



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS PLANES DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LOS CULTIVOS MARINOS EN JAULAS FLOTANTES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA GENERAL
DE PESCA



JACUMAR

JUNTA NACIONAL
ASESORA DE CULTIVOS MARINOS



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS PLANES DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LOS CULTIVOS MARINOS EN JAULAS FLOTANTES

Aguado Giménez, Felipe

Carballeira Ocaña, Alejo

Collado Sánchez, Cayetano

González Henríquez, Nieves

Sánchez Jeréz, Pablo



Madrid, 2012

COORDINACIÓN:

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas.
Viceconsejería de Pesca y Aguas.

Avda. Alcalde José Ramírez Bethencourt, nº 22 - 35004
Las Palmas de Gran Canaria. Edificio Jinámar - Planta
baja. Fax: 928.11.75.94



COORDINACIÓN TÉCNICA:

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Departamento de Química

Edificio de Ciencias Básicas, Campus Universitario de
Tafira 35017- Las Palmas de Gran Canaria
Tlf: 928 452917/2900; Fax: 928452922

www.ulpgc.es

Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM). Agencia
Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la
Información, Medio Litoral y Desarrollo Sostenible

Carretera de Taliarte s/n
35214 Telde Las Palmas

Fax: 928.11.75.94

Tlf: 928.13.29.00

www.iccm.rcanarias.es



EDITA:



Esta propuesta surge como producto del proyecto del *Plan Nacional de selección de indicadores, determinación de valores de referencia, diseño de programas y protocolos de métodos y medidas para estudios ambientales en acuicultura marina*, impulsado por JACUMAR dentro del Plan Nacional de Cultivos Marinos

Foto Portada: Grupo Culmárex (Águilas – Murcia)

NIPO: xxxxxxxxx

Diseño y Maquetación: TRAGSATEC, S.A.

Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/pesca/temas/acuicultura/>

PARTICIPANTES:

IMIDA Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario.

C/ Mayor, s/n. 30150 La Alberca (Murcia).

Tel: 968.36.67.16; Fax: 968.36.67.92

www.imida.es



Región de Murcia
Consejería de Agricultura y Agua



Universidad de Alicante. Dpto. de Ciencias del Mar y Biología Aplicada

Pabellón 13- Planta Baja

Ctra. San Vicente s/n

03690-San Vicente del Raspeig

Tel.: 965.90.98.40; Fax: 965.90.98.97



INSTITUTO MULTIDISCIPLINAR
PARA EL ESTUDIO DEL MEDIO
Ramon Margalef



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

IRTA Recerca i Tecnologia Agroalimentàries

Ctra: Poble Nou, Km 5,5 43540

Sant Carles de la Ràpita (Tarragona)

Tlf.: 977.74.54.27

www.irta.es



Generalitat
de Catalunya



Universidad de Santiago de Compostela.

Depto. Biología Celular e Ecoloxía

Facultade de Bioloxía - Rúa Lope Gómez de Marzoa, s/n.

Campus sur.

15782 Santiago de Compostela



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL
E DO MAR



Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

C/ Cardenal Bueno Monreal, Edificio Sponsor, 58, 5ª planta 41012

Tlf.: 955.03.03.00; Fax: 955.03.03.04



Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

COMISIÓN DE TRABAJO:

- Aguado Giménez, Felipe (IMIDA)
- Carballeira Ocaña, Alejo (USC)
- Carreras Doli, Jordi (Litoral Gestión S.L.)
- Collado Sánchez, Cayetano (ULPGC)
- Fernández Lora, Marina (AGAPA)
- Gairín Deulofeu, Joan Ignasi (IRTA)
- Gallé Cejudo, Jesús Pascual (AGAPA)
- González Henríquez, Nieves (ICCM)
- Sánchez Jeréz, Pablo (UA)

EQUIPO DE REDACCIÓN:

- Aguado Giménez, Felipe (IMIDA)
- Carballeira Ocaña, Alejo (USC)
- Collado Sánchez, Cayetano (ULPGC)
- González Henríquez, Nieves (ICCM)
- Sánchez Jeréz, Pablo (UA)

COLABORADORES:

Investigación:

- **Universidad Alicante:**
Just Bayle Sempere
Victoria Fernández-González
Elena Martínez García
- **Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA):**
Benjamín García García
Asunción Piedecausa Narejo
María Martí Gálvez
- **Universidad de Santiago de Compostela:**
Carlos Carballeira Braña
Ana Rey Asensio
- **Para la Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA):**
José Carlos Macías
María del Mar Agraso
José Ramón Texeira
- **IRTA:**
Cristóbal Aguilera Jiménez

Empresas:

- SERVICIOS ATUNEROS DEL MEDITERRÁNEO SL
- DORAMENOR SL
- CULMAREX
- PESCANOVA
- CULTIVOS DEL PONTO
- ADSA
- PROCRÍA
- BIOVIA CONSULTOR AMBIENTAL
- ECOS, ESTUDIOS AMBIENTALES Y OCEANOGRFÍA
- GRUPO INVERMAR
- AQUÍCULTURA ELS ALFACS S.L.
- CULMAR

PRÓLOGO

La acuicultura contribuye cada vez más al abastecimiento de productos de origen marino a la población en general, dada la fuerte demanda de mercado de este tipo de productos y la actual sobreexplotación de los recursos pesqueros. No obstante, como cualquier actividad productiva desarrollada sobre el medio natural, presenta también algunos inconvenientes y posibles efectos medioambientales.

Y el desarrollo de la acuicultura va a depender de la sostenibilidad de la propia actividad y, por ende, de sus interacciones con el medio ambiente. Por tanto, para evitar o minimizar cualquier impacto potencial sobre el medio natural, es importante disponer de unas directrices claras y con base científica que aseguren su desarrollo sostenible. Se necesitan pues, adecuados protocolos de vigilancia ambiental para controlar y disminuir los posibles impactos que se deriven de dicha actividad.

La Comisión Europea ha reconocido la importancia de la acuicultura y ha expresado la necesidad de llevar a cabo una estrategia para el desarrollo futuro de esta actividad que permita desarrollar sistemas de producción con reducido impacto ambiental y compromiso de sostenibilidad.

En la actualidad, tanto las administraciones como las empresas, disponen de criterios diferentes para la realización de los estudios ambientales previos y para el seguimiento de esta actividad, así como para la interpretación de los resultados. Asimismo, los contenidos, el diseño y la ejecución de los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) de las granjas marinas pueden variar mucho incluso en una misma región, en muchos casos por no contar con una adecuada base científica para su elaboración. Esto puede suponer una pérdida de competitividad para las empresas, una inadecuada estrategia de gestión medioambiental para las administraciones y una pérdida de oportunidades para profundizar en el conocimiento de las interacciones ambientales de la acuicultura.

Para contribuir a generar conocimiento y aportar soluciones a esta situación, JACUMAR ha financiado entre los años 2008 y 2011 el Plan Nacional “Selección de indicadores, determinación de valores de referencia, diseño de programas y protocolos de métodos y medidas para estudios ambientales en acuicultura marina”. Este proyecto, en el que han participado centros de investigación de 6 Comunidades Autónomas y 20 empresas del sector, se ha dirigido a establecer las bases sobre las que diseñar protocolos y planes de seguimiento ambiental de la acuicultura, con el propósito de facilitar a las empresas el desarrollo de los estudios ambientales pertinentes, y simplificar a las administraciones la gestión ambiental relativa a la acuicultura marina.

Como resultado final de estos trabajos, se ha elaborado esta Propuesta Metodológica, cuyo hito principal ha sido diseñar un Plan de Vigilancia Ambiental, utilizando Indicadores y Normas de Calidad Ambiental (NCA) sencillos, efectivos, fiables, dinámicos en relación a la evolución del medio y estandarizados para todo el territorio nacional.

Además, para facilitar la implantación y la asimilación de este protocolo en los sistemas de gestión ambiental, la propuesta se ha diseñado de una forma dinámica y adaptable, para que los continuos avances en el conocimiento puedan ser incorporados en el protocolo que aquí se presenta.

Por todo ello, esperamos que esta Propuesta Metodológica contribuya a mejorar y simplificar los procedimientos de gestión ambiental, sirviendo de referente y apoyo para los gestores, productores y usuarios, con el fin de impulsar una acuicultura cada vez más sostenible.

ÍNDICE

| | | | |
|---|----|---|----|
| ABREVIATURAS | 1 | b) Variables de vigilancia complementaria | 33 |
| 1. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES | 3 | - pH | 33 |
| 2. CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA | 7 | - Potencial de oxidación-reducción (Eh) | 33 |
| 3. COMPARTIMENTOS AMBIENTALES AFECTADOS O SUSCEPTIBLES DE EXPERIMENTAR ALTERACIONES | 11 | - Contenido en materia orgánica | 33 |
| 3.1. Alteraciones más relevantes sobre el sistema pelágico | 13 | - Señal isotópica de ¹⁵ N (δ ¹⁵ N) | 33 |
| 3.2. Alteraciones más relevantes sobre el sistema bentónico | 13 | 6.1.1.2. Praderas de fanerógamas marinas | 34 |
| 3.3. Otros tipos de alteraciones | 15 | 6.1.1.3. Fondos rocosos infra- o circalitorales | 36 |
| 3.4. Identificación de compartimentos del medio a incluir en los PVA | 15 | 6.1.1.4. Fondos de Maërl | 36 |
| 4. ESTABLECIMIENTO DE “ZONAS DE EFECTOS PERMITIDOS” | 17 | 6.1.1.5. Otros tipos de indicadores | 37 |
| 5. PERTURBACIONES NO DESEADAS (PnD) | 21 | 6.1.2. Sistema pelágico: columna de agua | 37 |
| 5.1. PnD en el sistema pelágico | 23 | 6.2. Variables de vigilancia visual | 38 |
| 5.2. PnD en el sistema bentónico | 23 | 7. OBJETIVOS DE CALIDAD | 43 |
| 5.2.1. En fondos de tipo detrítico – sedimentario | 23 | 8. DISEÑO EXPERIMENTAL | 47 |
| 5.2.2. En praderas de fanerógamas marinas | 23 | 8.1. Justificación del diseño propuesto | 49 |
| 5.2.3. En fondos rocosos infra- o circalitorales | 24 | 8.2. Escala espacial o zonación | 50 |
| 5.2.4. En fondos de Maërl | 24 | 8.3. Escala temporal o periodicidad | 51 |
| 6. VARIABLES INDICADORAS | 25 | 8.4. Modelo de Análisis de la Varianza (ANOVA). Niveles de los factores, replicación, asunciones e hipótesis estadísticas | 52 |
| 6.1. Variables de vigilancia sistemática | 28 | 8.5. Nivel de significación y grados de libertad | 54 |
| 6.1.1. Sistema bentónico | 28 | 8.6. Tratamientos estadísticos de los datos | 55 |
| 6.1.1.1. Fondos de tipo detrítico – sedimentario | 28 | 8.6.1. Tratamiento univariante | 55 |
| a) Variables de vigilancia obligatoria | 28 | 8.6.2. Tratamiento multivariante | 55 |
| - Granulometría: fracción fina (FF) del sedimento (< 65 μm) | 29 | 9. NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NCA) | 57 |
| - Sulfuros libres totales (TFS) | 29 | 9.1. Criterios para el establecimiento de NCA | 59 |
| - Poblamiento infaunal de poliquetos | 31 | 9.2. NCA para variables del sistema bentónico | 59 |

