

Manual de diseño de los programas de control del estado de las aguas costeras y de transición.



2007

Este manual ha sido realizado por la empresa Iproma S.L. bajo la supervisión de la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

Coordinador:

Javier Cachón de Mesa

Autores:

Ana Ruiz Sierra
Itxaso Carranza Egaña

Con la colaboración de las Comunidades Autónomas de Andalucía, Asturias, Cantabria, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia, Islas Baleares, Islas Canarias Murcia, País Vasco, y las Ciudades Autónomas Ceuta y Melilla.

Foto portada: Costa de Llanes (Asturias).

Cualquier comentario sobre este documento debe remitirse a:

jcachon@mma.es

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. OBJETIVOS	5
2. CRITERIOS GENERALES APLICABLES A LOS PROGRAMAS DE CONTROL. 6	6
2.1. ACTUACIONES PRELIMINARES	8
2.1.1. <i>Definición del ámbito de aplicación</i>	8
2.1.2. <i>Estudio de Presiones e Impactos</i>	8
2.1.3. <i>Objetivos Medioambientales</i>	9
2.1.4. <i>Programas de Control Anteriores</i>	9
2.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROGRAMA	10
2.3. SELECCIÓN DE INDICADORES	10
2.4. DISEÑO DE MUESTREO	17
2.4.1. <i>Definición de la Periodicidad del Muestreo</i>	18
2.4.2. <i>Selección de las Estaciones de Muestreo</i>	20
2.4.3. <i>Selección del Tipo de Muestras</i>	26
2.4.4. <i>Tamaño y Número de Muestras</i>	27
2.4.5. <i>Establecimiento de las Metodologías de Muestreo</i>	30
2.5. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	30
2.6. PROCESADO DE DATOS.....	30
2.7. TÉCNICAS DE CONTROL Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE RESULTADOS	31
2.8. VALORACIÓN DE RESULTADOS	32
3. PROGRAMAS DE CONTROL.....	34
3.1. PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA	36
3.2. PROGRAMA DE CONTROL OPERATIVO	47
4. GENERACIÓN DE INFORMES Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	56
5. BIBLIOGRAFÍA.....	59

TABLAS

Tabla 1. Tipología de indicadores.....	12
Tabla 2. Propuesta de parámetros en Aguas de Transición para la valoración de los indicadores de calidad del Anexo V de la Directiva. Los indicadores mínimos recomendados por las guías europeas para la implementación de la DMA se muestran en cursiva en rojo.....	13
Tabla 3. Propuesta de parámetros en Aguas Costeras para la valoración de los indicadores de calidad del Anexo V de la Directiva. Los indicadores mínimos recomendados por las guías europeas para la implementación de la DMA se muestran en cursiva en rojo.	14
Tabla 4. Frecuencias de control establecidas por la DMA para los indicadores de aguas costeras y de transición.....	18
Tabla 5. Métodos de selección de la localización de los puntos de muestreo (Davis, 2001).	23
Tabla 6. Información relativa a las estaciones de muestreo.	24
Tabla 7. Tipo de muestras.	27
Tabla 8. Propuesta de parámetros mínimos en Aguas de Transición para el Programa de Control de Vigilancia.....	38
Tabla 9. Propuesta de parámetros mínimos en Aguas Costeras para el Programa de Control de Vigilancia.	39
Tabla 10. Frecuencias mínimas de muestreo establecidas por la DMA (Anexo V).....	41
Tabla 11. Listado de sustancias prioritarias. Decisión nº 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de noviembre de 2001.....	49
Tabla 12. Propuesta de contaminantes a controlar en aguas costeras y de transición siempre que se viertan en las masas de agua, independientemente de las concentraciones y cantidades vertidas.	50
Tabla 13. Información a incorporar en la memoria del diseño del programa y actividades realizadas.	57
Tabla 14. Documentos de resultados que deben incluirse en los Programas de Control de Vigilancia y Programa de Control Operativo.	58

ANEXOS:

- Anexo 1 - Resumen de los programas de control
- Anexo 2 – Métodos de muestreo y conservación

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El medio acuático es un sistema cambiante por naturaleza. Los ecosistemas sufren variaciones debido a perturbaciones tanto de origen antrópico como natural. Por lo tanto, debe comprobarse periódicamente el estado de los ecosistemas, a pesar de que se haya realizado con anterioridad un estudio exhaustivo de caracterización del medio y se tenga constancia de que las presiones que dicho medio soporta no han variado. Asimismo, resulta importante controlar las perturbaciones en el medio con el fin de explicar, predecir y, en algunos casos, reducir las consecuencias y cambios perjudiciales que se produzcan. Por estos motivos, diversas directivas europeas destinadas a la gestión del medio ambiente obligan a establecer Programas de Control y Vigilancia, así como a informar periódicamente de sus resultados a los órganos europeos correspondientes.

En el caso particular de la gestión del agua, la Directiva 2000/60/CE, comúnmente conocida como Directiva Marco del Agua (DMA), en su artículo 8 y Anexo V, obliga a los estados miembros a establecer un “programa de seguimiento del estado de las aguas superficiales” entre las que se incluyen los ríos, lagos, aguas costeras y aguas de transición. En España las Comunidades Autónomas son las autoridades competentes para establecer e implementar los programas de control y vigilancia de las aguas costeras y de transición. La Dirección General de Costas es el órgano de la Administración General del Estado encargado de coordinar y recopilar estos programas, mientras que el interlocutor ante la Comisión Europea es la Dirección General del Agua. De acuerdo con los plazos establecidos por la directiva, dichos programas deberían estar listos a partir del 2006 como fecha límite.

Dado el esfuerzo que supone la puesta en marcha de los programas de control que se derivan de la DMA, y las circunstancias particulares de cada Comunidad Autónoma (recursos técnicos, económicos, existencia de otros programas de control, etc), actualmente existen importantes diferencias entre los diseños de programas, protocolos de aplicación, tiempos de implantación y resultados de los mismos. Además, la propia directiva procede de un conjunto de propuestas consensuadas donde tienen cabida distintas interpretaciones. Como consecuencia, los datos de las diferentes Comunidades Autónomas son difícilmente comparables, el proceso de integración de los resultados a nivel estatal es muy complicado, y resulta complejo ofrecer una visión global del estado de las aguas españolas en el informe

nacional que el estado debe remitir a Europa. Por tanto, surge la necesidad de establecer una guía que unifique los criterios de diseño y procedimientos de aplicación de los programas de control y vigilancia ambiental. Asimismo, dichos programas deberán ajustarse a las características de aguas costeras y de transición, de acuerdo con los principios de la DMA.

Con el presente documento la Dirección General de Costas trata de dar respuesta a dicha necesidad elaborando un manual de diseño de los programas de control y vigilancia ambiental.

1.2. Objetivos

El objeto principal de este documento es establecer un procedimiento de diseño y aplicación de los programas de control establecidos por la Directiva 2000/60/CE para las aguas costeras y de transición. El motivo del desarrollo de este manual es la necesidad de obtener una visión general de los resultados de los programas de control de las aguas costeras y de transición españolas, para lo cual es imprescindible que los datos aportados por las diferentes comunidades autónomas sean comparables.

De forma detallada, los objetivos específicos de este documento son:

- ✓ Establecer las bases y criterios generales para el diseño de los programas de control de calidad de aguas costeras y de transición.
- ✓ Mejorar el tratamiento de los resultados de control para la toma de decisiones y en concreto para el desarrollo de planes y programas.
- ✓ Conseguir que la información obtenida de los programas de los distintos organismos competentes sea homogénea y comparable para poder mantener un sistema de información de calidad de las aguas costeras y de transición a nivel nacional.
- ✓ Facilitar la elaboración de documentación e información exigida por la Comisión Europea y demás organismos internacionales.

2. CRITERIOS GENERALES APLICABLES A LOS PROGRAMAS DE CONTROL

El diseño de un programa de control y vigilancia ambiental requiere la discusión y definición de los siguientes aspectos: definición de los objetivos específicos del programa, selección de las variables indicadoras, diseño del muestreo, selección de las metodologías y protocolos de análisis de las muestras, procesado de los datos, evaluación de los objetivos y diseño e implementación de bases de datos (BBDD) y sistemas de información geográfica (SIG). Las BBDD y los SIGs representan una herramienta clave a la hora de integrar los sistemas de almacenamiento y gestión de datos, lo que permite facilitar y optimizar la transferencia y control de la calidad de la información entre las diversas etapas abordadas en el diseño y funcionamiento del programa.

En este sentido, en el proceso de información a Europa (reporting) de acuerdo al articulado de la DMA, la solicitud de la información a las autoridades competentes desde la Comisión reclama los datos en formato de base de datos y SIG. Asimismo, los resultados de la aplicación de la DMA se incorporan al “Sistema de Información sobre el Agua en Europa” más conocido como WISE. Dicho sistema representa una gran base de datos donde se recopila información a nivel europeo sobre el agua de forma exhaustiva.

Sin embargo, a pesar de que se haga referencia en numerosas ocasiones a las BBDDs y a los SIGs, no es el objetivo de este documento abordar su diseño.

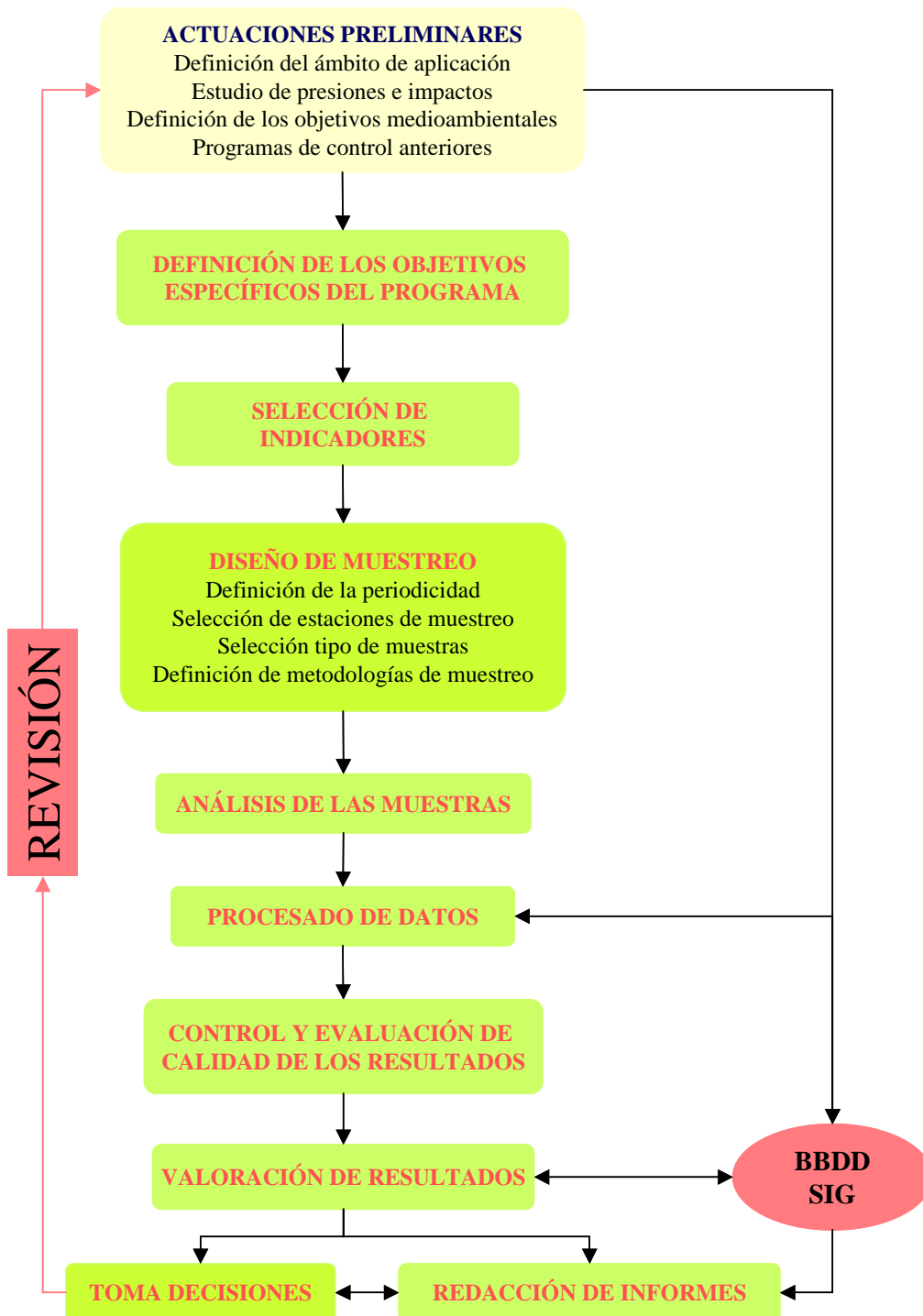


Figura 1. Elementos de un programa de control.

2.1. Actuaciones Preliminares

A la hora de establecer un programa de control, antes de abordar el diseño del programa, se debe realizar una labor de recopilación o, en su defecto, generación de cierta información. Dicha información debe incluir la delimitación del entorno o ámbito de aplicación del programa, el estudio de presiones e impactos de dicho entorno, la definición de los objetivos medioambientales establecidos para las masas de agua incluidas en el programa y los resultados de programas de control anteriores.

2.1.1. Definición del ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación incluye todas las masas de agua que son objeto de control. Éstas han sido identificadas y delimitadas con anterioridad en el proceso de aplicación de la Directiva Marco del Agua, por lo que este punto sólo conlleva una labor de recopilación de información. Sin embargo, representa una etapa clave, ya que buena parte del diseño del programa se sustenta en las características propias de las unidades incorporadas en el programa. Su delimitación exacta debe incluirse en el sistema de almacenamiento y gestión de la información, constituida por una base de datos asociada a un sistema de información geográfica.

De acuerdo con la directiva, todas las masas de agua deben estar incluidas en, al menos, un programa de control de vigilancia, que permita realizar un seguimiento del estado de las mismas. Sin embargo, se diseñarán otros tipos de programas de control en los que no es necesario incluir la totalidad de las masas de agua identificadas (programa de control operativo, programa de control de investigación y programa de control de zonas protegidas) y que dependerán de las características específicas de las masas de agua y del estudio de presiones e impactos.

2.1.2. Estudio de Presiones e Impactos

El artículo 5 y Anexo II de la DMA obligan a llevar a cabo una identificación y evaluación de presiones y una evaluación de los impactos en sus masas de agua. En el programa de control deben recopilarse los resultados de este estudio, incluyendo las características de las presiones identificadas, la valoración de presiones e impactos, el registro de masas de agua en riesgo y en estudio, así como la información adicional relacionada (datos de emisión, propiedades de las sustancias contaminantes, etc.)

El objeto de incorporar y analizar los resultados del estudio de presiones e impactos es definir una estrategia del programa de control y unos objetivos lo más concisos posibles, con el fin de optimizar el programa y reducir los costes económicos, de tiempo y de personal. En general, incorporar los datos de este informe permitirá una mejora en la selección de las variables indicadoras, estaciones de muestreo, número de muestras, frecuencias de muestreo, etc. Permitirá establecer cuáles son las zonas sobre las que se debe incidir, como las zonas problemáticas (en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales) y las áreas con las principales fuentes de vertido, realizando una labor menos intensiva en las áreas no problemáticas (no en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales).

