indicado; Cl "a": Clorofila "a"; [O₂]: concentración de oxígeno disuelto; Sat. O₂: porcentaje de saturación de oxígeno.

¹ Sigma Theta o exceso de densidad: es la diferencia entre la densidad real medida y la densidad del agua líquida a 1 atm de presión y a 4 °C de temperatura (1000 kg m⁻³). Está relacionada con la temperatura, la salinidad y la presión, e indica, en cierta manera, la flotabilidad de la masa de agua respecto al agua dulce.

***CAMPAÑA DE AGOSTO DE 2016
(29/08/2016) EN GETARIA***

Estación G100									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,424	34,220	23,506	83,53	408,6	0,18	4,95	100	8,12
2	22,401	34,249	23,535	83,15	313,0	0,18	4,91	99	8,12
3	22,406	34,248	23,533	82,91	254,7	0,19	4,85	98	8,11
4	22,413	34,249	23,532	82,63	191,0	0,22	4,82	97	8,11
5	22,418	34,249	23,530	82,06	74,9	0,24	4,81	97	8,12

Estación G200									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,431	34,239	23,519	82,64	201,0	0,23	4,90	99	8,12
2	22,417	34,241	23,525	82,64	178,1	0,24	4,91	99	8,12
3	22,409	34,243	23,528	82,74	171,0	0,24	4,91	99	8,12
4	22,401	34,246	23,533	83,00	166,1	0,25	4,91	99	8,12
5	22,394	34,248	23,537	83,04	173,3	0,26	4,90	99	8,12
6	22,387	34,252	23,541	82,95	172,0	0,26	4,92	99	8,12
7	22,394	34,256	23,542	82,76	169,1	0,25	4,93	99	8,12
8	22,400	34,260	23,544	82,61	154,9	0,28	4,95	100	8,13
9	22,407	34,265	23,545	82,62	136,9	0,32	4,95	100	8,13
10	22,406	34,272	23,552	82,46	121,1	0,37	4,95	100	8,13
11	22,345	34,285	23,578	82,51	104,3	0,43	4,96	100	8,13

Estación G400									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,438	34,236	23,515	82,44	240,7	0,33	4,90	99	8,13
2	22,428	34,239	23,519	81,93	215,2	0,34	4,91	99	8,13
3	22,403	34,242	23,529	82,12	186,8	0,36	4,94	99	8,12
4	22,391	34,246	23,535	82,64	167,2	0,38	4,95	100	8,12
5	22,397	34,252	23,539	82,57	152,1	0,34	4,94	99	8,12
6	22,405	34,258	23,541	82,48	134,7	0,36	4,94	99	8,13
7	22,408	34,262	23,543	82,30	121,1	0,41	4,94	100	8,13
8	22,408	34,266	23,546	82,20	103,2	0,45	4,95	100	8,13
9	22,406	34,268	23,548	82,26	89,9	0,50	4,95	100	8,13
10	22,402	34,269	23,551	82,32	78,3	0,51	4,95	100	8,13
11	22,371	34,282	23,569	82,61	68,0	0,52	4,95	100	8,14
12	22,330	34,290	23,587	83,05	58,9	0,51	4,96	100	8,14
13	22,304	34,304	23,604	83,11	52,0	0,52	4,97	100	8,13
14	21,380	34,641	24,117	82,65	46,1	0,53	5,03	100	8,13

Estación GREF									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,381	34,262	23,550	82,14	196,1	0,37	4,94	99	8,13
2	22,380	34,261	23,550	82,10	179,6	0,39	4,93	99	8,13
3	22,381	34,263	23,551	82,18	161,7	0,39	4,93	99	8,13
4	22,379	34,265	23,553	82,20	153,9	0,41	4,94	99	8,13
5	22,381	34,266	23,554	82,29	145,2	0,43	4,94	99	8,13
6	22,386	34,268	23,553	82,37	124,4	0,44	4,94	100	8,13
7	22,390	34,268	23,553	82,46	109,5	0,47	4,95	100	8,13
8	22,393	34,268	23,552	82,54	92,5	0,48	4,95	100	8,13
9	22,388	34,271	23,556	82,57	80,4	0,48	4,94	100	8,14
10	22,360	34,281	23,571	83,09	70,6	0,48	4,95	100	8,14
11	22,229	34,323	23,640	83,79	60,9	0,48	4,97	100	8,14
12	21,530	34,508	23,974	83,57	52,9	0,49	5,03	100	8,13
13	19,516	34,752	24,699	82,79	46,6	0,47	5,06	97	8,12
14	18,662	34,887	25,021	82,79	39,9	0,43	4,97	94	8,11
15	18,286	34,916	25,137	82,66	33,5	0,51	4,94	93	8,10
16	17,953	34,993	25,279	82,64	28,5	0,63	5,00	93	8,10
17	17,477	35,019	25,415	82,77	25,4	0,67	5,07	94	8,10
18	16,266	35,424	26,014	82,51	21,4	0,71	5,17	93	8,09