| | | | |
|---|-----------|---|-----------|
| 9.2.1. NCA para las variables de fondos detrítico-sedimentarios | 59 | 10.3. Adaptabilidad | 77 |
| 9.2.1.1. NCA para las variables de vigilancia obligatoria | 59 | 10.3.1. Adaptabilidad para las variables del sistema bentónico | 78 |
| a) Granulometría: fracción fina (FF) del sedimento (< 65 µm) | 59 | 10.3.1.1. Adaptabilidad para las variables de fondos detrítico-sedimentarios | 78 |
| b) Sulfuros libres totales (TFS) | 60 | a) Adaptabilidad para las variables obligatorias | 78 |
| c) Poblamiento infaunal de poliquetos | 60 | - Granulometría: fracción fina (FF) del sedimento (< 65 µm) | 78 |
| 9.2.1.2. NCA para las variables de vigilancia complementaria | 61 | - Sulfuros libres totales (TFS) | 78 |
| a) Enriquecimiento orgánico contenido en materia orgánica (MO) ... | 61 | - Poblamiento infaunal de poliquetos | 78 |
| b) pH y potencial redox (Eh) | 61 | - Adaptabilidad para las variables complementarias | 78 |
| c) Señal isotópica de 15N (δ ¹⁵ N) | 61 | - Adaptabilidad para las variables de comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico | 79 |
| 9.2.2. NCA para las variables de comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico | 62 | 10.3.2. Adaptabilidad para las variables del sistema pelágico | 79 |
| 9.2.2.1. NCA para las praderas de fanerógamas marinas | 62 | 10.3.2.1. Adaptabilidad para la producción primaria fitoplanctónica: contenido en clorofila-a (Chl-a) | 79 |
| 9.2.2.2. Fondos rocosos infra- y circalitorales y fondos de Maërl | 62 | 10.3.2.2. Adaptabilidad para la turbidez | 79 |
| 9.3. NCA para variables del sistema pelágico | 62 | 10.3.2.3. Adaptabilidad para el oxígeno disuelto | 79 |
| 9.3.1. NCA para la producción primaria fitoplanctónica: clorofila-a | 63 | 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 83 |
| 9.3.2. Oxígeno disuelto y turbidez | 63 | 12. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA | 87 |
| 9.4. Normas de Calidad Ambiental para sustancias prioritarias y para otros contaminantes, así como sustancias preferentes | 63 | 13. NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES | 87 |
| 10. DISEÑO ADAPTATIVO DE LA MONITORIZACIÓN | 65 | ANEXO I: MODELO CONCEPTUAL | 91 |
| 10.1. Niveles de impacto | 68 | ANEXO II: METODOLOGÍA DE MUESTREO Y ANÁLISIS NORMALIZADO | 97 |
| 10.2. Niveles de vigilancia | 68 | ANEXO III: FORMULARIOS TIPO PARA EL PVA | 135 |
| 10.2.1. Niveles de vigilancia de partida | 69 | ANEXO IV: GLOSARIO | 161 |
| 10.2.1.1. Nivel de vigilancia V.1 | 69 | | |
| 10.2.1.2. Nivel de vigilancia V.2 | 70 | | |
| 10.2.1.3. Nivel de vigilancia V.3a | 71 | | |
| 10.2.1.4. Nivel de vigilancia V.3b | 72 | | |
| 10.2.1.5. Nivel de vigilancia V.3c | 73 | | |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Esquema vertebral y criterios por los que se establece la propuesta metodológica para la realización de los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) de los cultivos marinos en jaulas flotantes | 11 |
| Figura 2: Esquema de los compartimentos ambientales susceptibles de experimentar alteraciones por los cultivos de jaulas de peces en mar abierto | 17 |
| Figura 3: Niveles de organización, integración y complejidad de los sistemas biológicos. Fuente: comunicación personal de J.A. García-Charton (U. de Murcia) | 34 |
| Figura 4: Descripción del procedimiento del registro videográfico de la vigilancia visual del lecho marino. Las flechas indican la corriente predominante o la dirección del muestreo en cada una de las zonas | 40 |
| Figura 5: Esquema representativo de la zonación propuesta para los PVA | 53 |
| Figura 6: Tipos de error estadístico en un contraste de hipótesis | 56 |
| Figura 7: Ejemplo de red de puntos de muestreo para Nivel de vigilancia V.3c. para estudio de sinergias | 75 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Resumen de Variables Indicadoras | 43 |
| Tabla 2: Nivel de impacto I.1. Nivel de vigilancia V.1.: producción < 500 Tm/año | 77 |
| Tabla 3: Nivel de impacto I.2. Nivel de vigilancia V.2.: producción entre 500 - 1500 Tm/año | 77 |
| Tabla 4: Nivel de impacto I.3a. Nivel de vigilancia V.3a.: producción > 1500 Tm/año, granja individual | 78 |
| Tabla 5: Nivel de impacto I.3b. Nivel de vigilancia V.3b.: más de 2 granjas con \geq 1000 Tm/año cada una; ZEP a menos de 200 m | 78 |
| Tabla 6: Nivel de impacto I.3c. Nivel de vigilancia V.3c.: grupo de granjas | 79 |
| Tabla 7: Resumen de la adaptabilidad por variables indicadoras | 82 |

ABREVIATURAS

α : nivel de significación.

ANOVA: análisis de la varianza.

Arcsin: arcoseno.

BACI: *Before and After – Control – Impact*. Diseño experimental óptimo para estudios ambientales que considera el muestreo antes y después de comenzar un impacto, teniendo en cuenta localidades control.

COT: carbono orgánico total.

Eh: potencial de reducción – oxidación (redox).

EIA: evaluación de impacto ambiental.

EsIA: estudio de impacto ambiental.

F: estadístico de una distribución F de Snedecor.

FF: fracción fina ($< 65 \mu\text{m}$) del sedimento.

g.l.: grados de libertad.

H_0 : hipótesis nula.

i : niveles correspondientes al factor Z.

j : niveles correspondientes al factor T.

k : niveles correspondientes al factor S.

Log_e: logaritmo en base e o neperiano.

MDS: *multidimensional scaling*: Técnica estadística de escalado multidimensional, para la ordenación de datos multivariantes.

MO: contenido en materia orgánica.

MOD: Materia Orgánica Disuelta

n: número de réplicas o muestras independientes tomadas en un mismo punto de muestreo.

NCA: norma de calidad ambiental.

NTU: Unidad de turbidez nefelométrica.

PnD: perturbación no deseada.

PVA: plan de vigilancia ambiental.

S: factor sitio o punto de muestreo dentro de cada zona o nivel del factor Z.

SIMPER: *Similarity percentage*. Test estadístico que determina el porcentaje de similaridad entre dos conjuntos de datos multivariantes.

SNK: *Student-Newman-Keuls*. Test a posteriori de un ANOVA para determinar diferencias entre las medias de los distintos niveles de un determinado factor.

T: factor campañas de muestreo o tiempo.

TFS: total free sulphides, o sulfuros libres totales (H_2S , HS^- y S^{2-}).

Z: factor Zona que distingue las distintas zonas (A, B y C) que se contemplan en el diseño experimental del PVA.

ZEP: zona de efectos permitidos.

1

JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES



1. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

El creciente desarrollo de la acuicultura marina en jaulas flotantes de la última década, ha venido acompañado de una creciente sensibilidad social por las interacciones que esta actividad tiene o puede llegar a tener con el entorno en que se lleva a cabo. Ambos hechos motivan la necesidad de un control ambiental de la actividad que garantice el mantenimiento de unas condiciones óptimas para la crianza de las especies, la funcionalidad del medio receptor, sin detrimento de los servicios que el ecosistema proporciona al resto de usuarios del dominio público, sin poner en riesgo la sostenibilidad de la actividad.

La herramienta administrativa para el control ambiental de las actividades productivas entre las que se encuentra la acuicultura marina en jaulas flotantes, es el Plan de Vigilancia Ambiental (PVA). Dicho PVA se diseña en una fase previa de Estudio del Impacto Ambiental (EsIA) y se pone en marcha cuando comienza la producción. Ambos pasos, EsIA y PVA, dentro del procedimiento administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se encuentran íntimamente relacionados, siendo uno la continuación del otro en el tiempo que dura la actividad. Tanto EsIA como PVA son conceptualmente aplicaciones directas de métodos científicos de investigación, que tienen como finalidad pronosticar y valorar la incidencia de una determinada actividad en su entorno en el caso del EsIA, y comprobar que dichos pronósticos se cumplen en el caso del PVA. Por consiguiente, ambos estudios se retroalimentan, en el sentido que el PVA va a permitir corregir deficiencias de futuros EsIA y realizar predicciones más ajustadas, cuyos nuevos planteamientos van a permitir la elaboración de PVA que aporten información más precisa y exacta acerca del impacto ambiental de esta actividad. En definitiva, un correcto diseño y ejecución del PVA permite profundizar en el conocimiento sobre las interacciones entre las actividades productivas y el medio ambiente, a la vez que

incrementan la eficiencia de otras herramientas predictivas como son los EsIA. Todo esto redundará en una mejor gestión ambiental y de los recursos naturales existentes en el dominio público en que se desarrolla en nuestro caso la acuicultura, en su sostenibilidad y en su imagen ante la sociedad.

No obstante, existe en la actualidad una notable disparidad de criterios en cuanto a los contenidos, diseño y ejecución de los PVA de los cultivos marinos en las distintas Comunidades Autónomas (CCAA) que componen el territorio español. Esta heterogeneidad lleva ligada además una considerable carencia de base científica para la elaboración de los PVA, y en la mayoría de los casos no se sigue una estrategia adecuada de gestión ambiental. Esto supone, en muchos casos, la generación de información poco útil tanto para la empresa como para la administración, y un coste desmedido que redundará en la competitividad empresarial. Estas diferencias interregionales en cuanto a los requerimientos de los PVA vienen suscitando descontento en el sector productivo. Las empresas acuícolas, obedeciendo a la economía de escala, a menudo ejecutan sus proyectos empresariales en territorios sujetos a administraciones autonómicas diferentes, y abogan por la homogeneidad de los contenidos de los estudios ambientales. Esta desigualdad les supone un detrimento en su gestión ambiental y empresarial, una indefinición que les impide comparar entre instalaciones, así como crecer en competitividad y sostenibilidad. Para las administraciones competentes en materia de acuicultura, esta heterogeneidad además de suponer una pérdida de oportunidades para ahondar en una correcta gestión ambiental, también dificulta su competencia a un mismo nivel de exigencia ambiental, a la vez que pone de manifiesto una carencia de estrategias a nivel estatal.