2.1.3. Objetivos Medioambientales

Para cada masa de agua deben haberse definido una serie de objetivos medioambientales (DMA, artículo 4) que se deben recoger como documentación previa al diseño del programa de control de las masas de agua. Como mínimo se establecerá que una masa de agua no debe reducir su grado de calidad, sin perjuicio de que se puedan plantear objetivos de mejora. Esta información será determinante a la hora de definir los objetivos del programa de control, ya que junto con el informe de presiones e impactos, permitirá decidir qué variables indicadoras serán las más adecuadas para realizar el control, cuáles serán los criterios de valoración de los resultados...

2.1.4. Programas de Control Anteriores

La Directiva Marco del Agua establece que los Programas de Control deben ser revisados cada Plan Hidrológico de Cuenca (6 años). La incorporación de la información y resultados de los programas de control precedentes permite realizar una labor de mejora continua y optimización de los programas de control. La disponibilidad de series temporales cada vez más extensas también facilita la detección de cambios a medio y largo plazo en el medio acuático.

2.2. Definición de los Objetivos Específicos del Programa

La definición de los objetivos específicos representa la primera de las tareas propias a desarrollar en el diseño del programa. Evidentemente las decisiones tomadas en este punto condicionarán de forma importante las tareas posteriores.

Los objetivos de un programa de control están íntimamente relacionados con los objetivos genéricos de su puesta en marcha (apartado 3 del presente documento), así como con la información recopilada del estudio de presiones e impactos, los objetivos medioambientales establecidos para las masas de agua objeto de análisis y los resultados obtenidos en programas anteriores.

Los objetivos del programa de control deben concretarse para cada masa de agua identificada. Además, siempre que sea posible, deben expresarse, en términos de parámetros o índices.

En el caso de que en el ámbito de aplicación del programa existan zonas que están afectadas por algún tipo de figura de protección, deberán recogerse los objetivos medioambientales que se dispongan en los actos legislativos por los que esos espacios han sido declarados como protegidos.

2.3. Selección de Indicadores

Es uno de los puntos de mayor trascendencia, ya que condiciona la eficacia del programa de control.

En general, la selección de indicadores debe plantearse independientemente para cada masa de agua y dentro de cada masa de agua para dos compartimentos: el medio pelágico y el medio bentónico. Además, dicha selección debe estar condicionada por las características propias de cada masa de agua. La selección de dichas variables, debe realizarse en función de:

- ✓ la categoría de la masa de agua (costera o de transición),
- ✓ si está modificada o no,
- ✓ el tipo de ambiente (pelágico, bentónico),

- ✓ los objetivos específicos que se hayan establecido para cada masa de agua,
- ✓ las presiones a las que la masa de agua esté sujeta: se seleccionarán aquellas variables indicativas del elemento de calidad más sensible a las presiones identificadas,
- ✓ los errores que determinen: se seleccionarán aquellas variables que supongan errores pequeños y bien conocidos,
- ✓ sus condiciones de referencia: preferiblemente se seleccionarán aquellas variables cuyas condiciones de referencia estén claramente establecidas.

Las variables seleccionadas se pueden agrupar en tipos de indicadores de acuerdo con las funciones que tiene el programa. La asignación de los indicadores a estos tipos es variable, dependiendo de las características particulares de cada masa de agua y los objetivos específicos del programa. Los grupos de indicadores son los siguientes:

TIPO DE INDICADOR	FUNCIÓN	EJEMPLOS
Indicadores de cumplimiento	Comprobar que se cumplen las condiciones y objetivos de calidad establecidas	Oxígeno disuelto o turbidez en el caso del agua, y la presencia y concentración de sustancias tóxicas para los sedimentos
Indicadores de alerta	Anticipar los efectos inaceptables de la contaminación	Concentración de clorofila "a", pH, aceites y grasas, detergentes... para la calidad de las aguas y la estructura de las comunidades bentónicas para los fondos (desaparición de especies sensibles, aparición de oportunistas, reducciones en los índices de riqueza y diversidad, etc)
Indicadores de diagnóstico	Caracterizar el origen del incumplimiento	Temperatura y salinidad en el caso de las aguas, y granulometría, materia orgánica, carbono orgánico total y fósforo total para los fondos.
Indicadores de control	Utilizados cuando los indicadores de alerta exceden un determinado valor	Concentración de nutrientes, sólidos en suspensión...

Tabla 1. Tipología de indicadores.

Se recomienda que la selección de variables o parámetros asociados a los indicadores de calidad se realice entre los indicados a continuación, que corresponden con la propuesta de las guías europeas de "monitoring" editadas para la implementación de la DMA. En las tablas siguientes se recogen los indicadores y variables recomendadas por las guías europeas.

AGUAS DE TRANSICIÓN		
INDICADORES BIOLÓGICOS	Invertebrados bentónicos	Presencia/ ausencia Abundancia Diversidad <i>Presencia de taxones sensibles</i>
	Peces	Abundancia Composición <i>Bioacumulación/ bioensayos</i>
	Angiospermas	Abundancia Composición
	Macroalgas	Abundancia Composición
	Fitoplancton	Abundancia Composición Biomasa Frecuencia/ intensidad de blooms
FÍSICO-QUÍMICOS	Condiciones de temperatura	Temperatura
	Condiciones de oxigenación	<i>Oxígeno disuelto</i>
	Salinidad	<i>Conductividad eléctrica</i>
	Nutrientes	<i>Fósforo total</i> <i>Fósforo reactivo soluble</i> <i>Nitrógeno total</i> <i>Nitratos + nitritos</i> <i>Amonio</i>
	Transparencia	<i>Disco de Secchi</i> <i>Turbidez</i> <i>Color</i>
CONTAMINANTES ESPECÍFICOS	Todas las sustancias prioritarias	
	Otras sustancias según el inventario de presiones	
HIDROMORFOLÓGICOS	Régimen de mareas	Aportes de agua dulce Tiempo de residencia Variables meteorológicas Exposición al oleaje
	Variación de profundidad	Cartografía
	Estructura y sustrato del fondo	Tamaño de partícula Contenido orgánico
	Estructura de la zona intermareal	Cobertura de la vegetación Composición de la vegetación

Tabla 2. Propuesta de parámetros en Aguas de Transición para la valoración de los indicadores de calidad del Anexo V de la Directiva. Los indicadores mínimos recomendados por las guías europeas para la implementación de la DMA se muestran en cursiva en rojo.

AGUAS COSTERAS		
INDICADORES BIOLÓGICOS	Invertebrados bentónicos	<i>Biomasa</i> Abundancia Diversidad Presencia de taxones sensibles
	Angiospermas	Abundancia Presencia de taxones sensibles Distribución/cobertura en perfil de profundidad <i>Diversidad</i>
	Macroalgas	Abundancia Composición <i>Diversidad</i> Biomasa
	Fitoplancton	Abundancia Composición <i>Diversidad</i> Biomasa
FÍSICO-QUÍMICOS	Condiciones térmicas	Temperatura
	Cond de oxigenación	<i>Oxígeno disuelto</i>
	Salinidad	<i>Conductividad eléctrica</i>
	Nutrientes	<i>Fósforo total</i>
		<i>Fósforo reactivo soluble</i>
<i>Nitrógeno total</i>		
<i>Nitratos + nitritos</i>		
	<i>Amonio</i>	
Transparencia	<i>Disco de Secchi</i>	
	<i>Turbidez</i>	
	<i>Color</i>	
CONTAMINANTES ESPECÍFICOS	<i>Todas las sustancias prioritarias</i>	
	<i>Otras sustancias vertidas según el inventario de presiones</i>	
HIDROMORFOLÓGICOS	Régimen de mareas	<i>Velocidad y dirección de las corrientes dominantes</i>
		Aportes de agua dulce
		<i>Exposición al oleaje: vientos, fetch,...</i>
	Variación de profundidad	<i>Topografía</i>
	Estructura y sustrato del fondo	<i>Tamaño de partícula</i>
		<i>Roca sólida</i>
<i>Características generales</i>		
Estructura de la zona intermareal	<i>Tamaño de partícula</i>	
	<i>Roca sólida</i>	

Tabla 3. Propuesta de parámetros en Aguas Costeras para la valoración de los indicadores de calidad del Anexo V de la Directiva. Los indicadores mínimos recomendados por las guías europeas para la implementación de la DMA se muestran en cursiva en rojo.

En cualquier caso, con el fin de que los resultados del programa sean comparables con los datos obtenidos durante la caracterización del estado ecológico y químico de las masas de agua incluida en la Directiva Marco del Agua y con los valores de anteriores programas, se adoptarán preferentemente las variables e indicadores de calidad ecológica que se hayan utilizado con anterioridad, tanto en la caracterización de las masas de agua como en los programas de control anteriores.

Por otra parte, el conjunto de variables a seleccionar no es una propuesta cerrada, ya que se pueden incorporar o reducir el número de indicadores en función de los condicionantes específicos de cada programa:

- En general, conforme se renuevan los programas de control y se dispone de series temporales suficientemente extensas, no es necesario incluir la totalidad de las variables utilizadas en la caracterización de las masas de agua.
- Debe analizarse la posibilidad de incorporar otros indicadores en función de las presiones e impactos reconocidos. Cuando se han identificado una serie de riesgos que no resultan identificables a través de los indicadores o variables ya propuestos, se hace necesario incluir una nueva propuesta que permita realizar lo más apropiadamente posible este control.

Además, si se trata de una masa de agua con alguna figura de protección (DMA, Anexo IV) deberán incluirse las variables referidas al medio acuático que se parametricen en la legislación correspondiente. A continuación se indican los tipos de zonas protegidas recogidos en el Anexo IV de la DMA:

- zonas de captación de agua destinada a consumo humano
- Zonas para la protección de especies acuáticas significativas económicamente
- aguas declaradas de uso recreativo, incluyendo las aguas de baño designadas en virtud de la Directiva 76/160/CEE o cuando entre en vigor la Directiva 2006/7/CE
- zonas sensibles a los nutrientes, incluyendo las zonas vulnerables según la Directiva 91/676/CEE y las zonas sensibles según la Directiva 91/271/CEE
- zonas designadas a la protección de hábitats y especies, incluyendo los designados según la Directiva 92/43/CEE y la Directiva 79/409/CEE

DENOMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD

- ✓ Es importante establecer, desde un primer momento, la asociación entre “indicador de calidad” y parámetros determinados. Esta asociación permite informar o comparar el contenido de los programas con diferentes instituciones (europeas, estatales, otras comunidades autónomas). También permitirá valorar la evolución del diseño del programa entre los distintos planes de cuenca.
- ✓ Además, resulta conveniente codificar los indicadores o “elementos de calidad” (QE) según la nomenclatura utilizada en el WISE. Los códigos estandarizados del reporting del artículo 8de la DMA a la Comisión de la UE se organizan en tres niveles:
 - El 1^{er} nivel permite identificar si se trata de un indicador biológico (QE-1), hidromorfológico (QE-2) o químico (QE-3).
 - El 2^o nivel permite identificar el indicador ambiental que se está valorando (por ejemplo, macroinvertebrados, condiciones morfológicas, parámetros físico-químicos generales,...)
 - El 3^{er} nivel identifica la variable o parámetro que permite valorar el indicador ambiental. Por ejemplo, abundancia, dirección de las corrientes generales, salinidad,... Sólo están codificados una docena de parámetros, por lo que en el resto de los casos directamente se asociarán al 2^o y 1^{er} nivel.
- ✓ Se deberían tener registrados los tres niveles de QE valorados específicamente en cada estación (site) y punto de muestreo (subsite).

1er NIVEL		2º NIVEL		3er NIVEL	
QE1	Todos los elementos de calidad biológicos del Anexo V de la DMA	QE1-1	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton		
		QE1-2	Composición y abundancia de otra flora acuática (angiospermas, macrofitos y fitobentos)		
		QE1-3	Composición, abundancia y diversidad de fauna invertebrada bentónica		
		QE1-4	Composición, abundancia y estructura de edades de la fauna ictiológica		
		QE1-5	Otras especies no obligatorias (zooplancton)		
QE2	Todos los elementos de calidad hidromorfológicos del Anexo V de la DMA	QE2-6	Condiciones morfológicas de aguas transiciones y costeras - parámetros morfológicos	QE2-6-1	Variación de la profundidad
				QE2-6-2	Volúmenes, estructura sustrato del lecho
		QE2-7	Régimen de mareas en aguas de transición	QE2-7-1	Flujo de agua dulce
				QE2-7-2	Exposición al oleaje
		QE2-8	Régimen de mareas en aguas costeras	QE2-8-1	Dirección de las corrientes dominantes
				QE2-8-2	Exposición al oleaje
QE3	Todos los elementos de calidad químicos y psico-químicos del Anexo 5 de la DMA			QE3-1-1	Transparencia
				QE3-1-2	Condiciones térmicas
		QE3-1	Parámetros generales	QE3-1-4	Salinidad
				QE3-1-5	Estado de acidez
				QE3-1-6	Condiciones relativas a los nutrientes
		QE3-2	Sustancias prioritarias (Anexo 10)		
		QE3-3	Contaminantes no prioritarios específicos (Anexo 8/9)		
QE3-4	Otros contaminantes distintos del Anexo 8, 9 y 10				

2.4. Diseño de Muestreo

Las campañas de toma de muestras representan un proceso laborioso y costoso. Su diseño requiere abordar los siguientes elementos: definición de la periodicidad del muestreo, selección de las estaciones, selección del tipo de muestras y establecimiento de las metodologías de muestreo. En cualquier caso deberá ajustarse a los objetivos establecidos por el programa de control, optimizando los recursos técnicos, humanos y económicos.

A la hora de emprender este diseño se debe tener en cuenta que el nivel de esfuerzo del muestreo condicionará que se detecten o no variaciones significativas. Por ejemplo, un esfuerzo pequeño sólo permite detectar grandes cambios. Por tanto, se debe mantener muy presente el tipo y nivel de significación a exigir a cada uno de los indicadores seleccionados así como los objetivos específicos del programa. La necesidad de definir el grado de significación para cada uno de los indicadores surge porque no todos los tipos y niveles de cambio son igualmente importantes y, en consecuencia, resulta difícil realizar comparaciones.

De forma más genérica asegurar unos niveles de precisión, confianza y riesgo aceptables y adecuados condicionará el diseño del muestreo a todos los niveles. Todo ello determinará el número de masas de agua muestreadas, el número de estaciones de muestreo y la frecuencia del mismo. Sin embargo, la DMA no especifica los niveles de precisión y confianza requeridos en los programas de control. Por tanto, será un aspecto que decidirá el gestor de las masas de agua en función del compromiso que considere adecuado entre el coste económico del programa de control y el riesgo de fallo en sus resultados.

A continuación se incluyen las definiciones de riesgo, confianza y precisión aceptadas en el marco de aplicación de la DMA:

- **Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado
- **Confianza:** Probabilidad de que un valor “verdadero” de un parámetro estadístico se sitúe dentro de unos límites determinados (intervalos de confianza). Suele expresarse en porcentaje (C%)
- **Precisión:** Medida de la incertidumbre estadística igual a la mitad de la amplitud del intervalo de confianza.

2.4.1. Definición de la Periodicidad del Muestreo

La frecuencia de muestreo óptima es un valor que varía en función del tipo de masa de agua, de las características propias de cada masa de agua (incluyendo sus presiones e impactos) y de los objetivos específicos del programa. Asimismo, la Directiva 2000/60/CEE establece en su Anexo V unas frecuencias mínimas de muestreo para cada categoría de masa de agua (costeras y transición) en función de cada indicador de calidad. Los intervalos indicados, según lo dispuesto en la DMA, no deberían ampliarse salvo que el conocimiento técnico y el criterio de expertos así lo recomienden.