***CAMPAÑA DE AGOSTO DE 2016
(29/08/2016) EN MUTRIKU***

Estación M50									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,579	34,273	23,503	82,14	124,0	0,45	4,72	95	8,12
2	22,528	34,284	23,526	82,67	104,4	0,46	4,73	96	8,12
3	22,516	34,287	23,531	82,93	92,9	0,46	4,77	96	8,12
4	22,515	34,288	23,532	82,99	83,1	0,46	4,81	97	8,12
5	22,510	34,289	23,535	82,97	74,9	0,47	4,84	98	8,12
6	22,455	34,302	23,560	81,57	66,4	0,43	4,84	98	8,12

Estación M100									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,611	34,276	23,496	81,71	132,0	0,49	4,81	97	7,89
2	22,597	34,277	23,501	81,73	109,7	0,51	4,81	97	7,89
3	22,533	34,284	23,524	82,10	95,8	0,52	4,80	97	7,89
4	22,502	34,289	23,537	82,52	89,4	0,51	4,80	97	7,89
5	22,497	34,293	23,541	82,64	80,9	0,47	4,82	97	7,90
6	22,450	34,303	23,562	82,78	72,7	0,51	4,86	98	7,90
7	22,333	34,326	23,613	82,54	64,6	0,50	4,87	98	7,90
8	22,116	34,360	23,700	79,87	57,8	0,50	4,83	97	7,89
9	22,000	34,366	23,737	77,72	48,8	0,46	4,71	94	7,89
10	21,907	34,382	23,775	77,60	40,6	0,42	4,63	92	7,88

Estación M200									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,596	34,274	23,499	82,79	154,8	0,42	4,68	95	8,14
2	22,599	34,278	23,501	82,37	126,7	0,39	4,70	95	8,14
3	22,592	34,280	23,504	82,61	108,8	0,47	4,77	96	8,15
4	22,567	34,291	23,520	82,80	94,5	0,50	4,79	97	8,15
5	22,518	34,295	23,537	82,67	84,3	0,47	4,81	97	8,15
6	22,477	34,304	23,555	82,69	74,1	0,55	4,82	97	8,15
7	22,387	34,318	23,591	82,79	64,6	0,54	4,83	97	8,15
8	22,316	34,330	23,621	82,35	57,0	0,51	4,83	97	8,15
9	22,217	34,342	23,658	82,07	49,6	0,51	4,83	97	8,15
10	22,110	34,360	23,701	81,53	43,0	0,53	4,81	96	8,15
11	21,860	34,405	23,805	81,53	37,1	0,52	4,79	96	8,15
12	21,261	34,505	24,047	80,03	31,9	0,49	4,80	95	8,14
13	20,380	34,639	24,387	77,26	26,7	0,41	4,72	92	8,13
14	19,960	34,730	24,567	76,69	22,1	0,39	4,59	89	8,12

Estación MREF									
Prof. (m)	Temp. (° C)	Sal. (USP)	ST (kg m ⁻³)	Trans. (%)	PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Cl "a" (μg L ⁻¹)	[O ₂] (mL L ⁻¹)	Sat. O ₂ (%)	pH
Superficie	22,532	34,259	23,506	82,01	139,9	0,50	4,79	97	8,12
2	22,541	34,266	23,508	82,05	120,7	0,51	4,79	97	8,12
3	22,544	34,271	23,511	82,22	118,0	0,54	4,79	97	8,12
4	22,530	34,276	23,519	82,44	114,8	0,57	4,81	97	8,12
5	22,486	34,287	23,540	82,90	108,5	0,57	4,82	97	8,12
6	22,451	34,297	23,557	83,46	99,8	0,47	4,81	97	8,12
7	22,439	34,295	23,560	84,25	88,4	0,44	4,82	97	8,12
8	22,426	34,297	23,564	84,43	79,5	0,38	4,79	97	8,12
9	22,404	34,300	23,573	84,40	70,9	0,32	4,80	97	8,12
10	22,390	34,304	23,580	84,28	63,1	0,32	4,81	97	8,12
11	22,315	34,324	23,617	83,85	54,8	0,34	4,81	97	8,13
12	22,009	34,371	23,738	83,69	48,4	0,40	4,84	97	8,13
13	21,794	34,419	23,835	83,64	42,2	0,43	4,83	96	8,13
14	20,857	34,612	24,238	82,38	37,5	0,42	4,88	96	8,12