Desde la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR), a través de los Planes Nacionales de Cultivos Marinos, se han realizado algunos intentos de homogeneización de criterios y metodologías



para la realización de los estudios ambientales relacionados con la acuicultura marina. En julio de 1999 se propuso una metodología aplicable a los cultivos marinos en jaulas flotantes, “Protocolo para la gestión medioambiental de las instalaciones de acuicultura en jaulas”, que fue aprobada con carácter definitivo por la 49ª reunión de JACUMAR, el 6 de noviembre de 2000, siendo remitida a la Dirección General de Costas, del Ministerio de Medio Ambiente. Esta Dirección, en escrito de 8 de agosto de 2001, propuso una serie de consideraciones que debían ser tenidas en cuenta y que han sido incluidas en una tercera versión del Protocolo, con la intención de que fuese utilizado como instrumento para la gestión ambiental de la acuicultura en jaulas en España. Este Protocolo trataba de recoger los contenidos mínimos que debieran incluirse en los EsIA y posteriores PVA a realizar. Sin embargo, esta propuesta cayó en saco roto por no reflejar una estrategia clara y consistente a seguir, por su indefinición a la hora de establecer tanto las variables ambientales a utilizar, como los objetivos y normas de calidad, y por no aportar propuestas metodológicas concretas y robustas tanto para la toma de muestras como para el procesamiento de los datos. Por consiguiente, tanto las administraciones como las empresas, seguían sin disponer de criterios que faciliten la realización de estos estudios ni la interpretación de los mismos.

El sector productivo acuícola ha seguido demandando la necesidad de uniformar la información que las administraciones ambientales les exigen para sus EsIA y/o PVA. Esta demanda se puso de manifiesto nuevamente durante el X Congreso Nacional de Acuicultura celebrado en Gandía en Octubre de 2005. Recogiendo el testigo de estas reivindicaciones, durante el primer semestre del año 2007 se prepara el proyecto titulado “Selección de indicadores, determinación de valores de referencia, diseño de programas y protocolos de métodos y medidas para estudios ambientales en acuicultura marina”, para ser presentado a la convocatoria de Planes Nacionales de Cultivos Marinos de

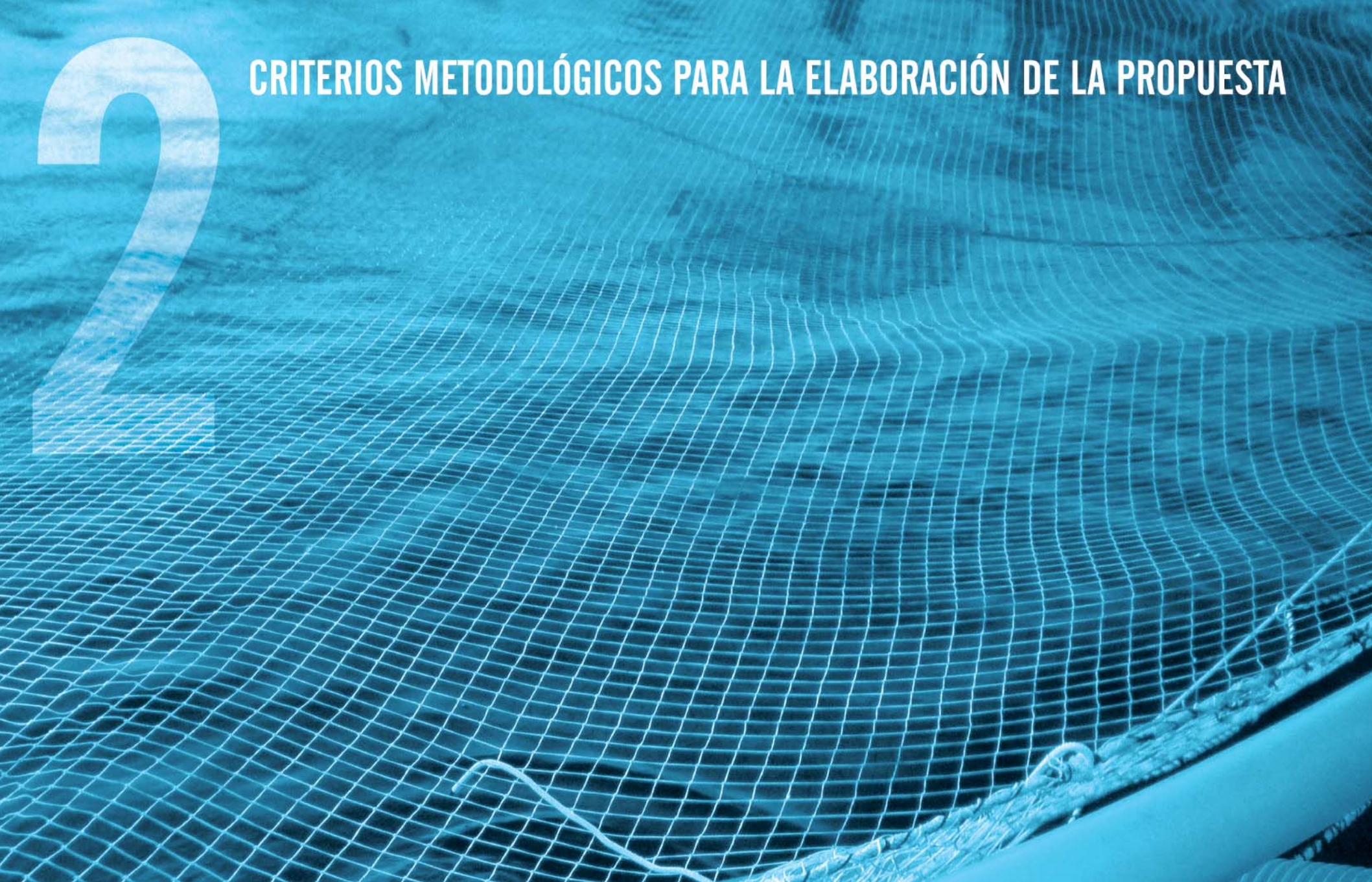
JACUMAR. Este proyecto resultó aprobado y se ha ejecutado durante los años 2008 – 2011, habiendo participado en él centros de investigación de las CCAA de Canarias, Cataluña, Valencia, Murcia, Andalucía y Galicia. Entre los objetivos de este proyecto se encuentra la realización de una Propuesta Metodológica para la Elaboración y Ejecución de los Planes de Vigilancia Ambiental de las Instalaciones de Cultivos Marinos en Jaulas Flotantes, estandarizada para el territorio nacional, cuyos resultados se presentan en este documento.

El principal objetivo de esta Propuesta Metodológica para la Elaboración y Ejecución de los Planes de Vigilancia Ambiental de las Instalaciones de Cultivos Marinos en Jaulas Flotantes es diseñar un PVA que sea sencillo en su ejecución, estadísticamente robusto en su dimensionamiento y tratamiento de datos, dinámico en relación a la evolución del medio, estandarizado en cuanto a los métodos analíticos y de obtención de muestras, y uniforme para todo el territorio nacional.

Las administraciones competentes deberán comprobar que las empresas o entidades que ejecuten los programas de vigilancia ambiental reúnen las competencias adecuadas para ello. En este sentido, las empresas o entidades deberían demostrar sus capacidades de muestreo y de análisis de los parámetros biológicos, fisicoquímicos o químicos correspondientes. Deberían aplicar prácticas de gestión de calidad conformes a las normas aceptadas internacionalmente. Deberían promover procedimientos de intercalibración y de formación con el fin de asegurarse que los diferentes estudios sean comparables utilizando métodos de análisis contemplados en este documento o siguiendo la guía descrita por normalización internacional. Cuando sea posible deberían utilizar el análisis de materiales de referencia disponibles que sean representativos de las muestras recogidas con los niveles adecuados de concentración en relación con las NCA pertinentes.

2

CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA



2. CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta se basa en:

- a) **Modelo conceptual** tipo DPSIR: identificación de fuerzas motrices (D), presiones (P), estado (S), impacto (I) y respuesta (R). El desarrollo de este modelo conceptual permite tener una visión holística y multidimensional de las relaciones causa – efecto en el contexto de las interacciones de la acuicultura marina en jaulas flotantes y el medio ambiente (Anexo I). Actúa como marco de referencia.
- b) Profunda **revisión bibliográfica y documental** que incluye los EsIA y PVA y auditorías ambientales desde su comienzo de todas las instalaciones de cultivos marinos en jaulas flotantes de todas las CCAA participantes, otros protocolos de PVA nacionales y extranjeros entre los que destacan los realizados en Murcia, Escocia y Noruega, proyectos de investigación nacionales (IPSIAM) e internacionales ([MERAMED](#), [MedVeg](#), [ECASA](#)), directivas nacionales, internacionales y regionales, y literatura científica específica. Esta revisión permite identificar los aciertos, errores y deficiencias cometidas hasta ahora, las herramientas disponibles y la definición de una estrategia.
- c) **Estudio piloto** desarrollado en 10 granjas marinas distribuidas por todo el litoral español (apartado 4), en el contexto del proyecto JACUMAR “[Selección de indicadores, determinación de valores de referencia, diseño de programas y protocolos de métodos y medidas para estudios ambientales en acuicultura marina](#)” (2008 – 2011). Este estudio piloto permitió evaluar en diferentes circunstancias las herramientas y estrategias identificadas previamente.

- d) **Esquema vertebral** (Figura 1) elaborado a partir de la información obtenida del desarrollo de los puntos anteriores. Los distintos apartados o criterios en que se divide este esquema conforman la propuesta, y se desarrollan a continuación.