Tipo de indicadores	Indicador	Frecuencia en aguas de transición	Frecuencia en aguas costeras
Biológicos	fitoplancton	6 meses	6 meses
	otra flora acuática	3 años	3 años
	macroinvertebrados	3 años	3 años
	peces	3 años	-
Hidromorfológicos	morfología	6 años	6 años
Físico-químicos	condiciones térmicas	3 meses	3 meses
	oxigenación	3 meses	3 meses
	salinidad	3 meses	-
	estado de los nutrientes	3 meses	3 meses
	otros contaminantes	3 meses	3 meses
	sustancias prioritarias	1 mes	1 mes

Tabla 4. Frecuencias de control establecidas por la DMA para los indicadores de aguas costeras y de transición.

Es posible que las frecuencias propuestas por la DMA no sean siempre las más apropiadas. En consecuencia, la definición de la periodicidad de muestreo es un aspecto que debe revisarse inevitablemente.

A la hora de establecer la periodicidad de los controles debe considerarse la variabilidad del medio debida tanto a las condiciones naturales como a las antropogénicas. Además, el grado de incertidumbre tolerable en los resultados procedente de estas variaciones vendrá determinado por los niveles de precisión y confianza que se acepten.

Entre todas las variaciones y ciclos naturales a los que está sujeto un ecosistema, destacan las variaciones estacionales. La variabilidad estacional cobra aun más importancia cuando se trata de una variable biológica. En estos casos, se deberán tener en cuenta los ciclos biológicos estacionales asociados a la variable que se pretende determinar. En algunos casos puede resultar necesario incluir campañas de recogida de datos en diferentes estaciones del año para conocer esta variabilidad. Cuando, por el contrario, los controles se reducen a un muestreo anual resulta más conveniente realizar la recogida de datos siempre en la misma época del año. Con ello se minimizan las diferencias entre los resultados de distintas campañas debidas a estas variaciones y, en consecuencia, los resultados serán comparables a los de muestreos anteriores. Se recomienda evitar las épocas de reproducción de las especies indicadoras muestreadas, siendo por lo general otoño y principios de invierno las épocas más adecuadas.

Del mismo modo, y para evitar variaciones entre resultados, también es importante tratar de concentrar en el tiempo la recogida de muestras y datos de una misma campaña.

Según los resultados obtenidos, se podrá reducir el número de medidas de cada indicador si con ello no se produce una pérdida de información. Por ejemplo, la frecuencia con la que se determina un contaminante puede reducirse, incluso eliminarse, cuando su concentración es constante, se aproxima al límite de detección y no existen riesgos de que dicha concentración aumente. Es decir, se puede plantear un proceso iterativo para el cálculo de la frecuencia de muestreo que asegure unos niveles de precisión y confianza adecuados.

La frecuencia de muestreo puede ser diferente para las distintas masas de agua, según los objetivos establecidos para cada una de ellas y de las presiones e impactos que soporten. También se podrán plantear intervalos distintos para el medio pelágico y el bentónico de una misma masa de agua.

En el caso particular del sedimento, la periodicidad de muestreo debe establecerse considerando la tasa de sedimentación y las condiciones hidrodinámicas. Así en zonas con altas tasas de sedimentación como pueden ser masas de agua incluidas en el interior de estuarios, la frecuencia debe ser mayor que en zonas con tasas de sedimentación bajas.

2.4.2. Selección de las Estaciones de Muestreo

De forma genérica, existen cuatro tipos de métodos para determinar la localización de las estaciones o puntos de muestreo:

- muestreo selectivo: localización en puntos seleccionados por expertos.
- muestro aleatorio: puntos aleatoriamente distribuidos en el área de estudio.
- muestreo aleatorio estratificado: tras una subdivisión previa del área de estudio, distribución aleatoria de las estaciones en cada división o estrato considerado.
- muestreo sistemático: establecimiento de una malla regular de muestreo.

Cada uno de ellos tiene ventajas e inconvenientes que habrá que analizar en cada caso particular, con el objeto de seleccionar el más adecuado en función de los objetivos específicos establecidos.

MÉTODO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
SELECTIVO	<p>Puede resultar rápido y sencillo si se conocen suficientemente los hábitats y las especies a muestrear.</p> <p>Las estaciones pueden localizarse deliberadamente alrededor de especies raras o junto a puntos considerados importantes.</p> <p>Las muestras pueden localizarse en áreas consideradas subjetivamente homogéneas o representativas.</p>	<p>La extrapolación de resultados a todo el área de estudio no puede realizarse salvo que se tenga una justificación bien contrastada.</p> <p>Se precisa un profundo conocimiento del área de estudio.</p> <p>No se pueden hacer determinados análisis estadísticos y los errores son desconocidos.</p>	<p>Eficiente, pero depende mucho del grupo de expertos.</p>
ALEATORIO	<p>No requieren un gran conocimiento previo de la zona de estudio.</p> <p>Facilita el análisis de los datos y el cómputo de errores.</p>	<p>La localización de las muestras puede consumir mucho tiempo.</p> <p>Para un determinado tamaño de muestra, a menudo se obtienen errores mayores que en un muestreo sistemático.</p>	<p>Sólo es útil cuando una característica se distribuye homogéneamente en el espacio.</p> <p>El proceso puede verse comprometido por problemas de acceso.</p>

MÉTODO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
		podría ocurrir que no se logre caracterizar, vigilar o controlar lo que se pretende.	
ALEATORIO ESTRATIFICADO	<p>Supone que todos los tipos de hábitats principales van a ser muestreados si previamente han sido identificados como estrato.</p> <p>Pueden calcularse medias de las características de cada estrato y hacer comparaciones entre los distintos estratos.</p> <p>Se obtiene mayor precisión para cada estrato y para la media general si los estratos son homogéneos.</p>	<p>Si no se ha realizado la estratificación con anterioridad, llevar a cabo esta etapa puede consumir mucho tiempo.</p> <p>La estratificación óptima para una determinada zona puede cambiar con el tiempo, de manera que cuando se vuelva a muestrear la eficiencia de muestreo puede que se reduzca.</p>	Es el muestreo óptimo cuando se requiere cierto grado de aleatoriedad.
SISTEMÁTICO	Es la más adecuada para establecer promedios para la realización de cartografías a la vez que permite el cálculo de la abundancia.	Si los intervalos de muestreo coinciden con alguna propiedad periódica del medio, la información resultante estará sesgada.	

MÉTODO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
	proporciona una estimación de la extensión y se puede tomar una submuestra aleatoria para otros análisis.		

Tabla 5. Métodos de selección de la localización de los puntos de muestreo (Davis, 2001).

En cualquier caso, la localización de las estaciones de muestreo debe realizarse seleccionando aquellas zonas que sean representativas de la masa de agua o grupo de masas de agua que se desee controlar. En las muestras de sedimento los contaminantes se concentran en las fracciones más finas. Se recomienda localizar los puntos de muestreo en zonas no erosivas donde existan altos porcentajes de lodos y arcillas. En las zonas de alto hidrodinamismo, puede resultar conveniente recoger, además de la muestra del fondo sedimentado, material suspendido.

ESTACIONES (SITE) Y PUNTOS DE MUESTREO (SUBSITE)

La distinción entre estación (site) y punto de muestreo (subsite) es un concepto que se incorpora en el proceso de información a Europa de los programas correspondientes al artículo 8 de la DMA, y que es recomendable incorporar a los sistemas de gestión de datos (bases de datos y GIS).

El punto de muestreo o subsite representa el lugar geográfico concreto en el que se toma una muestra o se mide un determinado parámetro. Por el contrario, la estación o site representa un concepto más global, pudiendo integrar varios puntos de muestreo o subsites. La estación o site representa el lugar donde se realiza la valoración del estado (químico o ecológico) a partir de los datos recabados en los puntos de muestreo o subsites.

Se debe llevar un registro de la nomenclatura, localización y caracterización de los puntos de muestreo o subsites y de las estaciones o sites. También deben registrarse las relaciones de puntos de muestreo o subsites y estaciones o sites. En general, las coordenadas de las estaciones o sites se adoptan del subsite que se considere más representativo de los que se integran en ella.

EJEMPLO 1: Las muestras de agua se recogen en diferente sitio que las de sedimento o biota. Se tendrían dos puntos de muestreo o subsites distintos, con nomenclatura y coordenadas distintas, asociados a la misma estación de muestreo.

EJEMPLO 2: Se toman muestras a 3 profundidades distintas, en el mismo punto geográfico. Se tendrían 3 puntos de muestreo o subsites (con las mismas coordenadas y distinta nomenclatura y caracterización) asociados a una única estación o site.

➤ **Información a documentar de las estaciones seleccionadas**

A continuación se presenta una recomendación de la información que debería asociarse a cada estación de muestreo. Dicha información debería cumplimentarse en el momento de realizar el diseño de muestreo. El objetivo es facilitar el intercambio de información con otras comunidades autónomas, con el Ministerio de Medio Ambiente y con Europa.

Información relativa a las estaciones de muestreo
Código español de la estación
Código europeo de la estación
Código de la masa de agua (superficial)
Nombre de la estación
HUSO
Latitud en UTM
Longitud en UTM
Fecha de alta de la estación
Código de la demarcación
Código de la Comunidad Autónoma
Código de la provincia
Descripción de la ubicación de la estación
Observaciones

Tabla 6. Información relativa a las estaciones de muestreo.

CÓDIGOS UTILIZADOS EN EL REPORTING DEL ARTÍCULO 8 DE LA DMA A LA COMISIÓN EUROPEA

- ✓ El código de la masa de agua debe coincidir con el código europeo. Dicho código debe tomarse del proceso de notificación a Europa relacionado con el artículo 5.

NOMBRE DE LA DEMARCACIÓN	CÓDIGO DE LA DEMARCACIÓN UE
MIÑO-LIMIA	ES010
GALICIA COSTA	ES014
CUENCAS INTERNAS PAIS VASCO	ES015
NORTE	ES016
DUERO	ES020
TAJO	ES030
GUADIANA	ES040
GUADALQUIVIR	ES050
CUENCA MEDITERRANEA ANDALUZA	ES060
CUENCA ATLÁNTICA ANDALUZA	ES062
SEGURA	ES070
JUCAR	ES080
EBRO	ES091
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	ES100
BALEARES	ES110
GRAN CANARIA	ES120
FUERTEVENTURA	ES122
LANZAROTE	ES123
TENERIFE	ES124
LA PALMA	ES125
LA GOMERA	ES126
EL HIERRO	ES127

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CODIGO
ANDALUCIA	01
BALEARES	03
CANARIAS	04
CANTABRIA	05
CASTILLA-LEON	07
CATALUÑA	08
CEUTA	09
GALICIA	11
MADRID	13
MELILLA	14
MURCIA	15
PAIS VASCO	17
ASTURIAS	18
VALENCIA	19

- ✓ El código de la provincia coincide con el código postal provincial
- ✓ Actualmente existe un servicio europeo de información ambiental en el que se incorpora la documentación remitida por los distintos países, denominado EIONET (European Environment Information and Observation Network). A través de su página web (<http://cdr.eionet.europa.eu/>) se puede acceder y consultar la información remitida por España en los sucesivos envíos.

2.4.3. Selección del Tipo de Muestras

De acuerdo con el tipo de muestreo, las muestras pueden clasificarse en: puntuales, compuestas, e integradas.

TIPO DE MUESTRA	DEFINICIÓN	CARACTERÍSTICAS	USOS
Puntual	Extracción en una localización, profundidad y momento seleccionado	Sólo es representativa de ese momento y ese lugar. Cuando las condiciones son relativamente constantes a lo largo de largos períodos de tiempo, o en grandes distancias (todas las direcciones), puede considerarse representativa de períodos de tiempo más largos y volúmenes mayores.	Determinación de compuestos o características susceptibles de variar durante el muestreo, conservación y/o almacenamiento (muestreos puntuales y determinaciones instantáneas): gases disueltos, temperatura, pH ...
Compuesta	Combinación de muestras puntuales tomadas en un mismo punto en distintos intervalos de tiempo.	Los Intervalos de muestreo pueden ser muy variables. Deben ajustarse al objetivo final del estudio. Una vez finalizado el muestreo, las muestras pueden mezclarse o combinarse en un mismo recipiente.	Estimación de concentraciones medias.
Integrada	Mezcla de muestras puntuales extraídas simultáneamente en una sección vertical u horizontal.	<i>Integradas en profundidad:</i> muestras extraídas en intervalos de profundidad preestablecidos, desde la superficie hasta el fondo.	Recomendable en aguas típicamente estratificadas.

TIPO DE MUESTRA	DEFINICIÓN	CARACTERÍSTICAS	USOS
		<i>Integradas en área:</i> Combinación de series de muestras extraídas en localizaciones espacialmente distribuidas en la columna de agua a una profundidad constante o en intervalos de profundidad predeterminados	

Tabla 7. Tipo de muestras.

2.4.4. Tamaño y Número de Muestras

La estrategia de muestreo parte de la premisa de que cuanto menor sea el riesgo que se desea asumir, mayor es el número de muestras que deben tomarse. Así, cuando se diseña una campaña hay que tener en cuenta que, dada la variabilidad asociada a los métodos analíticos, a los procedimientos de muestreo y a las propias variables, una sola muestra puede ser insuficiente para tener el nivel de incertidumbre deseado.

Si la desviación estándar está previamente establecida y la variable sigue una distribución normal, el número de muestras necesario puede calcularse a partir de la siguiente relación:

$$N \geq \left(\frac{u \cdot s}{D} \right)^2$$

donde:

N: número de muestras

u: Estadístico normal estándar correspondiente a un determinado nivel de confianza

s: desviación estándar

D: Precisión

Para un nivel de incertidumbre y una desviación estándar dadas, se podrá determinar el número de muestras necesarias para obtener un nivel de confianza del 90%, 95% o 99%. Obviamente, dicho nivel de confianza está directamente relacionado con el número de muestras requeridas, un mayor nivel de confianza implica un mayor número de muestras.

En aquellos programas que el objetivo específico pretenda detectar o evaluar un cambio o una tendencia de un determinado parámetro a partir de la comparativa de dos periodos, el número de muestras puede calcularse mediante la siguiente formulación, en la que se asume una distribución normal de la variable:

$$N \geq 2 \left[\frac{(u_1 + u_2)s}{D} \right]^2$$

donde:

N: número de muestras

u_i : Estadístico normal estándar del periodo "i" correspondiente a un determinado nivel de confianza

s: desviación estándar

D: Precisión

En muchas ocasiones no es posible conocer de antemano los parámetros estadísticos necesarios para el cálculo del número de muestras. En estos casos, el número de muestras necesarias en cada masa de agua debe establecerse en función, tanto del tamaño de las muestras, como de la heterogeneidad de la propia masa de agua.

Como medida de control, e independientemente del número de muestras necesarias para asegurar la representatividad, resulta necesario recoger y analizar varias réplicas de una misma muestra de forma que, al contrastar sus resultados, se puedan detectar datos erróneos por defectos en la recogida, conservación, tratamiento o análisis de las muestras. El número de réplicas será una decisión que tomará el gestor, aunque se recomienda tomar dos réplicas además de la muestra y analizar sólo la muestra y una de sus réplicas. De esta

manera, si se obtienen resultados contradictorios entre las dos analizadas, puede utilizarse la tercera para conocer cuál de ellas arroja los valores aceptables.

La representatividad de los datos obtenidos no sólo está determinada por el número de muestras extraídas, sino también por el tamaño de la unidad de muestreo establecida. Cuando la muestra es demasiado pequeña, su composición puede diferir sustancialmente de la del conjunto de la población objeto, introduciendo un importante error de muestreo. Por otro lado, cuando las muestras son demasiado grandes, el tiempo y el dinero necesarios para recogerlas y analizarlas pueden ser importantes, sin que por ello se logre reducir de manera significativa el error de muestreo. En relación con esto, también es importante optimizar el volumen o superficie de muestreo con respecto los objetivos planteados con el fin de minimizar el impacto y la perturbación que todo muestreo produce en el medio.

Como criterio general, la literatura aconseja la aplicación para cada uno de los tres compartimentos ambientales (agua, sedimento y biota) de unidades mínimas de muestro estandarizadas:

- El volumen requerido para análisis de agua variará sustancialmente en función de los métodos analíticos utilizados y del rango de las variables, pero normalmente éste oscilará ente 1 y 5 litros de agua. (Water Quality Monitoting, 1996)
- La cantidad de muestra de sedimento variará dependiendo de los análisis que vayan a efectuarse. De forma general se acepta que, excepto para determinar las características granulométricas y la materia orgánica, las muestras tengan un peso entre 10 y 50 g. de peso húmedo. En el caso de análisis granulométricos se necesitan 250 g. peso húmedo de sedimento, y para determinar el porcentaje de materia orgánica entre 50 y 100 g. de peso húmedo. (Tidal Estuaries, 1994)
- En principio, todo estudio cuantitativo de la biota requiere un análisis previo del área mínima de muestreo. Para ello, es preciso tomar réplicas de distinta superficie en una misma estación de muestreo y representar la curva riqueza-superficie de muestreo. El punto a partir del cual el número de especies deje de incrementarse con el aumento de la superficie, representará el área mínima de muestreo.

2.4.5. Establecimiento de las Metodologías de Muestreo

La metodología de muestreo y análisis de las muestras a utilizar para evaluar los indicadores de calidad debe estar estandarizada con el fin de que los resultados que se obtengan sean comparables con los de otras campañas o con otros programas. Con este objetivo se seleccionarán aquellas metodologías y procedimientos establecidos en normas internacionales y nacionales. Cuando esto no sea posible se procurarán las mismas metodologías y procedimientos que los utilizados en el proceso de caracterización de las masas de agua o programas de control anteriores.

En cualquier caso, se establecerá para cada programa de control, un procedimiento de muestreo especificado en una guía. Dicha guía deberá incorporarse a la BBDD de forma que esté disponible para futuros programas de control.

2.5. Análisis de las Muestras

Los análisis en laboratorios también deben realizarse, siempre que sea posible, con métodos y procedimientos estandarizados. Cuando se analice una muestra debe indicarse la referencia de validación del método empleado. En el caso de que el método no esté validado, se ha de incluir una descripción clara y precisa del método y procedimiento empleado. En general, existen métodos estandarizados para la evaluación de la mayor parte de las variables físico-químicas, aunque todavía no se han estandarizado las técnicas y procedimientos para muchas de las sustancias consideradas prioritarias por la DMA.

2.6. Procesado de Datos

Los resultados brutos obtenidos del muestreo y análisis de las muestras representan sucesos individuales, y deben ser procesados, sintetizados y organizados con el fin de poder realizar una adecuada valoración de los mismos.

Con el fin de facilitar el manejo del gran volumen de resultados que se generan con los programas de control, los resultados brutos obtenidos se incorporarán a un sistema gestor de datos o base de datos. La estructura de la base de datos debe ser suficientemente abierta como para poder conectarse a otro tipo de BBDD. Además debe poderse incorporar

a un sistema de información geográfica (SIG) con el objeto de agilizar la visualización de los datos y la representación gráfica de los mismos.

Asimismo, para optimizar la obtención de información y su interpretación, los datos brutos obtenidos del análisis de las muestras pueden analizarse estadísticamente o integrarse en índices. Los índices de calidad permiten integrar en un único valor la información de varios indicadores con el fin de conocer el estado general del medio. Con el fin de que los resultados sean comparables, se utilizarán siempre los mismos índices y preferentemente aquellos cuyo uso esté normalizado o extendido.

2.7. Técnicas de Control y Evaluación de Calidad de Resultados

Para asegurar que el tipo, cantidad y calidad de los resultados es adecuada para cumplir los objetivos establecidos, se incluyen dos tipos de actividades:

- Control de calidad: cuyo objetivo es asegurar la reproducibilidad de los resultados.
- Evaluación de calidad: cuyo objetivo es cuantificar y controlar el error en cada uno de los procesos.

A partir de este control y evaluación de calidad, se debe estar en disposición de asegurar que:

- todos los métodos empleados poseen suficiente sensibilidad, selectividad y especificidad,
- los métodos garantizan una precisión y exactitud adecuada,
- los límites de detección analítica no comprometen la evaluación de la calidad ambiental.

En general el mejor método para asegurar la reproducibilidad de las diferentes técnicas consiste en utilizar métodos estandarizados avalados por organizaciones nacionales,

europeas o internacionales. Los principales métodos estandarizados se incluyen en normas ISO o UNE. Las guías OSPAR y HELCOM incluyen guías específicas para aguas de transición y costeras.

Para la evaluación de la calidad deben realizarse el cálculo de errores en cada uno de los procesos implicados en el programa, es decir, calcular el error de:

- muestreo,
- procedimientos de tratamiento y análisis de muestras,
- análisis y tratamiento de datos.

Existen dos tipos de errores: los determinados y los indeterminados. Los errores determinados o sistemáticos son aquellos que pueden ser atribuidos a causas definidas. Dentro de éstos, se incluye el error instrumental, que resulta fácil de estimar en el caso de los instrumentos de medida analógica. Los errores indeterminados son aquellos que ocurren a pesar de ser muy cuidadoso y meticuloso. Son errores fortuitos, difíciles de estimar, e inherentes al propio sistema de medida.

2.8. Valoración de Resultados

Una vez se han recogido y analizado todos los datos deben evaluarse cada uno de los objetivos propuestos inicialmente.

De acuerdo con la metodología planteada, los objetivos se han establecido en cada programa para cada masa de agua. En consecuencia la unidad de valoración del cumplimiento de los objetivos medioambientales es la masa de agua. En una segunda etapa, se debe hacer una evaluación a una escala más global que de una idea del estado y modificaciones en todo el área de aplicación del programa.

Cabe recordar el principio de la DMA comúnmente conocido como “one out, all out”. De acuerdo con este principio, el promedio de la valoración de los indicadores de calidad no representa la valoración del estado de la masa de agua. El estado de la masa de agua es el de la valoración más baja obtenida en los indicadores individuales.

Además debe realizarse una estima de la precisión y confianza de los programas de control puestos en marcha. Los resultados obtenidos deberán incluirse en el Plan Hidrológico de Cuenca.

A partir de los resultados, deben plantearse una serie de objetivos y recomendaciones para próximos Programas de Control. Este punto resulta especialmente importante cuando no se han satisfecho los objetivos, en cuyo caso deben revisarse los objetivos de calidad y plantearse medidas de mejora. En el caso de que los objetivos se hayan satisfecho, se deberá iniciar de nuevo el procedimiento de diseño del programa de control pudiéndose recomendar el mantenimiento de los mismos objetivos y metodologías.

3. PROGRAMAS DE CONTROL

Una de los principales motivos por los que se ha abordado la redacción del presente manual es la obligación que la Directiva Marco del Agua establece en su artículo 8, en el que se exige a los estados miembros de Europa a realizar un seguimiento del estado de sus masas de agua, con el fin de proporcionar una visión “general, coherente y completa” del estado de sus aguas. De acuerdo con el artículo 5 y Anexo II de la directiva, se deberán llevar a cabo tres tipos básicos de programas: el Programa de Control de Vigilancia (Surveillance Monitoring Programme), el Programa de Control Operativo (Operational Monitoring Programme) y, en caso de que sea necesario, el Programa de Control de Investigación (Investigative Programme).

Además, si en el ámbito de aplicación se incluye alguna zona protegida, los programas de control se deberán completar con las especificaciones de la norma en virtud de la cual se haya establecido cada zona protegida (Programa de Control de Zonas Protegidas).

Uno de los aspectos más críticos es la coordinación entre los programas de control derivados de la DMA (Programa de Control de Vigilancia, Programa de Control Operativo y Programa de Investigación) y el resto de programas de control ejecutados en aguas costeras y de transición: programas derivados de la 76/464/CEE relativa a la contaminación causada por vertidos de sustancias peligrosas al mar, programas de la 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la polución causada por nitratos de origen agrícola, programas del convenio OSPAR, del MEDPOL,...

A la hora de diseñar y coordinar los programas es fundamental tener presente el tipo y objetivo básico del programa. Existen dos tipos generales de programas a tener en cuenta:

- Los programas de redes representativas, que pretenden representar el valor medio de la variable en la masa de agua.
- Los programas de redes de impacto, que pretenden representar la situación más desfavorable de la masa de agua.

A continuación se proponen los criterios de diseño de forma individual para los programas establecidos por la DMA: Programa de Control de Vigilancia y Programa de Control Operativo. Las diferencias entre los objetivos de cada programa establecidos por la DMA justifican la individualización de criterios.

PROGRAMAS Y SUBPROGRAMAS

- ✓ La DMA basa la gestión de los sistemas acuáticos en las masas de agua. Las masas de agua representan unidades funcionales que, a su vez, se agrupan en Demarcaciones Hidrográficas. La Demarcación se define como “la zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas”.
- ✓ Según los principios de la DMA, los programas de vigilancia y operativo se deberían establecer y gestionar a nivel de Demarcación Hidrográfica. En consecuencia, a la hora de notificar los programas a Europa, se deberá informar a nivel de Demarcación. Es decir, tanto el Programa de Control de Vigilancia y el Programa de Control Operativo que se reporte a Europa, contendrá la información referente a las aguas costeras, de transición, ríos y lagos de una Demarcación.
- ✓ Los programas incluidos en este manual se refieren exclusivamente a las aguas costeras y de transición.
- ✓ Por tanto, los “programas de aguas costeras y de transición” referidos en el texto del manual deberán notificarse como los “subprogramas de aguas costeras y de transición” del programa de aguas superficiales de la demarcación hidrográfica correspondiente.

3.1. Programa de Control de Vigilancia

El programa de vigilancia de las masas de agua es el instrumento mediante el que se garantiza y certifica que las condiciones de calidad ecológica registradas se mantienen o mejoran con el tiempo. Se trata, por tanto, de un programa típico de redes representativas.

De acuerdo con el Anexo V de la DMA, el objetivo general de este programa es proporcionar información para realizar una vigilancia y seguimiento ambiental rutinarios. Los objetivos propios del programa son:

- ✓ Evaluación general del estado de las masas de agua
- ✓ Valorar los cambios a largo plazo de las condiciones naturales
- ✓ Valorar los cambios a largo plazo resultado de una actividad antropogénica
- ✓ Completar y validar el procedimiento de evaluación del impacto
- ✓ Mejorar la eficiencia y efectividad de futuros programas de vigilancia

Cabe destacar que NO son objetivos de este programa:

- Cartografiar y analizar los problemas de calidad de las masas de agua
- Testar la efectividad del programa de medidas

De acuerdo con lo establecido en la directiva, estos programas deben durar “al menos” un año durante el periodo del Plan Hidrológico de Cuenca (6 años). Sin embargo, con el objetivo de obtener suficientes datos que permitan cumplir con los objetivos básicos del programa, se aconseja realizar una labor de vigilancia más intensiva y estable en el tiempo. En este sentido, se recomienda que el Programa de Control de Vigilancia se mantenga operativo durante todos los años del Plan Hidrológico de Cuenca.

➤ **Ámbito de aplicación.**

De acuerdo con la DMA, deben vigilarse todas las masas de agua con el objeto de ofrecer una visión general del conjunto de todas ellas. Dadas las características de las masas de agua de transición y costeras identificadas en las demarcaciones españolas (especialmente sus dimensiones), se recomienda que, al menos, se garantice una estación de vigilancia en cada masa de agua.

AGRUPACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA

Con el fin de reducir los costes derivados del programa, algunos países proponen agrupar masas de agua para reducir el número estaciones del programa de vigilancia.

Estos países argumentan que entre los objetivos del programa no se incluye obtener una visión detallada de la calidad de “cada” masa de agua. Una vez establecidos los grupos, plantean seleccionar estaciones de muestreo representativas del estado de cada grupo de masas de agua. Se propone realizar la agrupación en función de la tipología y estado de las masas de agua, en función de las presiones que soportan,...

No obstante, si la identificación y clasificación de las masas de agua está realizada correctamente, esta agrupación no permite reducir significativamente el número de elementos a vigilar. Por este motivo, en este manual no se recomienda realizar la agrupación de masas de agua.

➤ **Selección de los indicadores de calidad**

La valoración de todas las variables asociadas a los indicadores de calidad puede resultar muy costoso. Con el fin de reducir costes, tal y como se señala en el apartado 2.3 del manual, puede reducirse con el tiempo el número de variables. Dicha reducción de variables debe realizarse con criterios técnicos en función de los resultados que se vayan obteniendo en los sucesivos programas de control de vigilancia. Por tanto, los primeros programas deberán ser más intensivos en cuanto a número de indicadores y número de estaciones de muestreo.

De forma general, se recomienda que los primeros Programas de Control de Vigilancia incluyan las siguientes variables y parámetros mínimos:

AGUAS DE TRANSICIÓN		
Indicadores biológicos	Invertebrados bentónicos	Presencia/ ausencia
	Moluscos bivalvos	Bioacumulación/ bioensayos
Físico-químicos	Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto
	Salinidad	Conductividad eléctrica
	Nutrientes	Fósforo total
		Fósforo reactivo soluble
		Nitrógeno total
Nitratos + nitritos		
Transparencia	Amonio	
	Disco de Secchi	
	Turbidez	
	Color	
Contaminantes específicos	Todas las sustancias prioritarias	
	Otras sustancias según el inventario de presiones	
Hidromorfológicos	Régimen de mareas	Aportes de agua dulce
		Tiempo de residencia
		Variables meteorológicas
		Exposición al oleaje
	Variación de profundidad	Cartografía
Estructura y sustrato del fondo	Tamaño de partícula	
	Contenido orgánico	
Estructura de la zona intermareal	Cobertura de la vegetación	
	Composición de la vegetación	

Tabla 8. Propuesta de parámetros mínimos en Aguas de Transición para el Programa de Control de Vigilancia..

AGUAS COSTERAS		
Indicadores biológicos	Invertebrados bentónicos	Presencia/ ausencia
	Angiospermas	Diversidad
	Macroalgas	Diversidad
Físico-químicos	Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto
	Salinidad	Conductividad eléctrica
	Nutrientes	Fósforo total
		Fósforo reactivo soluble
		Nitrógeno total
Nitratos + nitritos		
Transparencia	Amonio	
	Disco de Secchi	
	Turbidez	
Contaminantes específicos	Color	
	Todas las sustancias prioritarias	
Hidromorfológicos	Otras sustancias vertidas según el inventario de presiones	
	Régimen de mareas	Velocidad y dirección de las corrientes dominantes
		Exposición al oleaje: vientos, fetch,...
	Variación de profundidad	Topografía
	Estructura y sustrato del fondo	Tamaño de partícula
		Roca sólida
Estructura de la zona intermareal	Características generales	
	Tamaño de partícula	
	Roca sólida	

Tabla 9. Propuesta de parámetros mínimos en Aguas Costeras para el Programa de Control de Vigilancia.