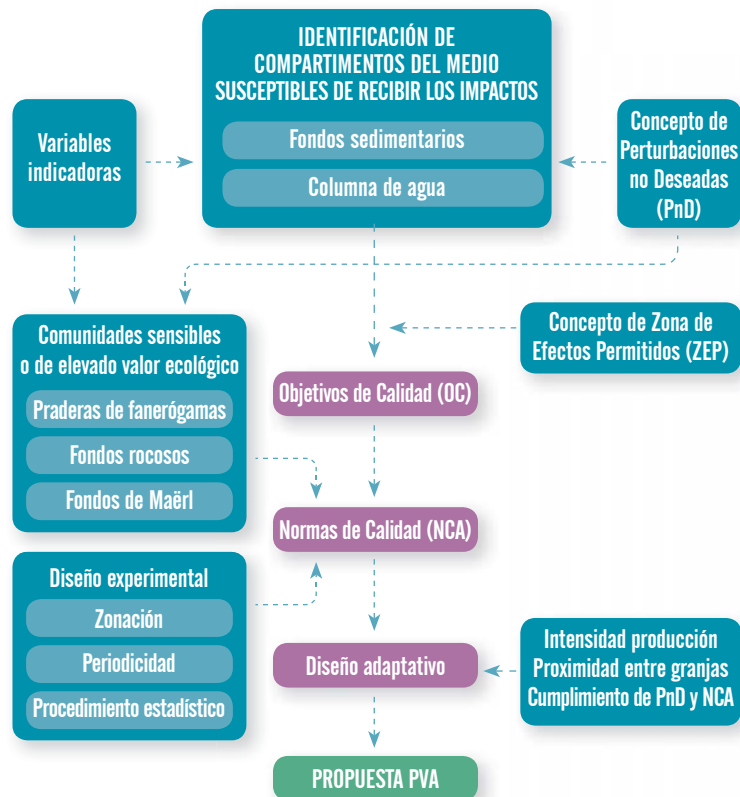


Figura 1: Esquema vertebral y criterios por los que se establece la propuesta metodológica para la realización de los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) de los cultivos marinos en jaulas flotantes. (Elaboración propia)

3

COMPARTIMENTOS AMBIENTALES AFECTADOS O SUSCEPTIBLES DE EXPERIMENTAR ALTERACIONES

3. COMPARTIMENTOS AMBIENTALES AFECTADOS O SUSCEPTIBLES DE EXPERIMENTAR ALTERACIONES

La tendencia en cuanto a la ubicación de las instalaciones de cultivos marinos en el medio natural, es situarlas en zonas más o menos alejadas de la línea de costa. Es lo que se ha dado en llamar acuicultura en mar abierto o cultivos offshore. Los motivos subyacentes a la elección de estas ubicaciones son:

- Minimización de las interacciones con otros usos del litoral.
- Facilitar la dispersión de los residuos generados por los cultivos al situarse en zonas con mayor hidrodinamismo.
- Distanciamiento de las zonas de producción de las biocenosis marinas sensibles o de interés ecológico para evitar afecciones en ellas. Los residuos más relevantes, cuantitativamente, que los cultivos marinos liberan al medio tienen su origen principalmente en los procesos de alimentación y crecimiento. Estos pueden ser de tipo orgánico e inorgánico, pudiendo estar en forma disuelta (amonio, fosfatos, urea, etc.) o particulada (heces, mucosidades, escamas, alimento suministrado no ingerido, etc.). La distinta naturaleza de los residuos conlleva distintas repercusiones sobre diferentes compartimentos dentro del ecosistema marino. Así, los residuos de tipo disuelto van a tener una mayor incidencia sobre el sistema pelágico, principalmente sobre el plancton y la calidad del agua, mientras que los de tipo particulado van a afectar mayoritariamente al sistema bentónico.

3.1. Alteraciones más relevantes sobre el sistema pelágico

Los nutrientes disueltos liberados por el cultivo podrían estimular la producción primaria planctónica. En condiciones de mar abierto, la dilución y dispersión de los nutrientes es lo suficientemente rápida como para que apenas se puedan detectar picos en los niveles de algunos nutrientes (amonio y fosfatos) o en los niveles de clorofila-“a” inmediatamente después de los períodos de alimentación, que muy rápidamente se desvanecen (Pitta et al., 1999, 2005, 2009). Dado que las condiciones de cultivo en mar abierto imposibilitan un confinamiento de los nutrientes y por consiguiente que se dispare la producción primaria planctónica, los efectos sobre el ecosistema pelágico son prácticamente inexistentes o despreciables. Pese a ello, en aquellos casos en que las condiciones hidrodinámicas sean poco propicias para la dispersión de los aportes de residuos disueltos (corrientes < 5 cm/s), en situaciones de calmas prolongadas, o en los casos en que haya una concentración de instalaciones de cultivo en un área determinada, será necesario controlar los efectos de la entrada de nutrientes sobre la producción primaria planctónica y en la calidad del agua, que conducirían a otros fenómenos aditivos que alterarían las condiciones normales y las normas de calidad ambiental de las aguas. En casos extremos podrían desencadenarse proliferaciones desmedidas de fitoplancton e incluso de plancton con toxinas (mareas rojas).

3.2. Alteraciones más relevantes sobre el sistema bentónico

Los residuos de tipo particulado y coloidales son dispersados, dependiendo de su tamaño entre otros factores, en menor medida que los disueltos y tienden a depositarse en los fondos en las inmediaciones de las instalaciones de cultivo, llegando a ocasionar alteraciones en el sistema bentónico. La distancia entre las zonas de cultivo y la costa supone que la mayor parte de las comunidades



Fotografía: AGAPA. Junta de Andalucía

sensibles y/o de alto valor ecológico, como las praderas de fanerógamas marinas o las biocenosis de sustrato rocoso infralitoral, queden lo suficientemente distantes como para no verse afectadas. Estas comunidades además suelen gozar de alguna figura de protección, como son las praderas de fanerógamas marinas. No obstante, existen otras biocenosis infra- o circalitorales que se encuentran en mar abierto, que pudieran verse influenciadas por los cultivos marinos si éstos se instalan próximos a ellas. Entre estas biocenosis destacan las biocenosis de algas calcáreas libres (diferentes facies del Maërl) y biocenosis de roca infra- o circalitoral distintas de las presentes en los acantilados costeros. Una adecuada selección de los emplazamientos aptos, una adecuada planificación y un correcto procedimiento de evaluación del impacto ambiental, debieran dejar también a estas comunidades al margen de la influencia de los cultivos. En cualquier caso la existencia de estas comunidades implica su monitorización, sin embargo la administración competente será la encargada de establecer quién es el responsable de este seguimiento.

Los fondos de tipo detrítico – sedimentario ocupan enormes extensiones de la plataforma y el talud continental del litoral. Estos fondos se caracterizan por una aparente uniformidad y una diversidad biológica baja si se compara con otros fondos más ricos, como los rocosos o las praderas marinas. No obstante, desempeñan un papel importante en el reciclado de la materia orgánica sedimentaria y albergan importantes recursos pesqueros demersales. Dadas sus características de baja biodiversidad y mayor potencial para degradar los aportes orgánicos, las zonas ocupadas por este tipo de fondos han sido seleccionadas -casi por eliminación-, para la ubicación de las instalaciones de cultivos en mar abierto. No obstante, cuando la carga orgánica que se deposita sobre ellos supera su capacidad de mineralización, se producen alteraciones biogeoquímicas que conducen a la pérdida de su funcionalidad por desequilibrios en las comunidades bacterianas e infaunales existentes, que en casos avanzados podrían incluso llegar a afectar a los cultivos.

Las instalaciones de cultivo de peces en mar abierto en el litoral español están compuestas básicamente por jaulas flotantes o de gravedad. Estas estructuras constan de una serie de anillos concéntricos flotantes de los que pende un bolsillo de red cuya altura es variable, pero que normalmente oscila entre los -15 y los -30m, dependiendo de la profundidad de la zona de cultivo y de la gestión de las instalaciones y de la producción de la empresa. Las jaulas flotantes, más aun cuando están llenas de peces, suponen un obstáculo para el hidrodinamismo y la dinámica sedimentaria local, pudiendo verse favorecida la deposición de material particulado (tanto derivado del cultivo como de origen natural) en el entorno de las instalaciones. De darse esta situación, la distribución de tamaño de las partículas del fondo podría verse modificada, incrementándose las fracciones más finas del sedimento, bien porque las corrientes de fondo no sean lo suficientemente intensas y/o frecuentes como para transportar estos depósitos de materiales más finos a mayores distancias, bien porque la intensidad de la sedimentación supere a la capacidad de estas corrientes de fondo.

Estos cambios en la composición granulométrica actúan sinérgicamente con el incremento del contenido orgánico del sedimento, alterando las condiciones en que se desarrollan las comunidades de fondos blandos.

Por otra parte, aunque para los casos de cultivos en mar abierto el impacto previsible derivado de los residuos de tipo disuelto sea poco o nada significativo, y aunque las comunidades biológicas sensibles o de elevado interés ecológico se encuentren en principio distantes, el principio de precaución debe primar por encima de todo, en el sentido de que el impacto difuso de estos nutrientes pudiese alcanzar a estas comunidades. Dado que la liberación de nutrientes es continuada en el tiempo y que en determinadas circunstancias las instalaciones de cultivo se concentran en grandes áreas de producción, pudieran darse efectos acumulativos de disponibilidad de nutrientes en zonas en principio alejadas de los focos de emisión. En estos casos es por tanto importante tener localizadas estas comunidades sensibles y ante la sospecha de que pudiesen verse afectadas, incluirlas en los programas de seguimiento ambiental.

3.3. Otros tipos de alteraciones

Existen otros tipos de impactos derivados de los cultivos con efectos en el medio, que en el caso del litoral no están todavía lo suficientemente estudiados. Son las modificaciones derivadas del uso de antibióticos y antiparasitarios, pinturas antifouling, escapes de peces cultivados, metales pesados, etc., y sus efectos sobre los sistemas bentónicos y pelágicos, así como la atracción de fauna salvaje a las instalaciones de cultivo, ya sean peces, aves o mamíferos. Estos aspectos requieren investigaciones más profundas y detalladas para conocer la magnitud de sus efectos y en caso necesario su consideración en los seguimientos ambientales si se realiza un uso frecuente de estas prácticas fitosanitarias, especialmente debido al uso de antibióticos, aunque es importante

el control de sus efectos ambientales, lleva un exhaustivo control veterinario y de sanidad alimentaria.

3.4. Identificación de compartimentos del medio a incluir en los PVA

De todos los compartimentos del medio susceptibles de experimentar las alteraciones derivadas de los cultivos de peces en mar abierto, es el sistema bentónico el que en principio puede verse más afectado. Por ello es lógico que se preste una mayor y más intensa atención a los distintos componentes de este compartimento que a otros. La mayoría de las granjas de cultivo de peces en jaulas flotantes se disponen sobre fondos de tipo detrítico sedimentario y por tanto será este tipo de fondo el que reciba una vigilancia más intensa. Aunque las granjas marinas no están ni nunca han de estar en las proximidades de comunidades sensibles o de elevado valor ecológico (ver apartado 3.2), cuando se tengan sospechas fundadas de que estas comunidades pudieran verse afectadas por los cultivos, deben ser incluidas en los PVA. El sistema pelágico pudiera verse afectado aunque en menor medida que el sistema bentónico, tal como se comenta en el apartado 3.1. No obstante, consideramos que también debe ser incluido en la vigilancia ambiental, siendo de especial interés para los productores, ya que se trata del medio en el que se crían sus peces, y por tanto, es de vital importancia la calidad de las aguas donde se desarrolla la actividad piscícola.