SELECCIÓN DE INDICADORES

- ✓ La guía europea nº7 para los programas de monitoring propone los peces como indicadores biológicos en aguas de transición. Sin embargo, realizar el muestreo de peces en muchas de las masas de agua de transición identificadas en España es una tarea muy complicada e incluso inviable. Se propone como alternativa incluir los moluscos bivalvos como bioindicadores. La utilidad de los bivalvos como bioindicadores es un hecho contrastado por diversos estudios. Se sugiere utilizar preferentemente los mejillones o en su defecto las ostras o almejas para estudios de bioacumulación de contaminantes.

- ✓ La valoración de indicadores hidromorfológicos, especialmente en lo que al régimen de mareas se refiere, implica una infraestructura distinta a la de los programas tradicionales de monitoring de la calidad de aguas costeras y transición. Actualmente Puertos del Estado mantiene redes de medidas oceanográficas distribuidas por todo el litoral español. Las redes "Red Aguas Profundas", "Red Costera", "Red Correntímetros" y "Red Mareógrafos" miden datos de oleaje, corrientes, vientos,... Sería interesante establecer vías de comunicación entre los responsables de la gestión de las masas de agua costeras y transición y los responsables de Puertos del Estado para compartir la información de dichas redes.

Por último, debe mencionarse el problema de las masas de agua de zonas transfronterizas. En estas zonas es posible que la contaminación proceda de fuentes que no se pueden identificar. Es posible, incluso, que las fuentes de contaminación estén en países que no deben cumplir con la DMA. Por estos motivos, se recomienda que se incluyan todas las sustancias prioritarias y otros contaminantes relevantes al menos en el primer programa de control de vigilancia de cada Plan Hidrológico de Cuenca. Con ello se pretende detectar si realmente existen problemas de contaminación transfronteriza.

➤ **Diseño de muestreo.**

La DMA establece en su Anexo V unas frecuencias mínimas para los programas de control de vigilancia de aguas costeras y de transición (ver tabla).

Sin embargo, las frecuencias establecidas en el caso de los indicadores biológicos podrían no ser suficientes para lograr los objetivos del programa. Parece difícil establecer las tendencias de los indicadores de calidad a partir de el número de medidas resultantes dentro de un mismo Plan Hidrológico de Cuenca, conociendo además la variabilidad habitual de estos indicadores.

En consecuencia, se propone intensificar las frecuencias de muestreo de los indicadores biológicos en aguas de transición y costeras. Se sugiere modificar la periodicidad de muestreo a una periodicidad anual en los indicadores biológicos que en el Anexo V de la DMA presentan una periodicidad de 3 años. En el caso del fitoplancton se propone pasar de periodicidad semestral a trimestral, coincidiendo con los muestreos de los indicadores físico-químicos.

Tipo de indicadores	Indicador	Frecuencia en aguas de transición	Frecuencia en aguas costeras
Biológicos	Fitoplancton ⁽¹⁾	6 MESES	6 MESES
	Otra flora acuática ⁽²⁾	3 AÑOS	3 AÑOS
	Macroinvertebrados ⁽²⁾	3 AÑOS	3 AÑOS
	Peces ⁽³⁾	3 AÑOS	-
Hidromorfológicos	Morfología	6 AÑOS	6 AÑOS
Físico-químicos	Condiciones térmicas	3 MESES	3 MESES
	Oxigenación	3 MESES	3 MESES
	Salinidad	3 MESES	
	Estado de los nutrientes	3 MESES	3 MESES
	Estado de acidificación	-	
	Otros contaminantes	3 MESES	3 MESES
	Sustancias prioritarias	1 MES	1 MES

Tabla 10. Frecuencias mínimas de muestreo establecidas por la DMA (Anexo V).

(1): Se propone modificar esta frecuencia a “3 meses”

(2): Se propone modificar esta frecuencia a “1 año”

(3): Se propone modificar este bioindicador y utilizar los moluscos bivalvos (mejillones o almejas).

PERIODICIDAD EN LA VIGILANCIA DE LAS SUSTANCIAS PRIORITARIAS

- ✓ El Anexo V de la DMA establece que las sustancias prioritarias deben analizarse de forma mensual tanto en agua como en sedimento.
- ✓ Algunos países contemplan la opción de eliminar el control de vigilancia de estas sustancias en agua por los siguientes motivos:
 - representan un elevado número de parámetros,
 - sus determinaciones analíticas son muy costosas,
 - su variabilidad espacial y temporal en agua es muy alta.
- ✓ Estos países se plantean concentrar sus esfuerzos de control de vigilancia de las sustancias prioritarias en el sedimento y en la biota (bioacumulación), donde por lo general existe una mayor acumulación de contaminantes y una mayor homogeneidad espacial. Con ello pretenden optimizar los esfuerzos del programa reduciendo los costes de tiempo y dinero, y sin pérdida significativa de la información relativa al estado de las masas de agua.
- ✓ A pesar de que la justificación técnica de esta medida puede resultar adecuada, se recomienda realizar la vigilancia de la concentración de las sustancias prioritarias en agua con periodicidad mensual tanto para las aguas costeras como para las de transición. El motivo es que los Programas de Control de Vigilancia deben cumplir con los requisitos de la Directiva Marco del Agua.
- ✓ Sin embargo, en el caso de que el programa de vigilancia se extienda más allá del primer año del Plan Hidrológico de Cuenca (PHC), tras el estricto cumplimiento de las frecuencias de la DMA durante el 1er año, se podría reducir la intensidad de los muestreo de vigilancia durante los siguientes años.
- ✓ Se propone que, para los años en los que se planteen controles menos estrictos que los indicados por la DMA, se aseguren las siguientes frecuencias mínimas:

Matriz en la que se evalúan los indicadores de calidad	Periodicidad mínima propuesta
Agua	Trimestral
Sedimento	Anual
Biota	Anual

Tal y como ya se ha comentado, se recomienda que en cada masa de agua identificada exista, al menos, una estación de muestreo para su vigilancia. La localización de las estaciones debe garantizar su representatividad respecto a la masa de agua. Dada la variabilidad de los medios costeros y de transición, es probable que una única estación no garantice dicha representatividad.

El método de selección de la localización de los puntos de muestreo más recomendable para los objetivos de este programa es el aleatorio estratificado. A pesar de los esfuerzos de establecer masas de agua homogéneas, las masas de agua costeras y de transición no son sino un reflejo del medio costero y de transición. Estos medios y, por ende, sus masas de agua se caracterizan por presentar una gran variabilidad espacial. El primer paso para la selección de los puntos de muestreo consiste en identificar los “estratos” o unidades homogéneas que componen la masa de agua. Para poder llevar a cabo una adecuada identificación de los “estratos” se debe recurrir a la información preliminar recogida de cada masa de agua: caracterización, estudio de presiones e impactos, anteriores programas de control... A continuación se localiza de forma aleatoria al menos un punto de muestreo en cada uno de los estratos identificados.

Con el fin de facilitar el establecimiento de las tendencias naturales a largo plazo, se recomienda identificar como estrato aquellas zonas de mayor calidad ecológica (muy buen estado) y con menos riesgo de pérdida de calidad ecológica y química. En el caso de que la masa de agua haya sido seleccionada para el establecimiento de condiciones de referencia, se recomienda emplear dichas estaciones para el reconocimiento de las tendencias naturales.

Igualmente, se debería procurar que las variables indicadoras de calidad de agua, sedimento y biota se analicen en el mismo punto geográfico. Cuando no sea posible, se deberán justificar con argumentos técnicos la conveniencia de muestrear agua, sedimento y biota en puntos de muestreo distintos. En cualquier caso, se recomienda relacionar los puntos de muestreo de recogida de agua con los de toma de muestras de sedimento y biota que se consideran representativas de las mismas condiciones (obteniendo el registro relacional de puntos de muestreo o subsites con las estaciones de muestreo o sites).

➤ **Establecimiento de los métodos de muestreo**

Los métodos de muestreo deben estar estandarizados. Siempre que sea posible, se utilizarán aquellos establecidos en normas internacionales y nacionales (ISO, UNE,...). En el Anexo III se hace una recomendación sobre los métodos a emplear.

En el caso de que el método no esté validado, se ha de incluir una descripción clara y precisa del método y procedimiento empleado.

Preferentemente los métodos de muestreo utilizados en el programa de control de vigilancia serán los mismos que los que se pongan en práctica en el resto de programas (programa de control operativo y programa de control de investigación). Cuando no se seleccionen los mismos métodos debe ser por motivos técnicos sobradamente justificados.

➤ **Análisis de las muestras**

La selección de las metodologías y protocolos de análisis de las muestras deberían seguir las mismas recomendaciones que en el caso de metodologías y protocolos de muestreo:

- las metodologías y sus protocolos de aplicación deben estar estandarizados
- se deberían seleccionar aquellas que se indiquen en normas nacionales e internacionales (ISO, UNE)
- se debe indicar las referencias del método empleado y la norma correspondiente
- se recomienda que se empleen las mismas metodologías para el Programa de Control de Vigilancia que para el resto de controles de la DMA (operativo y de investigación).
- En caso de que no esté validado se debe redactar un manual conciso de las metodologías y procedimientos empleados.

➤ **Valoración de resultados**

La unidad de valoración de los resultados es la masa de agua. Por tanto, los resultados que se deriven del programa deben expresarse, en último término, por masa de agua.

Los datos deberían incorporarse a un registro temporal. A partir de este registro se podrán establecer las tendencias de variación temporal de cada parámetro y (en caso de que se desconozca) cuál es su rango normal de variación. La evaluación de tendencias debe realizarse por masa de agua e indicarse el grado de fiabilidad asociado calculado estadísticamente.

Se evaluará si todas las variables analizadas ofrecen resultados dentro del rango normal de variación o, si por el contrario, se observa algún tipo de cambio respecto a evaluaciones anteriores. Cuando es así, se tratará de explicar el origen de los cambios o datos anómalos: provocados por un evento contaminante, variaciones de origen natural o variaciones de origen antropogénico. Cuando el origen de las variaciones no pueda asignarse a ninguno de los motivos expuestos, debe activarse el Programa de Investigación y revisarse la gestión de riesgos, ya que es posible que alguna fuente de contaminación no esté siendo contemplada.

Cuando se dispongan de condiciones de referencia para los indicadores evaluados, se calcularán las desviaciones de los valores obtenidos respecto a dichas condiciones de referencia. La desviación se calculará mediante el denominado “Cociente de Calidad Ecológica o EQR (Ecological Quality Ratio)”:

$$EQR = \frac{\text{Valor biológico observado}}{\text{Valor biológico de referencia}}$$

También se evaluará el estado o potencial ecológico de las masas de agua, así como el estado o potencial químico de las mismas. El trabajo implica la clasificación del estado ecológico/potencial en 5 categorías y del estado químico en dos.

La representación de los resultados del estado ecológico en el mapa de la demarcación hidrográfica debe responder a la siguiente escala de colores:




CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO	CÓDIGO
Muy bueno	
Bueno	
Aceptable	
Deficiente	
Malo	

Figura 2. Código de colores para la representación del estado ecológico de las masas de agua.

En el caso de que las masas de agua artificiales y muy modificadas, los resultados de la clasificación del potencial ecológico deben expresarse en un mapa por demarcación hidrográfica. El código de colores representados en el mapa debe responder al siguiente sistema:

CLASIFICACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	MASAS DE AGUA	
	ARTIFICIALES	MUY MODIFICADAS
Bueno y superior		
Aceptable		
Deficiente		
Malo		

Figura 3. Código de colores para la representación del potencial ecológico de las masas de agua artificiales y muy modificadas.

Además, en dichos mapas se indicará mediante un punto negro las masas de agua donde la imposibilidad de alcanzar un estado o potencial ecológico bueno se debe al incumplimiento de una o varias normas de calidad medioambiental relacionadas con contaminantes específicos.

En cuanto a la clasificación del estado químico de las masas de agua, se representarán en un mapa de la Demarcación Hidrográfica las dos categorías por el siguiente código de colores:

ESTADO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA	CÓDIGO
Bueno	
No alcanza el buen estado	

Figura 4. Código de colores para la representación del estado químico de las masas de agua.

Por último, debe valorarse también la efectividad del programa de control de vigilancia con el fin de proponer mejoras en los futuros programas. Con esta valoración se debería responder, al menos, a las siguientes cuestiones: ¿se han podido evaluar todos los indicadores en cada punto y momento propuestos?. ¿son suficientes los puntos controlados?, ¿las localizaciones de estaciones son las más adecuadas?, ¿son las variables y parámetros medidos los más apropiados?.

3.2. Programa de Control Operativo

El programa operativo es el programa de redes de impacto con el que se realiza el control sobre las masas de agua de las repercusiones de la actividad humana a corto y medio plazo.

Los objetivos de programa establecidos en el Anexo V de la DMA son los siguientes:

- ✓ establecer el estado de las masas de agua en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales
- ✓ valorar los cambios en el estado de las masas de agua debidos al programa de medidas

Así como el Programa de Control de Vigilancia debe entenderse como una red de control estable en el tiempo, la red asociada al Programa de Control Operativo debe asumirse como un esfuerzo de control de duración limitada. Por tanto, el Programa de Control Operativo puede renovarse tantas veces como sea necesario a lo largo de un periodo de duración del Plan Hidrológico de Cuenca. Esta renovación dependerá de la valoración que se realice de los resultados obtenidos según los objetivos específicos que se establezcan.

➤ Ámbito de aplicación.

El Programa de Control Operativo no abarca la totalidad de las masas de agua. Debe limitarse a las masas de agua que se consideren en riesgo de incumplir sus objetivos medioambientales y aquellas sobre las que se viertan sustancias prioritarias. Por tanto, a la hora de establecer el ámbito de aplicación del programa, resulta imprescindible la información contenida en los estudios de evaluación de riesgos e impactos. Deberán considerarse también los resultados obtenidos en el programa de vigilancia en relación con su objetivo de completar y validar el procedimiento de evaluación del impacto.

➤ Selección de indicadores

Para que este programa resulte efectivo, la evaluación de los datos debe ser lo más rápida posible. Para ello, se puede reducir y ajustar el número de indicadores de calidad a evaluar respecto al Programa de Control de Vigilancia.

De hecho, no deben controlarse la totalidad de las sustancias incluidas en los anexos de la directiva. Se controlarán, al menos, todas las sustancias prioritarias que se descarguen sobre la masa de agua, así como todos los contaminantes vertidos en cantidades importantes que puedan llegar a afectar a la calidad de la masa de agua. Además, se propone que los contaminantes incluidos en la tabla “propuesta de contaminantes a controlar en aguas costeras y de transición”, en el caso de que sean vertidos en la masa de agua, sean incorporados al Programa de Control Operativo independientemente de la cantidad en la que se viertan. La información que permite realizar la selección de variables estará recogida en el estudio de presiones e impactos, en el apartado correspondiente a fuentes de contaminación puntual y difusas. De forma más genérica, se recomienda utilizar las variables más sensibles a las presiones identificadas en el estudio de riesgos.

Selección de indicadores del Control Operativo: fuentes de información

- ✓ La selección de indicadores debe realizarse en función de las presiones significativas inventariadas en cada masa de agua. Esta información debe estar disponible en el Estudio de Presiones e Impactos (Impress) de la demarcación. De acuerdo con el calendario de la DMA, el primer estudio Impress se concluyó en diciembre de 2004 y remitió a la Comisión en marzo de 2005.
- ✓ En el caso de las fuentes de contaminación puntual, de acuerdo con el RD258/1989, existen autorizaciones de vertido en las que se indican las sustancias vertidas por cada fuente, así como sus concentraciones y cantidades máximas autorizadas. Dichas autorizaciones son concedidas por las Comunidades Autónomas correspondientes. En función de estos datos se podrán seleccionar de forma precisa las sustancias a controlar en cada masa de agua. Por lo tanto, las autorizaciones de vertido resultan una importante fuente de información en aquellos casos en los que el estudio Impress no esté actualizado.
- ✓ Además, existe una base de datos gestionada por el CEDEX en la que las Comunidades Autónomas remiten la información referente a las presiones localizadas en las masas de agua costeras y de transición gestionadas por ellas mismas. En dicha base de datos se actualiza la información relativa a las fuentes de contaminación puntual (incluyendo las especificaciones de las autorizaciones de vertido), difusa, hidrodinámicas, etc

Previsiblemente, cada masa de agua soportará presiones distintas. Por tanto, cada masa de agua requerirá un control operativo distinto, con unos indicadores de calidad diferentes. Estas diferencias de diseño se entenderán como “subprogramas” dentro del programa de control operativo. Así las estaciones de muestreo con el mismo tipo de control se asociarán a un subprograma, y los subprogramas al Programa de Control Operativo.

El listado de contaminantes que se consideran sustancias prioritarias se recoge en el Anexo X de la DMA. Dicha lista fue aprobada por la Decisión nº 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de noviembre de 2001. A continuación se muestra el listado de las 33 sustancias prioritarias que, en el caso de que se estén vertiendo en la masa de agua, deben ser controladas periódicamente:

SUSTANCIAS PRIORITARIAS		
Alacloro	Di(2-etilhexil)ftalato (DEHF)	Niquel y sus compuestos
Antraceno	Diurón	Nonilfenoles (4-(para)-nonilfenol)
Atrazina	Endosulfán (alfa-endosulfán)	Octilfenoles (para-ter-octilfenol)
Benceno	Fluoranteno	Pentaclorobenceno
Difeniléteres bromados	Hexaclorobenceno	Pentaclorofenol
Cadmio y sus compuestos	Hexaclorobutadieno	Hidrocarburos poliaromáticos: Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo (g,h,i)perileno, Indeno (1,2,3- cd)pireno
C10-C13 Cloroalcanos	Hexaclorociclohexano (isómero gamma, lindano)	Simazina
Clorofenvinfos	Isoproturón	Compuestos del tributiltín (tributiltín catión)
Cloropirifos	Plomo y sus compuestos	Triclorobnecenos (1,2,4-triclorobenceno)
1,2-dicloroetano	Mercurio y sus compuestos	Triclorometano (cloroformo)
Diclorometano	Naftaleno	Trifluralina

Tabla 11. Listado de sustancias prioritarias. Decisión nº 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de noviembre de 2001

PROPUESTA DE CONTAMINANTES A CONTROLAR EN AGUAS COSTERAS Y DE TRANSICIÓN

Arsénico	Terbutilazina
Cobre	Tolueno
Selenio	Xileno
Cromo VI	Etilbenceno
Zinc	1,1,1-Tricloroetano

Tabla 12. Propuesta de contaminantes a controlar en aguas costeras y de transición siempre que se viertan en las masas de agua, independientemente de las concentraciones y cantidades vertidas.

➤ **Diseño de muestreo**

Según la DMA, la periodicidad del control operativo debería ser al menos igual al de control de vigilancia (ver tabla del apartado 3.1). Sin embargo, la DMA no establece ni obliga a una periodicidad mínima de control.

Como criterio básico, la periodicidad de muestreo debería ser la suficiente para obtener información capaz de alcanzar los objetivos establecidos, sin olvidar que cuanto más exhaustivo sea el control más posibilidades de éxito habrá de cumplir dichos objetivos. Por este motivo, se reiteran las recomendaciones realizadas en el Programa de Control de Vigilancia.

La ubicación de los puntos de control se establece de manera selectiva según la información contenida en el estudio de presiones e impactos. Se recomienda localizar las estaciones de muestreo próximos a los puntos de vertido conocidos, en zonas donde se desarrollen actividades que deban controlarse o sobre puntos de interés para el control de la calidad de las masas de agua establecidos por motivos hidrodinámicos. Lógicamente, no es necesario establecer una estación de muestreo por cada presión identificada en cada masa de agua. Es decir, se podrán establecer estaciones de muestreo que integren el control de varias presiones identificadas en la masa de agua.

ESTACIONES DE CONTROL DE SUSTANCIAS PRIORITARIAS

- ✓ En el caso de que las estaciones se destinen al control de sustancias prioritarias, se deberán considerar los requerimientos relativos a la localización de puntos de muestreo de la legislación correspondiente.
- ✓ Actualmente se está discutiendo una Directiva europea en la que se establecerán los objetivos de calidad de las sustancias prioritarias en el medio receptor de los vertidos de dichas sustancias. En esta directiva se indicarán también algunos aspectos referentes al procedimiento de control de dichas sustancias. En el momento que entre en vigor la Directiva se incluirán los criterios expuestos en la misma.
- ✓ El criterio vigente en los documentos de trabajo de la Directiva de sustancias prioritarias establece que se deberán identificar "zonas de mezcla" de los vertidos. Dichas zonas de mezcla representan aquellos sectores próximos al punto de descarga en los que se permite la superación de los objetivos de calidad de las sustancias, siempre y cuando no se afecte a la calidad del resto de la masa de agua.
- ✓ Las estaciones de control operativo que pretendan controlar los vertidos de sustancias prioritarias deberían localizarse en el límite de la zona de mezcla. Además, sería conveniente disponer de una segunda estación de control alejada de la zona de mezcla que permita contrastar la información de la primera de las estaciones. A partir de los resultados obtenidos con la segunda estación de control se deducirá si la masa de agua está siendo afectada por las presiones identificadas y, gracias a las estaciones limítrofes con la zona de mezcla, se podrá asociar la afección a la presión concreta que la provoca.

Del mismo modo que en el Programa de Control de Vigilancia, siempre que sea posible, se procurará que las muestras de agua, sedimento y biota se recojan en la misma localización geográfica. Cuando esto no ocurra, debe ser por motivos técnicos justificados. Además se recomienda relacionar los puntos de muestreo de agua con los puntos de muestreo de sedimento y biota que, en conjunto, se consideren representativos de las mismas condiciones de la masa de agua.

Una de las características del Programa de Control Operativo debe ser su flexibilidad. Por este motivo podrían reducirse el número de estaciones de muestreo cuando se haya constatado que el medio es muy homogéneo y que varios de los puntos aportan la misma información. Del mismo modo, se recomienda ajustar las frecuencias para cada indicador y tipo de medio (pelágico y bentónico), según los resultados que se vayan obteniendo en los

sucesivos programas. En general suele observarse que el medio bentónico presenta menor variabilidad que el medio pelágico, especialmente en el caso de la concentración de sustancias prioritarias y nutrientes. Por este motivo, se tiende a establecer frecuencias de muestreo menores para los indicadores del medio bentónico que para los del medio pelágico.

➤ **Establecimiento de los métodos de muestreo**

Las técnicas y procedimientos de muestreo deben estar estandarizados. Preferiblemente se utilizarán aquellos incluidos en normas de organismos internacionales y nacionales (ISO, UNE,...). Se recomienda escoger los mismos procedimientos que los empleados en el Programa de Control de Vigilancia. En los informes de diseño y resultados del programa, debería incluirse una referencia que permita conocer qué técnicas y procedimientos se han empleado.

ESTACIONES DE CONTROL DE VIGILANCIA vs. CONTROL OPERATIVO

- ✓ No es recomendable que las estaciones de control de vigilancia y control operativo coincidan ya que la finalidad de unas y otras es distinta.
- ✓ Las estaciones del control operativo corresponden a un programa de redes de impacto, mientras que las de control de vigilancia pertenecen a un programa típico de redes representativas.
- ✓ Por tanto, las estaciones del control operativo deben aportar información que permita controlar las presiones identificadas en la masa de agua, mientras que las del programa de vigilancia deben ser representativas del estado de “toda” la masa de agua.
- ✓ Cuando se utilizan estaciones de control operativo para valorar los objetivos del programa de vigilancia es probable que se esté infra-estimando la calidad promedio de la masa de agua.

➤ **Análisis de las muestras**

Al igual que en el caso del Programa de Control de Vigilancia y que en la selección de las técnicas de muestreo, se deben utilizar métodos y técnicas estandarizados. Preferiblemente se utilizarán los métodos y procedimientos definidos por normas nacionales e internacionales como las ISO y las UNE.

➤ **Valoración de resultados**

Para optimizar la efectividad del programa de control se debe agilizar el procesado de datos y la valoración de los mismo.

La primera comprobación a realizar es si los resultados se encuentran dentro de su rango habitual de variación. Con el fin de acelerar este proceso, la comprobación debe estar automatizada mediante sistemas informáticos como bases de datos. En caso de que no se encuentren dentro de su rango normal de variación, deberá estudiarse las causas (presiones o programas de medidas) de esta anomalía. Si, con los datos obtenidos, no se puede explicar las causas, se activará el Programa de Control de Investigación.

Cuando se controlen sustancias para las que existan objetivos de calidad en el aguas de transición y costeras, se evaluará el cumplimiento de dichas normas de calidad. Si se superan los objetivos de calidad de alguna sustancia, se analizarán las causas de la superación. Asimismo, cuando no se puedan explicar el origen del incumplimiento (presiones significativas registradas en el Impress de la Demarcación), se activará el Programa de Control de Investigación. En este sentido se analizarán también las tendencias en el cumplimiento de los objetivos de calidad con el fin de valorar las mejoras en el cumplimiento debidas a los programas de medidas efectuados.

Cuando exista un programa de medidas para la mejora de la calidad de las masas de agua, habrá que valorar si las medidas han sido efectivas, es decir, si los diferentes indicadores han evolucionado de acuerdo con lo esperado. En caso de que las expectativas no se hayan cumplido, habrá que preguntarse cuáles han sido los motivos por los que las medidas adoptadas no han sido efectivas.

También se deberá evaluar el estado de las masas de agua en riesgo. La evaluación del estado implica la clasificación del estado ecológico/potencial de la masa de agua en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales en 5 categorías y la evaluación del estado químico en dos.

La representación de los resultados del estado ecológico debe responder a la siguiente escala de colores:






CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO	CÓDIGO
Muy bueno	
Bueno	
Aceptable	
Deficiente	
Malo	

Figura 5. Código de colores para la representación del estado ecológico de las masas de agua.

En el caso de que las masas de agua artificiales y muy modificadas, los resultados de la clasificación del potencial ecológico deben expresarse en un mapa por demarcación hidrográfica. El código de colores representados en el mapa debe responder al siguiente sistema:









CLASIFICACIÓN DEL POTENCIAL ECÓLOGICO	MASAS DE AGUA	
	ARTIFICIALES	MUY MODIFICADAS
Bueno y superior		
Aceptable		
Deficiente		
Malo		

Figura 6. Código de colores para la representación del potencial ecológico de las masas de agua artificiales y muy modificadas.

Además, en dichos mapas se indicará mediante un punto negro las masas de agua donde la imposibilidad de alcanzar un estado o potencial ecológico bueno se debe al incumplimiento de una o varias normas de calidad medioambiental relacionadas con contaminantes específicos establecidos para cada masa de agua.

En cuanto a la clasificación del estado químico de las masas de agua consideradas en riesgo de no cumplir sus objetivos medioambientales, se representarán en un mapa de la Demarcación Hidrográfica las dos categorías por el siguiente código de colores:

ESTADO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA	CÓDIGO
Bueno	
No alcanza el buen estado	

Figura 7. Código de colores para la representación del estado químico de las masas de agua.

Por último, se evaluará si ha sido eficiente el programa de control propuesto. En caso contrario, se analizarán las causas de su ineficacia: ¿son suficientes los puntos controlados?, ¿la localización de estaciones es la más adecuada?, ¿son las variables y parámetros medidos los apropiados?.

La valoración de resultados constituirá el inicio de la propuesta de actuaciones concretas, de acuerdo con los siguientes criterios:

- En el caso de comprobarse el mantenimiento o mejora de la calidad de las masas de agua, podría no plantearse ninguna modificación del programa de control vigente.
- En el caso de que se ponga de manifiesto una reducción de la calidad de las masas de agua, hay que determinar si las posibles causas obedecen a emisiones asociadas a fuentes contaminantes indeterminadas (puntuales o difusas) o, por el contrario, son el resultado de la contaminación residual de eventos contaminantes registrados. Para ello, se debe iniciar el Programa de Control de Investigación.

4. GENERACIÓN DE INFORMES Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Otro aspecto que complica el intercambio de información y comparativa entre distintos programas de control son las diferencias entre los informes de cada programa. A continuación se indican una serie de recomendaciones que pretenden facilitar estos procesos. Además, se han tenido en cuenta el tipo de información y formatos que se debe remitir a Europa (reporting) sobre los programas de control relacionados con la DMA.

De forma genérica, cualquiera de los programas recogidos en este manual deben incluir, no sólo un informe de los resultados obtenidos, también una memoria del diseño del programa ejecutado y de las actividades realizadas. Dicha memoria debe incorporar para cada categoría de masas de agua (costeras y transición), entre otras cosas, las siguientes tablas y mapas:

Tabla de las estaciones de las masas de agua	Incluyen las masas de agua controladas por el programa. Para cada masa de agua se especifican las estaciones (códigos) de su control.
Mapa de las estaciones de muestreo	Debe incluir la delimitación de las masas de agua y la localización de las estaciones de muestreo.
Tabla de las características de las estaciones	Incluye todos los metadatos de cada estación del programa de control (ver tabla del aptdo 2.4.2)
Tabla de parámetros	Incluye la lista de los parámetros utilizados para valorar los indicadores de calidad. También se incluirá la frecuencia de medida de cada parámetro.
Tabla de métodos de muestreo	Indicando el nombre y las referencias o códigos de los métodos estandarizados empleados (ISO, UNE, EN, legislación,...)
Tabla de muestras	Indicando el número y tipo de muestras recogida en cada estación
Tabla de métodos de análisis	Indicando el nombre y las referencias o códigos de los métodos estandarizados empleados (ISO, UNE, EN, legislación,...) para la determinación de cada parámetro.
Tabla de métodos estadísticos	Tabla en la que se incluyen los métodos y tratamientos estadísticos que se aplicarán sobre los distintos tipos de resultados

Tabla de índices	En el caso de que se haya previsto el uso de índices, se indicará su nombre y referencia.
Tabla de valoración	Tabla en la que referenciar las normativas respecto a las que se valoran los resultados obtenidos. En el caso de que las valoraciones no se realicen según una normativa, se incluirán las tablas necesarias para indicar detalladamente el sistema de valoración de cada parámetro o índice.

Tabla 13. Información a incorporar en la memoria del diseño del programa y actividades realizadas.

Además, se recomienda que en el caso de que alguno de los métodos o índices de calidad no esté propuesto por alguna norma nacional o internacional, se incorpore como anexo una descripción precisa del método y protocolo de actuación.