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| COMPARTIMENTOS SELECCIONADOS | Fondos sedimentarios |
| | Sistema pelágico |
| COMUNIDADES SENSIBLES | Praderas de fanerógamas |
| | Fondos rocosos |
| | Fondos de Maërl |

Figura 2:

Esquema de los compartimentos ambientales susceptibles de experimentar alteraciones por los cultivos de jaulas de peces en mar abierto. (Elaboración propia)

4

ESTABLECIMIENTO DE “ZONAS DE EFECTOS PERMITIDOS”

4. ESTABLECIMIENTO DE “ZONAS DE EFECTOS PERMITIDOS”

Como cualquier actividad productiva, los cultivos marinos van a dejar una huella en el medio en que se desarrollan. Es importante pues conocer cuál va a ser el alcance espacial y temporal de los vertidos, pero lo que es más importante es el alcance espacial de los efectos que estos vertidos puedan ocasionar, con el fin de delimitar el área que los recibe y en el caso de que dicho impacto sea asumible (lo que debe haberse evaluado anteriormente en los EsIA previos al desarrollo de la actividad), vigilar que no trasciendan más allá de esa área de influencia. Es lo que en el contexto de las interacciones entre acuicultura y medio ambiente conocemos como “Zona de Efectos Permitidos” (ZEP). Podríamos por tanto definir la ZEP como el área de fondo marino y volumen de la masa de agua receptora donde la autoridad competente permite a los productores alguna alteración de los niveles de determinados indicadores ambientales, definidos por las normas de calidad ambiental, -establecidos por grupos de expertos en base a estudios pilotos o datos existentes-, produciendo un efecto negativo sobre el ecosistema que sea reversible. En esta ZEP asumimos que el medio receptor va a verse afectado por los residuos derivados del cultivo pero sin llegar a producirse efectos permanentes. Por tanto, sabemos que en el caso del sistema

bentónico, éste va a sufrir una serie de alteraciones en su dinámica biogeoquímica. Esta premisa no implica que el sistema bentónico se degrade en su totalidad. Los fondos detríticos – sedimentarios juegan un papel destacado en el funcionamiento de los ecosistemas litorales, con una alta importancia económica para la pesca litoral. Por tanto, es fundamental que no se pierda su funcionalidad y el servicio ecológico que proporciona, tanto desde el punto de vista ambiental como para el propio cultivo. Por ello el impacto que sabemos que se va a producir en la ZEP debe ser limitado y asumible. Esperamos que los poblamientos bacterianos e infaunales existentes en la ZEP experimenten desequilibrios o alteraciones como consecuencia de los cambios geoquímicos que se van a producir, favoreciéndose la mineralización de la materia orgánica por rutas anaerobias en el caso de los poblamientos bacterianos, y produciéndose una regresión de los poblamientos infaunales, parte de cuyos elementos son reemplazados por otros que se adaptan mejor al enriquecimiento orgánico y a la hipoxia, originándose poblamientos menos diversos y menos equilibrados en sus relaciones (tróficas, competencia, depredación, bioturbación, bioirrigación, etc.), pero capaces de procesar al menos en parte los residuos depositados. Si el impacto progresa más allá de lo que estos nuevos poblamientos son capaces de metabolizar, se perderá por completo la funcionalidad de estos

fondos y se desencadenarán fenómenos biogeoquímicos que pueden llegar a afectar al propio cultivo: hipoxias, anoxias, emisiones de sulfuros y metano a la columna de agua.

Existen modelos basados en el conocimiento de la respuesta de este tipo de fondos ante el enriquecimiento orgánico, capaces de determinar las dimensiones de la ZEP en función de la intensidad del cultivo, de la capacidad dispersiva del medio



Fotografía: Jordi Carreras Doll

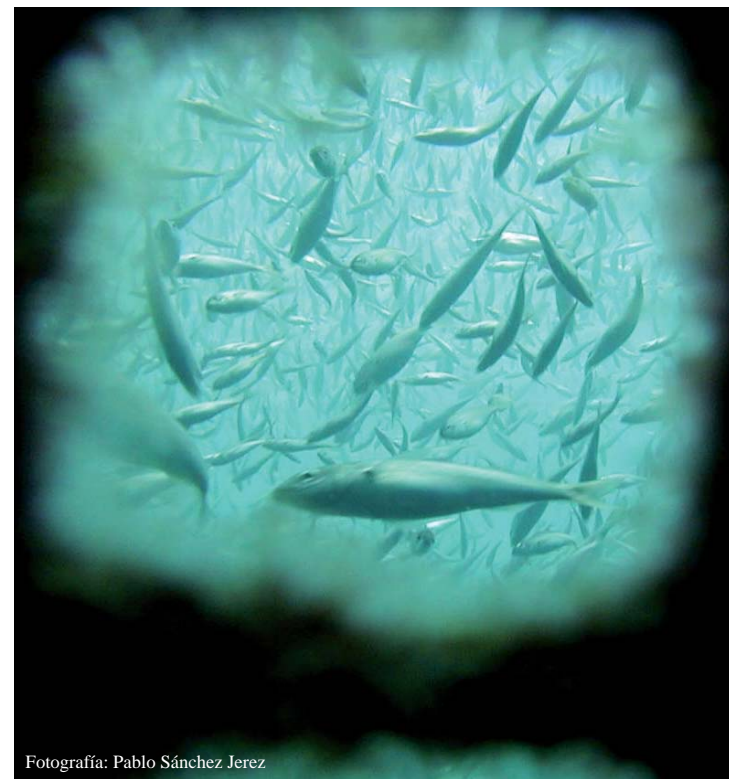


(hidrodinamismo), de la batimetría y de las características físicas de los residuos (velocidad de sedimentación) (Cromey y Black, 2005). No obstante, su aplicación es compleja, no siempre es posible y sus resultados son un tanto controvertidos y restrictivos. Otra posibilidad, mucho más fácil de manejar tanto administrativamente como ambientalmente, es utilizar las dimensiones de las concesiones de las granjas como ZEP. Normalmente el espacio ocupado por las instalaciones es bastante menor que las dimensiones de las concesiones, y generalmente la influencia de los cultivos sobre los fondos no se extiende más allá de una centena de metros, luego las modificaciones severas no trascenderán más allá de la concesión, salvo casos muy excepcionales. Esto proporciona una mayor flexibilidad a los productores en tanto que el cinturón en torno a las instalaciones sobre el que los cultivos pueden ejercer una influencia es mayor que si se aplica un modelo para determinar la ZEP, siempre y cuando las empresas estén haciendo un uso racional de la concesión. A su vez, la concesión como ZEP facilita la gestión administrativa en una doble vertiente. Por una parte, la simplicidad en la delimitación de las ZEP identifica claramente el alcance espacial de las responsabilidades de los productores para con el dominio público. Por otra parte, se favorece la ordenación espacial y regulación de la actividad: todos los elementos de las instalaciones incluidos los fondeos, deben estar dentro de los límites de la concesión; si esto no ocurre es porque las jaulas están demasiado próximas a los límites de la concesión, luego se incrementa la probabilidad de que el cultivo ejerza una influencia sobre zonas que no pertenecen a la ZEP (concesión). En estos casos, la empresa debería reestructurar sus instalaciones para que todos los elementos estén en el interior de su concesión y las jaulas alejadas de sus límites, o ampliar la concesión con el consiguiente incremento del canon de ocupación.

Las empresas productoras al ser beneficiarias de una concesión administrativa de ocupación del dominio público, adquieren ciertas responsabilidades sobre estas concesiones que podrían incluir las

responsabilidades ambientales, lo que facilita la tarea administrativa del seguimiento ambiental. Asimismo, la propia ejecución del PVA nos permitirá averiguar si las dimensiones de la ZEP son correctas o deben modificarse.

ZEP -----> Límites de la concesión



Fotografía: Pablo Sánchez Jerez

5

PERTURBACIONES NO DESEADAS



5. PERTURBACIONES NO DESEADAS

Entendemos como perturbaciones no deseadas (PnD) aquellos cambios ocasionados por el cultivo que son intolerables, no sólo en la ZEP, sino también en su entorno. Establecer qué tipo de alteraciones o perturbaciones son las que se pretende evitar es necesario para definir los objetivos de calidad y establecer unos límites definidos por unas normas de calidad ambiental (NCA).

Cuando aparezcan PnD, es decir, cuando se superan los límites establecidos es cuando la administración competente debe actuar, instando al productor a tomar las medidas oportunas.

5.1. PnD en el sistema pelágico

- a. Pérdida de la calidad del agua en forma de aumento de la disponibilidad de nutrientes derivados de los cultivos que supongan un incremento de la producción primaria planctónica por encima de determinados niveles que pudiesen conducir a procesos de eutrofización o al desarrollo anormal de proliferaciones de plancton tóxico.
- b. Presencia de películas de aceites o combustibles en la capa superficial de agua.
- c. Aguas superficiales con olor manifiesto a pienso o descomposición orgánica.



Fotografía: Pablo Sánchez, Jerez

5.2. PnD en el sistema bentónico

5.2.1. En fondos de tipo detritico – sedimentario

- a. Deposición de material orgánico particulado derivado de los cultivos que conduzca a situaciones manifiestas de anoxia, toxicidad y regresión considerable de los poblamientos infaunales y bacterianos que supongan una pérdida de funcionalidad ecológica.
- b. Acumulaciones visibles de gránulos de pienso en los fondos como consecuencia de deficiencias en la gestión de la alimentación.
- c. Presencia de peces cultivados muertos o restos óseos en el fondo.
- d. Acumulación en el fondo de restos de fouling derivados de la limpieza de instalaciones o elementos.
- e. Existencia de tapices bacterianos de *Beggiatoa sp.* o de mantos de diatomeas.
- f. Burbujeo de gases tóxicos (metano, sulfuros) del sedimento.
- g. Acumulación en el fondo de materiales plásticos, cabos, elementos metálicos, envases o cualquier elemento o herramienta de uso para el mantenimiento de las instalaciones.

5.2.2. En praderas de fanerógamas marinas

Cambios en la estructura poblacional, la productividad, o alteraciones fisiológicas que puedan llegar a suponer pérdida neta de la superficie ocupada por las praderas.

5.2.3. En fondos rocosos infra- o circalitorales

Cambios en la estructura poblacional, la productividad, o alteraciones fisiológicas de los organismos que forman parte de la comunidad específicos en cada caso, que puedan llegar a suponer una regresión de la comunidad, o sustitución de estos organismos por otros oportunistas.

5.2.4. En fondos de Maëri

Cambios en la estructura poblacional, la productividad, o alteraciones fisiológicas de los organismos que forman parte de la comunidad específicos en cada caso, que puedan llegar a suponer una regresión de la comunidad, o sustitución de estos organismos por otros oportunistas.



Fotografía: Acuisleta. Polígono jaulas flotantes. AGAPA.