Asimismo cada tipo de programa lleva asociados documentos específicos relacionados con el tipo de objetivos y resultados que proporcionan:

PROGRAMA	DOCUMENTOS
PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA	tablas de clasificación del estado/potencial ecológico por estaciones
	tablas de clasificación del estado/potencial ecológico por masas de agua (todas)
	informe de tendencias a largo plazo por razones naturales
	informe de tendencias a largo plazo por razones antropogénicas
	inventario de nuevas masas de agua en riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales
PROGRAMA DE CONTROL OPERATIVO	tablas de resultados correspondientes a cada indicador de calidad medido y gráficos de evolución
	gráficos de evolución de los resultados
	tablas de clasificación del estado/potencial ecológico por estaciones
	tablas de clasificación del estado/potencial ecológico por masas de agua (en riesgo)
	informe de alteraciones provocadas por el programa de medidas (cuando éste exista)

Tabla 14. Documentos de resultados que deben incluirse en los Programas de Control de Vigilancia y Programa de Control Operativo.

Por último, se recomienda implementar una base de datos con los resultados brutos de cada parámetro (asociados a cada estación y campaña de medidas). Con ello se podrán utilizar los datos para futuras comprobaciones y tratamientos de datos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- “Análisis de transposición y procedimientos de desarrollo de la Directiva 2000/60/CE”. Ministerio de Medio Ambiente. 2003.
- “Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE). Guidance document nº7. Monitoring under the Water Framework Directive”. Working Group 2.7. 2003.
- “Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE). Guidance for chemical monitoring under the Water Framework Directive”. 2006.
- “Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE). Guidance document No 9, Implementing the Geographical Information System Elements (GIS) of the Water Framework Directive”. Working Group 3.1.
- “Description of National Methods. Spain Member State Report for the Physico-Chemical Elements”. J. Bald, A. Borja. 2006.
- “Marine and Estuarine Biodiversity Monitoring Protocols”. Marine Biodiversity monitoring Committee of Canada. 1991.
- “Marine Monitoring Handbook”. UK Marine SACs Project, Joint Nature Conservation Committee. 2001.
- “Meeting of the eutrophication committee, Brussels. Examples for reporting results of annual assessment for 2001-2005” OSPAR Convention for the protection of the marine environment of the north-est atlantic.2006.
- “Meeting of the eutrophication task group London. Revised Common Procedure for the Identification of the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area”. OSPAR Convention for the protection of the marine environment of the north-est atlantic. 2005.
- “Meeting of the eutrophication task group, The Hague. Revised proposal on development of assessment parameters ant their potencial use support the eutrophication assesment under the Common Procedure”. OSPAR Convention for the protection of the marine environment of the north-est atlantic. 2006.
- “Metodología de Estudio de Saneamientos Litorales”. Revilla et al. 1999.

- Benthic communities (Spain – NEA), Milestone 6 Report – Coastal GIGs. Borja et al. 2006.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por el que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Formatos para la unificación de la información sobre monitoring contenida en los informes del artículo 8. Ministerio de Medioambiente. Inédito (versión preliminar).
- Programa de Seguimiento de las Aguas Superficiales de Fuerteventura. Instituto Canario de Ciencias Marinas. 2006.
- Programa de Seguimiento de las Aguas Superficiales de Gran Canaria. Instituto Canario de Ciencias Marinas. 2006.
- Programa de Seguimiento de las Aguas Superficiales de La Gomera. Instituto Canario de Ciencias Marinas. 2006.
- Programa de Seguimiento de las Aguas Superficiales de La Palma. Instituto Canario de Ciencias Marinas. 2006.
- Programa de Seguimiento de las Aguas Superficiales de Lanzarote. Instituto Canario de Ciencias Marinas. 2006.
- Programa de Seguimiento de las Aguas Superficiales de Tenerife. Instituto Canario de Ciencias Marinas. 2006.
- Programa de Seguimiento de las Aguas Superficiales del Hierro. Instituto Canario de Ciencias Marinas. 2006.
- Proposal for a Directive of the European parliament and of the Council Establishing a Framework for Community Action in the field of Marine Environmental Policy. General Secretaria, 20 de diciembre 2006.
- Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Tomo 1: Introducción y métodos. Borja, A., J. Bald, M J. Belzunde, J. Franco, J.M. Garmendia, I. Muxika, M. Revilla, G. Rodríguez, I. Tueros, A. Uriarte, V. Valencia, I. Adarraga, F. Agirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.

A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J. M. Ruiz, J. C. Sola, J. M. Trigueros, A. Manzanos. 2006.

- Red de vigilancia de las masas de agua superficial de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Tomo 1: Metodologías utilizadas. Departamento de Ordenación del Territorio y Medioambiente, Gobierno Vasco. 199p. Borja, A., B García Bikuña, J M Blanco, A Agirre, E. Aierbe, J Bald, M J Belzunde, H Fraile, J Franco, O Gandarias, I Goikoetxea, J M Leonardo, L Lonbide, M Moso, I Muxika, V Pérez, F Santero, O Solaun, EM Tello, V Valencia. 2003.
- Technical support in relation to the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/CE). Access Tool User Guide amended for Article 8. European Commission. 2006.
- Workshop report of Surface Monitoring and Classification Systems. Common implement strategy for the Water Framework Directive. S.C: Nixon. 2006.
- ISO 5667-3:2003. Calidad del agua. Muestreo. Diciembre 2003.

ANEXO 1

RESUMEN DE LOS PROGRAMAS DE
CONTROL

PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA

Objetivos básicos del programa	<ul style="list-style-type: none"> Valorar los cambios a largo plazo de las condiciones naturales. Valorar los cambios a largo plazo resultado de una actividad antropogénica. Completar y validar el procedimiento de evaluación del impacto. Mejorar la eficiencia y efectividad de futuros programas de vigilancia. 																																												
Duración	Todos los años del Plan General de Cuenca (PGC).	La DMA sólo obliga a 1 año de los 6 del PGC.																																											
Ámbito de aplicación	Todas las masas de agua																																												
Periodicidad del muestreo	<p>La DMA establece periodicidades mínimas para cada indicador de calidad en su Anexo V.</p> <p>Se recomiendan muestreos más intensivos para los indicadores biológicos que los establecidos por la DMA.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr style="background-color: #0000FF; color: white;"> <th style="width: 15%;">Tipo de indicadores</th> <th style="width: 35%;">Indicador</th> <th style="width: 15%;">Frecuencia en aguas de transición</th> <th style="width: 35%;">Frecuencia en aguas costeras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Biológicos</td> <td>Fitoplancton</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> </tr> <tr> <td>Otra flora acuática</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> </tr> <tr> <td>Macroinvertebrados</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> </tr> <tr> <td>Peces</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Hidromorfológicos</td> <td>Morfología</td> <td style="text-align: center;">6 años</td> <td style="text-align: center;">6 años</td> </tr> <tr> <td rowspan="7" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Físico-químicos</td> <td>Condiciones térmicas</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> </tr> <tr> <td>Oxigenación</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> </tr> <tr> <td>Salinidad</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estado de los nutrientes</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> </tr> <tr> <td>Estado de acidificación</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros contaminantes</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> <td style="text-align: center;">3 meses</td> </tr> <tr> <td>Sustancias prioritarias</td> <td style="text-align: center;">1 mes</td> <td style="text-align: center;">1 mes</td> </tr> </tbody> </table> <p>Se ajustarán las frecuencias para cada indicador y tipo de medio (pelágico y bentónico). En general las periodicidades del medio bentónico serán mayores que las del pelágico.</p>		Tipo de indicadores	Indicador	Frecuencia en aguas de transición	Frecuencia en aguas costeras	Biológicos	Fitoplancton	3 meses	3 meses	Otra flora acuática	1 año	1 año	Macroinvertebrados	1 año	1 año	Peces	1 año		Hidromorfológicos	Morfología	6 años	6 años	Físico-químicos	Condiciones térmicas	3 meses	3 meses	Oxigenación	3 meses	3 meses	Salinidad	3 meses		Estado de los nutrientes	3 meses	3 meses	Estado de acidificación	-		Otros contaminantes	3 meses	3 meses	Sustancias prioritarias	1 mes	1 mes
Tipo de indicadores	Indicador	Frecuencia en aguas de transición	Frecuencia en aguas costeras																																										
Biológicos	Fitoplancton	3 meses	3 meses																																										
	Otra flora acuática	1 año	1 año																																										
	Macroinvertebrados	1 año	1 año																																										
	Peces	1 año																																											
Hidromorfológicos	Morfología	6 años	6 años																																										
Físico-químicos	Condiciones térmicas	3 meses	3 meses																																										
	Oxigenación	3 meses	3 meses																																										
	Salinidad	3 meses																																											
	Estado de los nutrientes	3 meses	3 meses																																										
	Estado de acidificación	-																																											
	Otros contaminantes	3 meses	3 meses																																										
	Sustancias prioritarias	1 mes	1 mes																																										
Localización de las estaciones de muestreo	<p>Representativas estadísticamente de las masas de agua que se pretenden vigilar con un nivel de confianza y exactitud aceptable</p> <p>La DMA no define qué niveles de confianza y exactitud aceptables son aceptables.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><input checked="" type="checkbox"/> Selectivo</td> <td rowspan="4" style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aleatorio</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Aleatorio estratificado</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Sistemático</td> </tr> </table>		<input checked="" type="checkbox"/> Selectivo		<input type="checkbox"/> Aleatorio	<input checked="" type="checkbox"/> Aleatorio estratificado	<input type="checkbox"/> Sistemático																																						
<input checked="" type="checkbox"/> Selectivo																																													
<input type="checkbox"/> Aleatorio																																													
<input checked="" type="checkbox"/> Aleatorio estratificado																																													
<input type="checkbox"/> Sistemático																																													
Número de estaciones de	Recomendación: mínimo una estación por masa de agua																																												

PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA

muestreo	$N \geq \left(\frac{u \cdot s}{D} \right)^2$ <p>N: número de muestras u: Estadístico normal estándar correspondiente a un determinado nivel de confianza s: desviación estándar D: Precisión</p>	<p>Es probable que el resultado estadístico de un número de estaciones no sea asumible por costes económicos.</p>
	<p>Podrán reducirse el número de estaciones de muestreo cuando se haya constatado que el medio es homogéneo y que varios de los puntos aportan la misma información</p>	
Muestreo y análisis de las muestras	<p>Aquellas establecidas en normas internacionales y nacionales.</p> <p>Los principales métodos estandarizados se incluyen en normas ISO o UNE.</p> <p>Las guías OSPAR y HELCOM incluyen guías específicas para aguas de transición y costeras.</p>	
	<p>En el caso de que el método no esté validado, se ha de incluir una descripción clara y precisa del método y procedimiento empleado.</p>	
Valoración de resultados	<p>Se evaluarán cada uno de los objetivos que se planteen inicialmente para cada masa de agua.</p>	
	<p>Objetivo: tendencias a largo plazo (por motivos naturales o por consecuencia de actividad humana): ¿Se observa algún tipo de cambio en el estado de las masas de agua respecto a evaluaciones anteriores?</p> <p>En el caso de que se haya detectado un cambio en dicho estado, estudiar si, a partir de los datos tomados, se puede conocer los motivos del cambio: evento contaminante, tendencia natural a largo plazo, tendencia provocada por la actividad antropogénica,...</p>	
	<p>Objetivo: Evaluación general de las masas de agua</p> <p>Evaluación del estado o potencial ecológico de las masas de agua y clasificación según los 5 niveles previstos en la DMA. Representación en un mapa de la demarcación hidrográfica según el código de colores de la DMA.</p> <p>Evaluación del estado o potencial químico de las masas de agua y clasificación en uno de los dos niveles previstos en la DMA. Representación en un mapa de la demarcación hidrográfica según el código de colores de la DMA.</p>	
	<p>Objetivo: validación del procedimiento de evaluación del impacto.</p> <p>Cuando el origen del incumplimiento de objetivos de calidad no pueda asignarse a ninguno de los motivos expuestos, debe activarse el programa de investigación y revisarse la gestión de riesgos ya que es posible que alguna fuente de contaminación no esté siendo contemplada</p>	
	<p>Objetivo: mejora de sucesivos programas: ¿Se han podido evaluar todos los indicadores en cada punto y momento propuestos?.</p> <p>En caso de que no se hayan podido evaluar todos los indicadores o todos los puntos, plantearse el motivo de esta imposibilidad para corregir este problema en sucesivos programas.</p> <p>¿Existe información redundante? ¿Se puede reducir el número de indicadores, frecuencia de control o puntos de muestreo sin pérdida de información?</p>	

PROGRAMA DE CONTROL OPERATIVO

Objetivos básicos del programa	<ul style="list-style-type: none"> Establecer el estado de las masas de agua en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales Valorar los cambios en el estado de las masas de agua debidos al programa de medidas 			
Duración del programa	Recomendación: Todos los años del PHC			
Estudio de presiones e impactos	Imprescindible para la definición del ámbito de aplicación.			
Ámbito de aplicación	Las masas de agua en riesgo de no cumplir sus objetivos medioambientales y sobre las que se viertan sustancias prioritarias.			
Selección de indicadores	<p>Se puede reducir y ajustar el número de indicadores de calidad a evaluar respecto al programa de control de vigilancia.</p> <p>Mínimo: sustancias prioritarias que se estén vertiendo en la masa de agua y otros contaminantes vertidos en cantidades importantes.</p>			
Periodicidad del muestreo	<p>La frecuencia no debería ser superior que el programa de control de vigilancia</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Se ajustarán las frecuencias para cada indicador y tipo de medio (pelágico y bentónico). En general las periodicidades del medio bentónico serán mayores que las del pelágico.</td> <td>Mínima periodicidad recomendada: trimestral para la matriz agua, anual para sedimento y biota</td> </tr> </table> <p>Se dará la posibilidad de que cada programa reajuste su frecuencia de muestreo según los resultados que se vayan obteniendo.</p>		Se ajustarán las frecuencias para cada indicador y tipo de medio (pelágico y bentónico). En general las periodicidades del medio bentónico serán mayores que las del pelágico.	Mínima periodicidad recomendada: trimestral para la matriz agua, anual para sedimento y biota
Se ajustarán las frecuencias para cada indicador y tipo de medio (pelágico y bentónico). En general las periodicidades del medio bentónico serán mayores que las del pelágico.	Mínima periodicidad recomendada: trimestral para la matriz agua, anual para sedimento y biota			
Localización de las estaciones de muestreo	<input checked="" type="checkbox"/> Selectivo <input type="checkbox"/> Aleatorio <input type="checkbox"/> Aleatorio estratificado <input type="checkbox"/> Sistemático	En zonas donde se desarrollen actividades que deban controlarse o sobre puntos de interés para el control de la calidad de las masas de agua establecido por motivos hidrodinámicos.		
Número de estaciones de muestreo	Podrán reducirse el número de estaciones de muestreo cuando se haya constatado que el medio es muy homogéneo y que varios de los puntos aportan la misma información	Deben establecerse suficientes puntos para que se pueda evaluar la magnitud y el impacto de presiones puntuales y presiones de fuentes difusas.		
Muestreo y análisis de las muestras	<p>Aquellas establecidas en normas internacionales y nacionales.</p> <p>Los principales métodos estandarizados se incluyen en normas ISO o UNE.</p> <p>Las guías OSPAR y HELCOM incluyen guías específicas para aguas de transición y costeras.</p> <p>En el caso de que el método no esté validado, se ha de incluir una descripción clara y precisa del método y procedimiento empleado.</p>			

PROGRAMA DE CONTROL OPERATIVO

Valoración de resultados

Se evaluarán cada uno de los objetivos que se planteen inicialmente para cada masa de agua en riesgo y sobre las que se vierten sustancias prioritarias.

Para que este programa resulte efectivo, la evaluación de los datos debe ser lo más rápida posible

Objetivo: efectividad del programa de medidas.