6

VARIABLES INDICADORAS

6. VARIABLES INDICADORAS

La selección de las variables indicadoras de impacto ambiental en los diferentes compartimentos del medio es fundamental. Junto con un adecuado diseño experimental, deben permitirnos la detección de cambios debidos a la influencia del cultivo, distintos de los cambios naturales, por lo que deben ser específicas para el tipo de impacto que estamos tratando. Dependiendo del compartimento concreto y de la magnitud del impacto previsto, puede que sea necesario utilizar más de una variable indicadora. Asimismo, puede ser necesaria la consideración de otras variables que faciliten la interpretación de los resultados de los otros indicadores. Las variables que utilizemos para monitorizar el impacto ambiental derivado de los cultivos en mar abierto deben cumplir una serie de propiedades:

~ Capacidad para establecer relaciones causa-efecto:

- Que sean específicos y potentes: su respuesta sea concreta para un tipo de impacto concreto, sin que surjan dudas a la hora de interpretar los resultados que nos aportan.
- Que sean consistentes y plausibles: su respuesta ha de mostrarse robusta, sólida, poco sujeta a cambios bruscos en su variabilidad, y por lo tanto recomendable en su utilización.
- Que se ajuste a secuencias espaciales y temporales: su respuesta permita discriminar claramente entre zonas con distintos niveles de impacto en función de los niveles de la variable, y que la variación de sus niveles se ajuste al tiempo de exposición a la fuente de impacto.
- Que su respuesta sea clara frente a la causa del impacto: sus resultados deben corresponderse con los impactos producidos.

~ Método analítico desarrollado y contrastado, y al alcance de cualquier usuario.

~ Resultados relevantes, significativos de las condiciones del medio.

~ Expresión comprensible de los resultados: facilidad y claridad para interpretar los niveles o valores obtenidos por respuesta.

El número de variables a considerar o la frecuencia con que se miden, va a depender esencialmente de la **producción anual autorizada**, que es lo que determina en gran medida la magnitud de las modificaciones ambientales, junto con las características del medio. Asimismo, el periodo de tiempo que está en explotación la concesión, y por tanto el conocimiento sobre el grado de afección, también determina la necesidad de obtener más o menos información al respecto. Normalmente, es a partir del tercer año de funcionamiento cuando se alcanza la producción máxima autorizada y a partir de ahí ésta se estabiliza. Durante ese período en que la producción de residuos va en aumento, consideramos que es interesante recabar más información de la estrictamente necesaria para un correcto seguimiento ambiental de la actividad, en concreto para los sedimentos marinos, que es donde en principio se van a producir las alteraciones más severas. Por ello, hemos considerado que para aquellas instalaciones que comienzan su actividad, a las variables de vigilancia “obligatorias” se deben añadir otras variables de vigilancia “complementaria” durante al menos los tres primeros años de funcionamiento¹. De esta forma, durante este período inicial se adquiere una información más completa acerca de los fenómenos subyacentes en los sedimentos.

¹ o el tiempo estimado necesario para que se alcance la producción máxima autorizada (2-4 años).

Por otra parte, la presencia o ausencia de determinadas perturbaciones no deseadas (PnD) solo pueden ser constatadas mediante una inspección visual del entorno en que se desarrollan los cultivos. Esta inspección visual es también un sistema de control de la calidad del proceso de producción y sirve como sistema de alerta de los efectos que se pueden o se están produciendo en las instalaciones. Por tanto, dentro del esquema de PVA propuesto, se plantea un tipo de vigilancia sistemática que incluye variables cuantificables obligatorias y complementarias si proceden, y un tipo de vigilancia visual que incluye variables semicuantitativas.

La selección de las variables indicadoras para los distintos compartimentos del medio, ha sido realizada teniendo en cuenta la numerosa bibliografía revisada, así como los resultados del estudio piloto desarrollado en el contexto del proyecto JACUMAR del que forma parte este protocolo. A continuación se enumeran las variables propuestas para el seguimiento ambiental en los diferentes compartimentos del medio susceptibles de recibir impactos derivados de los cultivos en mar abierto.



Fotografía: Felipe Aguado-Giménez

6.1. Variables de vigilancia sistemática

6.1.1. Sistema bentónico

6.1.1.1. Fondos de tipo detrítico – sedimentario

a) Variables de vigilancia obligatoria

Siguiendo criterios de:

- i) necesidad de utilizar alguna variable que permita una adecuada descripción física del medio (tipo de sedimento) que nos sirva para poder interpretar los procesos biogeoquímicos que se vayan observando,
- ii) criterios de necesidad de que la respuesta de las variables frente al problema que nos ocupa (impacto de la acuicultura) sea consistente estadísticamente y con capacidad de establecer relaciones causa-efecto,
- iii) criterios de grado de desarrollo y sencillez de los métodos analíticos,
- iv) criterios de capacidad integradora del estado ecológico del medio,
- v) criterios de simplicidad de la propuesta, y
- vi) criterios de ajuste al cumplimiento de los objetivos de calidad que más adelante trataremos.

En el siguiente apartado expondremos las variables seleccionadas como indicadoras para la vigilancia sistemática de los sedimentos.

- Granulometría: fracción fina (FF) del sedimento ($< 65 \mu\text{m}$)

El conocimiento de la distribución de tamaños de las partículas del sedimento (granulometría) es importante desde dos puntos de vista. Por una parte, su variación a lo largo del tiempo aporta información acerca de la dinámica sedimentaria y el hidrodinamismo, de modo que nos puede alertar si se está produciendo un aumento de la deposición de materiales finos procedentes de los cultivos como consecuencia de la obstaculización de las corrientes causada por la presencia de las instalaciones. Asimismo, su variación en el tiempo también aporta información sobre la intensidad de las corrientes de fondo que serían responsables de la resuspensión de las fracciones más finas y de su transporte a zonas más distantes, lo cuál es interesante de cara a mantener la funcionalidad de este tipo de fondos. Por otra parte, se sabe que la granulometría es un factor determinante en la estructura de los poblamientos infaunales y de las condiciones físicas del sedimento, que a su vez determinarán el potencial mineralizador de los aportes orgánicos y el equilibrio metabólico aerobio/anaerobio y la mayor o menor facilidad de intercambio gaseoso y de metabolitos en el perfil vertical del sedimento (porosidad, permeabilidad), de modo que es de gran utilidad para la interpretación de variaciones de otras variables. De las distintas fracciones granulométricas que podemos diferenciar en un sedimento marino, la fracción menor de $65 \mu\text{m}$, correspondiente a limos y arcillas, es la que se ha revelado como más interesante para caracterizar un sedimento desde el punto de vista del impacto derivado de los cultivos marinos. Esta variable (fracción fina: FF) nos permite monitorizar los efectos debidos a la obstaculización de las corrientes a la vez que actúa como un muy buen descriptor de las condiciones del medio para explicar las condiciones geoquímicas y el comportamiento de otras variables tanto bióticas como abióticas.

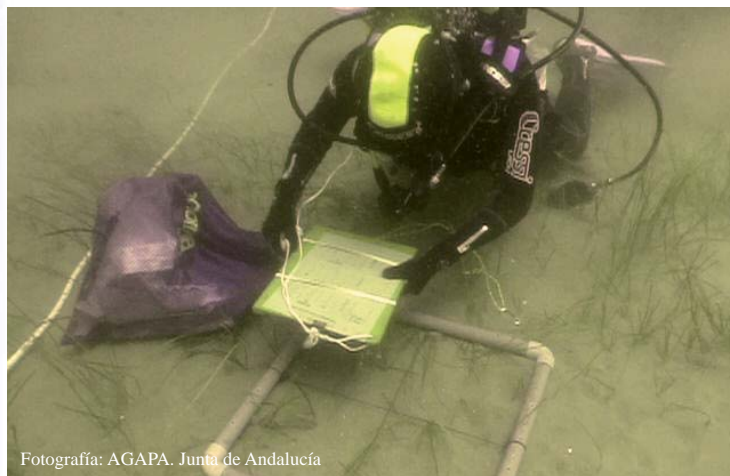
- Sulfuros libres totales (TFS)

Tradicionalmente el grado de afección en el sedimento debido a los cultivos marinos se ha venido subrogando a variables como el contenido en materia orgánica (MO) o carbono orgánico total (COT) del sedimento. Este tipo de variables pueden funcionar para determinar el grado de enriquecimiento orgánico de los fondos en un momento dado. Sin embargo, la materia orgánica depositada sobre los sedimentos marinos, se mineraliza de muy distinta forma y a distinta velocidad dependiendo de como de disponible se encuentre -su especiación-, ya sea para los poblamientos microbianos, meiobentónicos o macrobentónicos. Algunos autores muy experimentados en el seguimiento ambiental de los cultivos marinos en jaulas flotantes han sugerido que los valores de MO o COT medidos bajo instalaciones de cultivo pueden resultar engañosos ya que sus niveles en el sedimento superficial pueden permanecer bajos mientras se producen alteraciones en capas inferiores del sedimento (Karakassis et al., 1998). Esto supone que podamos encontrar niveles de MO o COT bajos o similares a los de zonas no afectadas, y que sin embargo se esté produciendo una alteración de las condiciones geoquímicas y/o de los poblamientos infaunales. La MO en los sedimentos se mineraliza relativamente rápido (Piedecausa et al., 2011), mientras que algunos de los subproductos de dicha mineralización, pueden permanecer durante bastante tiempo en los fondos.

La mineralización de la materia orgánica en el sedimento puede llevarse a cabo mediante procesos metabólicos aerobios (respiración, fotosíntesis, desnitrificación, etc.) o anaerobios (actividad sulfato-reductora principalmente, aunque también metanogénesis en los casos más graves). De hecho, estas rutas metabólicas tan diferentes en cuanto a condiciones coexisten en el sedimento y están equilibradas, dependiendo del oxígeno disponible, de la cantidad de materia orgánica presente, de la permeabilidad e intercambio agua - sedimento y de la profundidad del sedimento.

Cuando el enriquecimiento orgánico en el sedimento es elevado se produce un incremento en el consumo de oxígeno y la capacidad de mineralización siguiendo rutas metabólicas aeróbicas se ve limitada, produciéndose un desequilibrio a favor del metabolismo anaerobio. Tanto más acusado será este último cuanto menos oxígeno haya disponible para mineralizar la materia orgánica. En estas circunstancias, la disponibilidad de oxígeno se ve también limitada por procesos de re-oxidación de los metabolitos derivados del metabolismo anaerobio, principalmente sulfuros, produciéndose un efecto de feed-back. La acumulación de sulfuros en los sedimentos localizados bajo instalaciones de cultivo hace que estos fondos sean de los más ricos en sulfuros en todos los mares (Holmer y Kristensen, 1992). La estimulación de la actividad bacteriana sulfato-reductora debida al enriquecimiento orgánico en los sedimentos localizados bajo instalaciones de cultivo de peces es uno de los problemas más importantes debido a la formación y acumulación de sulfuros, que resultan tóxicos para la mayor parte de los organismos infaunales (macro- y meiofauna) del sedimento,

y que junto con la hipoxia/anoxia son los factores que determinan la magnitud del impacto causado por la excesiva deposición de materia orgánica sobre los fondos. La acumulación de sulfuros en el sedimento como consecuencia de la mineralización anaerobia de la materia orgánica, puede ocurrir incluso cuando los niveles medidos de MO o COT son bajos. Por consiguiente, el establecimiento de relaciones causa-efecto entre el deterioro del medio y la actividad acuícola mediante los niveles de TFS ($H_2S + HS^- + S^{2-}$) es directo. Existen numerosos trabajos en los que se han estudiado los niveles de sulfuros en el entorno de instalaciones de cultivo, y su relación con las condiciones tóxicas, el metabolismo sedimentario, los flujos bentónicos y los poblamientos infaunales (Hargrave et al., 1993, 1997, 2008; Hargrave, 2010; entre los más destacados), habiéndose propuesto valores de referencia para diferenciar el estado de calidad del sedimento en función de los niveles de sulfuros. Además, existen protocolos detallados sobre la metodología analítica (Wildish et al., 1999), que por otra parte es bastante simple y asequible (electrodo de ion selectivo).



Fotografía: AGAPA. Junta de Andalucía



Fotografía: AGAPA. Junta de Andalucía

- Poblamiento infaunal de poliquetos

La capacidad de integración de los distintos niveles de organización en que se puede dividir los sistemas biológicos es mayor cuanto más complejo es el nivel (Figura 3). Sin embargo, al aumentar en complejidad, su estudio resulta más dificultoso. Dependiendo de los objetivos del estudio, se ha de seleccionar el nivel de integración que más interesa para mantener un buen equilibrio en cuanto a coste y beneficio.

Un estudio a nivel de comunidad en el entorno de una instalación de cultivo en mar abierto nos aportaría una magnífica información acerca de cómo es el impacto con un nivel de integración muy alto. Sin embargo, sería un estudio costoso en presupuesto y en tiempo, ya que supone estudiar todos los grupos taxonómicos existentes y no todos responden al impacto a una misma escala temporal. De entre todos los grupos faunísticos que habitan en los fondos de tipo detrítico – sedimentario, y en relación al impacto de los cultivos marinos en estos fondos, el grupo taxonómico de los anélidos poliquetos ha recibido una atención especial, ya que este grupo se ha mostrado como el más sensible para detectar impactos derivados del enriquecimiento orgánico del sedimento (Salas, 1996), entre otras razones por su gran flexibilidad trófica y su habilidad para responder con rapidez ante perturbaciones del medio (Sutherland et al., 2007). Además, Lampadariou et al., (2005) han comprobado que el estudio del poblamiento de poliquetos estudiados a un nivel taxonómico de familia y utilizando un tamiz de 1 mm es suficientemente preciso para detectar cambios en la estructura del poblamiento, debidos al enriquecimiento orgánico derivado de los cultivos marinos. El conocimiento existente sobre este grupo

taxonómico alcanza a distinguir determinados taxones como sensibles o tolerantes al enriquecimiento orgánico, de modo que ciertas familias, como *Capitellidae*, *Dorvilleidae* o *Spionidae* se consideran características de fondos impactados por la acuicultura, mientras que otras como *Paraonidae*, *Onuphidae* o *Sabellidae* se consideran sensibles a este tipo de impacto.

Un metanálisis de los datos obtenidos en el presente proyecto (Martínez et al., en preparación) señala la existencia a nivel general en el litoral español de ciertas familias tolerantes: *Capitellidae*, bien conocida por su tolerancia a la contaminación orgánica; *Dorvilleidae* con algunas especies descritas como tolerantes a grados intermedios de contaminación (Pearson y Rosenberg, 1978), o indicadores de contaminación (Lee et al., 2006); *Glyceridae* y *Nereididae* con especies que son indicadoras de enriquecimiento orgánico (Méndez et al., 1998; Tomassetti & Porello, 2005); *Oweniidae*, que incluye especies de indicación temprana de enriquecimiento orgánico (Lee et al., 2006), y *Spionidae* familia ampliamente aceptada como característica de zonas contaminadas (Dean, 2008).

Dentro del grupo de las especies sensibles pueden destacarse las siguientes familias: *Magelonidae*, *Maldanidae* y *Paraonidae* que incluyen especies que viven en zonas con buena calidad ambiental (Belan et al., 2003; Pagliosa, 2005); *Nephtyidae* con especies consideradas como indicadores de condiciones de baja carga orgánica (Cañete et al., 2000); *Onuphidae*, que incluye especies que desaparecen con impactos antropogénicos (Harkantra & Rodrigues, 2004); y *Sabellidae* que incluye especies sugeridas como indicadoras de condiciones ambientales sin enriquecimiento orgánico (Lee et al., 2006).

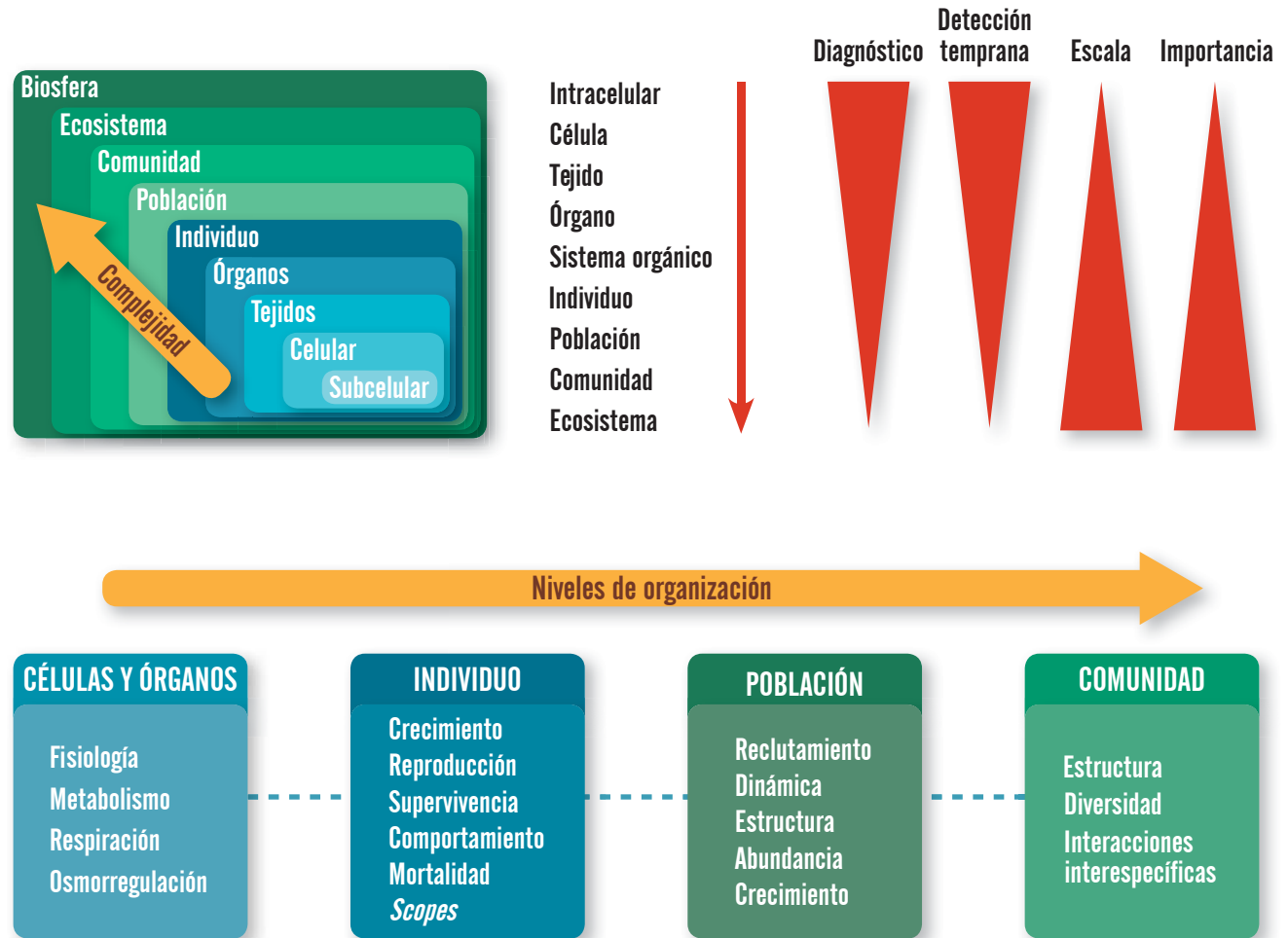


Figura 3: Niveles de organización, integración y complejidad de los sistemas biológicos.
 Fuente: comunicación personal de J.A. García-Charton (U. de Murcia).

b) Variables de vigilancia complementaria

- pH

El pH es una propiedad química del sedimento que tiene un efecto importante en el desarrollo de los microorganismos como de otros seres vivos presentes en el bentos. La determinación del pH nos informa de la concentración de iones hidronio (H_3O^+) que se da en la interfase líquida del sedimento. Es un descriptor, en correspondencia con el potencial de oxidación-reducción (Eh), del estado del sedimento respecto de la condición aerobia o anaerobia que presenta. El pH es la variable principal del control de la especiación y la biodisponibilidad de las especies químicas. Esta variable controla las condiciones para la reducción de los sulfatos y la forma química en la que se encuentren los sulfuros. Nos indicará la predominancia de las formas químicas de las especies de azufre y otros que puedan ser de interés en el sedimento en unión con el Eh.

- Potencial de oxidación-reducción (Eh)

El potencial redox determina las reacciones de oxidación y reducción de muchos compuestos químicos presentes en sedimento. Así un valor de Eh electropositivo y de alta magnitud es indicativo de un ambiente que favorece las reacciones de oxidación. Por el contrario, un valor de Eh electronegativo y de baja magnitud es indicativo de un ambiente altamente reductor. La reactividad, solubilidad y movilidad cíclica de elementos esenciales para los sistemas biológicos son afectadas por cambios en el potencial redox. Al mismo tiempo, el potencial redox afecta la distribución y la actividad metabólica de microorganismos. La disminución del Eh se relaciona con la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua intersticial del sedimento. Valores negativos del redox, por tanto, se asocian a condiciones de anoxia en el que la degradación de la materia orgánica se lleva a cabo por las

bacterias anaeróbicas, que en los sedimentos marinos utilizan principalmente de sulfato como aceptor de electrones liberando sulfuro de hidrógeno. Se considera un buen descriptor del sistema en unión de otros indicadores como la granulometría y el pH.

- Contenido en materia orgánica

La materia orgánica que aparece está formada por sólidos en suspensión que provienen del alimento no ingerido y desechos de los organismos cultivados, así como de la epifauna, plantas y demás organismos asociados a las estructuras de las jaulas, que sedimentan en el fondo en forma de materia orgánica particulada o bien son resuspendidos en la columna de agua. El carbono orgánico se determina habitualmente para evaluar el papel desempeñado por la fracción orgánica de sedimentos en el transporte, deposición y retención de metales en los sedimentos. En condiciones normales suele representar menos de 10% del peso de sedimento. Su determinación consiste en analizar el carbono fácilmente oxidable y relacionándolo con % de materia orgánica, el proceso analítico se realiza mediante una digestión húmeda (Loring & Rantala, 1992).