¿Cuáles son las tendencias de los indicadores valorados? ¿Han evolucionado los diferentes indicadores de acuerdo con lo esperado?.

En caso de que no se hayan cumplido, ¿cuáles son los motivos por los que no han sido efectivas las medidas adoptadas?

Objetivo: establecer el estado de las masas de agua en riesgo y sobre las que se vierten sustancias prioritarias.

Evaluación del estado o potencial ecológico de las masas de agua y clasificación según los 5 niveles previstos en la DMA. Representación en un mapa de la demarcación hidrográfica según el código de colores de la DMA.

Evaluación del estado o potencial químico de las masas de agua y clasificación en uno de los dos niveles previstos en la DMA. Representación en un mapa de la demarcación hidrográfica según el código de colores de la DMA.

¿Se mantiene o mejora la calidad de las masas de agua? ¿Se cumplen las normas de calidad establecidas por otras legislaciones para las sustancias controladas?

En el caso de que se ponga de manifiesto una reducción de la calidad de las masas de agua, hay que determinar si las posibles causas obedecen a emisiones asociadas a riesgos, impactos y presiones identificados o, por el contrario, son el resultado de eventos o procesos no registrados.

ANEXO 2

MÉTODOS DE MUESTREO Y
CONSERVACIÓN

1. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

Los sistemas de muestreo de agua más utilizados son las botellas oceanográficas y los métodos de bombeo. Ambos, son sistemas que deben utilizarse en masas de más de cuatro metros de profundidad y desde barcos oceanográficos.

En zonas someras la toma de muestras se hará de forma manual utilizando las denominadas botellas muestreadoras. La muestra se tomará introduciendo la botella por debajo de la microcapa superficial de agua, llenándola manualmente.

Las botellas oceanográficas suelen consistir en un tubo cilíndrico de aproximadamente 10 cm de diámetro y 30 cm de longitud. Presentan en cada extremo del tubo una tapa (cierre) que permanecen abiertas, gracias a unas grapas, hasta el momento de recoger la muestra.

El muestreador, que siempre va a trabajar y recoger la muestra de agua en posición vertical, desciende completamente abierto y adosado a un cable de acero tensado en superficie. Cuando se alcanza la profundidad de trabajo, desde superficie se envía un “mensajero” que desciende a través del cable y activa el dispositivo de cierre (grapasp) del muestreador, o bien se utiliza una señal eléctrica. En condiciones de trabajo con fuertes corrientes, la verticalidad en el descenso del muestreador se conseguirá adosando pesos al extremo del cable. La muestra de agua recogida se traslada a superficie y su contenido se traspara a un botella.

Cuando se desean tomar varias muestras en una misma estación a diferentes profundidades, con el fin de agilizar el muestreo, se pueden colgar de un cable de acero varias botellas a diferentes longitudes del mismo o se pueden montar en una “roseta”. Este último sistema permite, además, tomar varias réplicas a la misma profundidad. Frecuentemente estos sistemas se complementan con sensores que permiten medir variables in situ. Los principales tipos de botellas oceanográficas utilizadas son las denominadas botellas Niskin, las botellas Van Dorn y las Kemmerer.

Determinados compuestos químicos y contaminantes (especialmente los compuestos orgánicos) tienden a acumularse en la superficie del agua. Así, cuando la botella desciende abierta puede contaminarse con dichas sustancias. Cuando exista la

posibilidad de que este tipo de contaminantes existan e interfieran en los análisis posteriores, se recomienda el uso de botellas que descienden cerradas hasta traspasar esta microcapa superficial. Entre este tipo de sistemas de muestreo se encuentran las botellas Go-Flo.

Los métodos de bombeo se utilizan en muestreos que requieren grandes volúmenes de agua y en aquellos casos en los que se quiere que la toma de muestras se haga de forma integrada. El sistema se compone de dos cuerpos: una bomba de extracción con presión suficiente para bombear el agua hasta la superficie y una manguera que conduce el agua desde la profundidad de muestreo hasta la cubierta del barco. La bomba tendrá que montarse lo más cercana posible a la superficie del agua (por encima o por debajo), siendo recomendable bombear agua por la manguera un par de veces antes de la extracción definitiva de la muestra. La profundidad máxima de trabajo es de 25m de profundidad, aunque en casos excepcionales esta profundidad podrá verse superada. Este método presenta una serie de inconvenientes que vienen dados, en primer lugar, por la longitud de la manguera de extracción de agua, que puede provocar la contaminación de la muestra y, en segundo lugar, por fallos en el sistema de bombeo que puedan producir la sedimentación y separación de partículas. Cuando se haga necesario podrán acoplarse al sistema filtros que eviten la saturación de las bombas de aspiración y la consiguiente contaminación de las muestras.

Una vez recuperadas las muestras en superficie es recomendable que se tomen las submuestras lo más rápido posible (en los primeros 15 minutos) para que mantengan su representatividad. El orden de toma de las submuestras debe realizarse en función de la sensibilidad de las variables a la alteración biológica (oxígeno disuelto, nutrientes,...). De acuerdo con esto, como norma general, la primera submuestra en tomar debe ser la que se utilice para el oxígeno disuelto. Una vez se tome ésta, se agita la botella girándola boca abajo con el fin de homogeneizar su contenido.

Las variables susceptibles de experimentar cambios durante el transporte de la muestra de agua se determinarán in situ inmediatamente después de haber sido recogidas.

2. TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTO

A la hora de seleccionar los métodos de muestreo para recoger sedimento deben tenerse en cuenta:

- Si se trata de una zona intermareal o submareal.
- Qué espesor (vertical) de muestra se pretende tomar.
- Cuál es la naturaleza del fondo (duro, blando, mixto).

Cuando la zona de muestreo se sitúa en el intermareal, y siempre que las condiciones de estabilidad del sedimento lo permitan, las campañas se harán de forma directa aprovechando los períodos de bajamar. En caso contrario, las campañas se realizarán en pleamar, desde embarcaciones, y de manera análoga a las llevadas a cabo en los muestreos de ambientes submareales.

Dado que no existen protocolos estandarizados para el muestreo de fondos sedimentarios mediante buceadores con escafandra autónoma, las muestras situadas en zonas submareales se tomarán aplicando métodos de muestreo indirectos y específicos: dragas tipo corer o dragas van Veen.

Una de las prioridades de los sistemas de muestreo es que las muestras de sedimento no se vean sometidas a procesos que alteren sus características y que las perturbaciones de su extracción en el fondo sean, cuando menos, inapreciables.

Los muestreos indirectos en sustrato sedimentario suelen llevarse a cabo mediante dragas, instrumentos de muestreo mediante los cuales se recogen las muestras del fondo desde una embarcación. Entre los distintos tipos de dragas destacan, por lo extendido de su uso, los “corers”.

En general, los corers se componen de un tubo cilíndrico con una tapa en su extremo superior, que una vez insertado en el sedimento se cierra para crear succión y poder extraer una columna de sedimento representativa de la estratificación del fondo. Este

sistema se mueve por gravedad y para garantizar que la entrada en el sedimento se haga de forma vertical, se le acoplan pequeños sistemas estabilizadores. A partir de esta descripción general, común a todas las dragas corer, pueden distinguirse dos tipos fundamentales, los “corers de gravedad” y los “box corers”, cuyas características se sintetizan a continuación:

DRAGA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Corer de gravedad	Tubo lastrado. Se deja caer desde una determinada altura sobre el fondo para que penetre en el sedimento. La única fuerza empleada para el clavado es la gravedad. Algunos incorporan unas aletas que ayudan a estabilizar el sistema durante la caída.	Relativamente barato. Apenas produce distorsión del sedimento. Fácil de manejar. No requiere instalaciones especiales en las embarcaciones.	Limitada penetración en el sedimento. Puede requerir varios lances para conseguir el volumen de sedimento adecuado. Distorsión en los bordes de la columna de sedimento debida a la fricción con el tubo. Posible distorsión debida a la compactación del sedimento.
Box corer	Caja rectangular abierta por su cara inferior, de tamaño variable. Antes de llegar al fondo, la caja desliza sobre la estructura del corer y penetra en el sedimento. Incluye un sistema de cierre mecánico que corta el sedimento deslizando la tapa por debajo de la caja.	Extrae excelentes muestras de sedimento inalterado, incluso en materiales compactados.	Más caro que el corer de gravedad. No puede usarse manualmente. No puede usarse desde embarcaciones pequeñas y sin preparar.

Tabla 1. Características, ventajas y desventajas del corer de gravedad y del box corer.

En el caso de los Programas de Vigilancia y Control Ambiental los estudios suelen estar centrados en realizar los análisis de los sedimentos más recientes, por lo que sólo son necesarios los 2 cm más superficiales de la muestra (espesor asociado a los depósitos de un año de acuerdo con las tasas de sedimentación más habituales). En el caso de que se quiera realizar un análisis más global suelen tomarse los 10 cm superficiales para la evaluación (Recommended Guidelines for sampling marine sediment, water column, and tissue in puget sound, EPA,1997).

La draga debe descontaminarse entre una estación de muestreo y la siguiente. Si se dispone de información sobre el área de muestreo, se recomienda que las muestras se tomen empezando por las estaciones menos contaminadas y terminen por las estaciones más contaminadas.

Una vez la draga se ha recuperado en la superficie, debe examinarse la muestra con el fin de asegurar que ésta es aceptable. Los criterios de aceptabilidad son los siguientes:

- La draga no está completamente llena de sedimento (ya que podría ser un indicador de que ha perdido parte de la muestra).
- Existe algo de agua en la parte superior, lo que indica que la muestra está íntegra.
- La superficie del sedimento aparece prácticamente sin perturbaciones.
- Contiene el mínimo de profundidad de muestra deseada.

Una vez se ha podido comprobar que la muestra es adecuada se deben realizar las medidas de campo como pH y redox, así como la extracción de las submuestras para el análisis de compuestos orgánicos y volátiles (que deberán guardarse en recipientes convenientemente cerrados y etiquetados). Además, deben anotarse observaciones como las características visuales de textura, la presencia de infauna visible, evidencia de contaminación como películas oleoginosas... Otro dato a recoger en el campo es la profundidad a la que se ha recogido la muestra, aunque, en principio, ésta es una información que se conoce antes de la campaña de muestreo

3. INFORME DE MUESTREO

De acuerdo con la guía para técnicas de muestreo de la norma UNE/EN 25667-2 de 1995, el informe de muestreo deberá contener como mínimo la siguiente información:

INFORME DE MUESTREO
Situación geográfica
Fecha de muestreo
Hora de la toma
Método de la toma
Duración de la toma
Nombre de la persona que ha efectuado la toma
Condiciones meteorológicas
Naturaleza del tratamiento preliminar
Agentes de conservación o de estabilización determinado
Datos recogidos en el muestreo

Tabla Datos mínimos que debe contener el informe de muestreo (UNE/EN 5667-2).

4. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Los métodos de conservación de las muestras que se incluyen a continuación se corresponden con los parámetros recomendados en el manual. Dichos métodos son los indicados por la UNE/EN 25667-3.

Indicador	Parámetro		Tipo de recipiente	Técnica de conservación	Tiempo máximo de conservación	Observaciones
Indicadores biológicos	Recuento/ identificación	Invertebrados bentónicos (muestras grandes)	P/V	Añadir Etanol a la muestra hasta tener 70% (en volumen)	1 año	
	Recuento/ identificación	Invertebrados bentónicos (muestras grandes)	P/V	Añadir formaldehído al 37% neutralizado con tetraboro de sodio o hexametilentetramina (solución de formalina de 100 g/L) para obtener una solución del 3,7% de formaldehído (correspondiente a una dilución 1:10 de la solución de formalanina).	1 año (3 meses mínimo antes del análisis).	
	Identificación/ Recuento	Macroinvertebrados bentónicos pequeños	V	Transferir una solución de conservación compuesta de etanol, de al menos 70% en volumen, formaldehído al 37% en volumen y glicerol (en las proporciones 100:2:1)	Indefinido	Se requieren métodos de conservación especiales para aquellos grupos de invertebrados que se alteran con el tratamiento normal de conservación
	Identificación/ Recuento	Fitoplancton y macroalgas	P/V con tapa hermética	Añadir de 0,5 a 1 parte en volumen de solución de Lugol (ácido o álcali) por cada 200 partes en volumen de muestra. Refrigerar entre 1°C y 5°C.	6 meses	Mantener las muestras en oscuridad. En general para aguas marinas se utiliza Lugol ácido. Si se produce decoloración puede ser necesario añadir más Lugol.
	Ensayo de toxicidad	Moluscos	P/V	Refrigerar entre 1°C y 5°C	24 h	El periodo de conservación variará en función del método de análisis a utilizar.

Indicador	Parámetro	Tipo de recipiente	Técnica de conservación	Tiempo máximo de conservación	Observaciones
	Ensayo de toxicidad de Moluscos	P	Congelar a -20°C	2 semanas	
Indicadores físico-químicos	Nitrato	P/V	Refrigerar entre 1°C y 5°C	24 h	
		P/V	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl	7 días	
		P	Congelar a -20°C	1 mes	
	Nitritos	P	Refrigerar entre 1°C y 5°C	24 horas	Es preferible realizar el análisis in situ
	Nitrógeno total	P/V	Acidificar a pH entre 1 y 2 con ácido sulfúrico.	1 mes	
		P	Congelar a -20°C	1 mes	
	Carbono Orgánico Total (COT)	P/V	Acidificar a pH entre 1 y 2 con ácido sulfúrico, refrigerar entre 1°C y 5°C	7 días	Es adecuado acidificar a pH entre 1 y 2 con H3PO4. Si pueden estar presentes compuestos orgánicos volátiles no es adecuado acidificar. Analizar en las primeras 8 horas.
		P	Congelar a -20°C	1 mes	
	Clorofila	P/V	Refrigerar entre 1°C y 5°C	24 h	Transportar en recipientes de vidrio color topacio
		P	Tras filtración y extracción con etanol en caliente, congelar a -20°C	1 mes	
		P	Tras filtración, congelar a -80°C	1 mes	
	Conductividad		P o VB	Refrigerar entre 1°C y 5°C	24 h

Indicador	Parámetro	Tipo de recipiente	Técnica de conservación	Tiempo máximo de conservación	Observaciones
	Oxígeno	P/V		4 días	Fijar el oxígeno in situ y mantener las muestras en oscuridad. También puede realizarse el método electroquímico in situ
	Fósforo disuelto	V o VB o P	Refrigerar entre 1°C y 5°C	1 mes	Es conveniente filtrar la muestra in situ en el momento de la toma. Antes del análisis pueden eliminarse los oxidantes por adición de sulfato de hierro (II) o arsenito de sodio
		P	Congelar a -20°C	1 mes	
	Fósforo total	V o VB o P	Acidificar a pH entre 1 y 2 con ácido sulfúrico	1 mes	Es conveniente filtrar la muestra in situ en el momento de la toma. Antes del análisis pueden eliminarse los oxidantes por adición de sulfato de hierro (II) o arsenito de sodio
		P	Congelar a -20°C	1 mes	
	Color	P/V	Refrigerar entre 1°C y 5°C	5 días	Mantener las muestras en oscuridad.

Indicador	Parámetro	Tipo de recipiente	Técnica de conservación	Tiempo máximo de conservación	Observaciones
	Turbidez	P/V	Refrigerar entre 1°C y 5°C	24 horas	Mantener las muestras en oscuridad. Es recomendable realizar las determinaciones in situ

Tabla 2. Métodos de conservación de las muestras (UNE/EN 25667-3)