- Señal isotópica de ^{15}N ($\delta^{15}N$)

Una gran variedad de índices, basados en cambios taxonómicos de la abundancia de productores y consumidores, han sido desarrollados para cuantificar el impacto de la contaminación orgánica de diferente naturaleza. Sin embargo, la desventaja de estos índices es que los efectos son detectados cuando la perturbación ambiental ha ocurrido (McClelland et al., 1997).

La ratio ($\delta^{15}N$) de los isótopos estables del nitrógeno determinada en el medio o en los organismos es un descriptor de la intensidad y de la extensión espacial de la contaminación orgánica, como la liberada por las granjas marinas (Sarà et al., 2004). Incrementos de la señal isotópica ($\delta^{15}N$) en el sedimento debidos a piscifactorías marinas en jaulas se han correlacionado con alteraciones crecientes



de la composición y estructura de las comunidades costeras, como las de anélidos poliquetos de fondos blandos (Carballeira et al., 2011). De esta forma, la $\delta^{15}\text{N}$ puede ser considerada una herramienta de detección temprana del impacto ambiental. Además, es una herramienta muy útil para la vigilancia de la integridad ecológica de comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico -como praderas marinas, arrecifes de coral, etc.- que pueden ser afectadas por cargas orgánicas (Lepoint et al., 2004; Pérez et al., 2008; Holmer, et al., 2008; Risk, et al., 2009).

El método se basa en el hecho de que el nitrógeno (N) tiene dos isótopos estables, un isótopo ligero (^{14}N) y un isótopo más pesado (^{15}N), que se producen en una proporción constante en la atmósfera, 99,635 y 0,365%, respectivamente (Nier, 1950). Sin embargo, esta proporción varía de acuerdo con las diferentes vías metabólicas que una molécula sigue, como de las diversas reacciones del ciclo del N produciendo diferentes fraccionamientos de la fracción isotópica pesada (^{15}N). La señal isotópica ($\delta^{15}\text{N}$) indica la desviación (expresada en ‰) de la composición de la muestra frente al valor estándar internacionalmente aceptado (Robinson, 2001), mediante la fórmula $\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1] * 103$, donde R es la ratio $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$. La determinación de la $\delta^{15}\text{N}$ es precisa y varía con la carga orgánica vertida, mientras que se mantiene estable en condiciones naturales, lo que supone una ventaja como herramienta ambiental.

El N procedente de las granjas marinas presenta una alta proporción de ^{15}N frente al nivel de referencia del nitrógeno inorgánico marino, como resultado de la volatilización del amonio rico en ^{15}N y del procesado microbiano del N en disolución (Van Dover et al., 1992). De esta forma, la $\delta^{15}\text{N}$ en el medio u organismos localizados en el entorno de una granja dependerá fundamentalmente de la relación entre la carga emitida y la capacidad dispersante del medio (Sarà et al., 2006). Dicha relación varía en el tiempo y en el espacio pudiendo dar lugar a múltiples interacciones ambientales que

pueden generar diferentes tipos de perturbaciones. Para obtener una buena información sobre los posibles efectos ecológicos de una piscifactoría es necesario conocer como varía el área de influencia, es decir, la distancia a la cual los parámetros físicos, químicos y biológicos dejan de ser significativamente diferentes del control debido a la acción de los efluentes. En este sentido, los estudios realizados (Carballeira et al., op. cit.) confirman la utilidad en los PVA de la $\delta^{15}\text{N}$ como descriptor de exposición a los efluentes de las granjas marinas porque permiten identificar las fuentes de contaminación y anticiparse al deterioro ambiental, tanto de las comunidades bentónicas directamente afectadas como de aquellas más alejadas, pero que por relevancia ecológica son obligado objeto de vigilancia.

6.1.1.2. Praderas de fanerógamas marinas

Debido a la localización en mar abierto de las instalaciones de cultivo en el litoral español, las únicas fanerógamas marinas que pudieran verse afectadas por la actividad son *Cymodocea nodosa* y *Posidonia oceanica*. Ambas comunidades constituyen hábitats prioritarios de conservación y por consiguiente se encuentran protegidas por legislaciones comunitarias y estatales. *P. oceanica* ocupa grandes extensiones de fondos blandos en el Mediterráneo donde es endémica, mientras que *C. nodosa* presenta una distribución en manchas mucho menos uniformes y extensas, aunque en algunos lugares, especialmente en el litoral de las Islas Canarias, pueden ocupar extensiones importantes (sebadales).

Dependiendo de la transparencia de las aguas, el límite inferior de distribución de ambas fanerógamas varía, pudiendo alcanzar en ambos casos los 35 – 40 m, aunque lo normal es que para *P. oceanica* se encuentre entre los 25 – 30 m, y para *C. nodosa* entre los 15 – 25 m. La influencia de los cultivos marinos sobre *P. oceanica* ha sido ampliamente estudiado (Ruiz et al., 2001; Holmer et al.,

2008), mientras que sobre *C. nodosa* se ha prestado una menor atención (Delgado et al., 1997). No obstante, aunque la magnitud de la respuesta puede variar entre ambas especies, las causas que conducen a su degradación son las mismas (atenuación de la luz incidente, hipersedimentación, epifitismo y presión por herbívoros (efecto cascada), principalmente), y los efectos netos son la disminución en el tamaño de los haces y de la densidad de haces, lo que supone una pérdida progresiva de la superficie de las praderas.

Holmer et al., (2008) propusieron una distancia mínima entre las instalaciones de cultivos marinos y las praderas de *P. oceanica* de 400 m (*sensu* Díaz-Almela et al., 2008). Trabajos recientes en los que se ha realizado un seguimiento de la señal isotópica del ^{15}N , han puesto de manifiesto que el alcance espacial de los residuos (esencialmente de tipo disuelto) derivados de los cultivos en mar abierto -lo que podríamos denominar “alcance difuso”-, es mucho mayor -del orden de varios kilómetros-, si bien a esas distancias no se observaron alteraciones en la estructura y dinámica poblacional de la pradera (Aguado-Giménez et al., 2007; Ruiz et al., 2010). Estos hallazgos condicionan que la distancia mínima entre praderas e instalaciones se aumente significativamente por encima de esos 400 m propuestos, al menos hasta 2 km, ya que a distancias comprendidas entre 400 – 1000m aún se han detectado efectos perniciosos sobre el crecimiento (Marbà et al., 2006). El conocimiento de esta señal isotópica en los epífitos de las fanerógamas marinas, junto con los niveles de esta variable en las distintas fuentes de N en la zona de estudio, permitiría conocer la aportación de cada una de esas fuentes (entre las que estaría el cultivo de peces) a la carga de epífitos en la pradera. Este estudio, como veremos más adelante, se contempla como una evidencia en caso de incumplimiento de las normas de calidad ambiental propuestas para las praderas de fanerógamas marinas.

En el seno del proyecto europeo *MedVeg* se llevó a cabo un estudio exhaustivo sobre la influencia de los cultivos marinos sobre las

praderas de *P. oceanica*, utilizándose diversos descriptores a diferentes niveles (individuo, población, comunidad). De entre los descriptores posibles para monitorizar el impacto de los cultivos en mar abierto sobre las praderas de fanerógamas marinas, los más relevantes son la tasa de sedimentación (umbral de 1.5 g materia orgánica $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$; Díaz-Almela et al., 2008; Holmer et al., 2008) y los cambios netos en la estructura de la población (densidad de haces y cobertura de la pradera). La evolución de la densidad global de haces a lo largo del tiempo nos aportaría información en caso de afección, de la posible pérdida de superficie neta de pradera, siendo ésta la variable propuesta para el seguimiento de las praderas de fanerógamas marinas. No obstante existen recomendaciones para el seguimiento de las masas de agua en cuanto a *Posidonia oceanica* que establecen la densidad de haces y superficie del haz como indicadores. Además, si las instalaciones de acuicultura estuvieran situadas en las masas de aguas descritas por la tabla 45 del ORDEN ARM/2656/2008 (Orden de Instrucción de Planificación Hidrológica) se debieran incorporar los indicadores que se describen en la misma.



Fotografía: AGAPA. Junta de Andalucía



6.1.1.3. Fondos rocosos infra- o circalitorales

Los sustratos rocosos albergan comunidades muy dispares y heterogéneas debido a la diversa combinación de atributos abióticos y bióticos. La orientación, inclinación, rugosidad, tamaño de los bloques, profundidad, hidrodinamismo, disponibilidad de nutrientes, irradiancia, etc., motivan la presencia y abundancia de uno u otro tipo de organismos. En cualquier caso, la composición faunística y florística en comunidades de sustrato duro y las distintas interrelaciones que se dan entre los diferentes componentes del hábitat (bióticos y abióticos) determinan la estructura de la comunidad. En este sentido, las comunidades de fondos rocosos están formadas por organismos que estructuralmente desempeñan distintas funciones. Según la clasificación de Jones y Andrews, (1993) podemos encontrar diferentes tipos de organismos:

- Organismos “formadores del hábitat”: aquellos que caracterizan el hábitat.
- Organismos “determinantes del hábitat”: aquellos capaces de influenciar la distribución de los “formadores del hábitat”, normalmente a través de mecanismos de depredación o ramoneo.
- Organismos “sensibles al hábitat”: aquellos cuya distribución y abundancia está fuertemente influenciada por el estado del hábitat.

La naturaleza de estos hábitats está determinada por las relaciones entre los distintos miembros de la comunidad, que a su vez está influenciada por factores exógenos. La dinámica de las comunidades de sustrato duro depende enormemente de la dinámica de los organismos “formadores del hábitat”, por ejemplo, algas, gorgonias, esponjas o briozoos. Cualquier proceso que pueda influir sobre estos organismos a menudo conlleva “efectos cascada” sobre el resto de organismos que componen la comunidad.

Puesto que partimos de la base de que estas comunidades sólo podrían verse influenciadas como mucho por el alcance difuso de

los residuos derivados de los cultivos, consideramos que evaluar el estado de la comunidad en su conjunto sería una tarea desmedida en cuanto al coste que ello implica. En aquellas situaciones en que se sospeche que determinadas comunidades de sustrato duro pudieran verse afectadas por los cultivos en mar abierto, los esfuerzos han de centrarse sobre los “organismos formadores del hábitat” (biomasa por unidad de superficie), que dependiendo de la localización de la comunidad (acantilado, losas horizontales profundas, fotófilo, esciáfilo, etc.) pueden ser unos u otros organismos, por lo que habrá que identificarlos como primer paso para su monitorización.

6.1.1.4. Fondos de Maërl

Maërl es un término genérico de origen francés, utilizado para englobar a aquellos lechos infra- o circalitorales cubiertos por algas rojas calcáreas, nodulares y de vida libre (rodolitos). Estas formaciones algales se distribuyen en manchas más o menos extensas sobre fondos detrítico – sedimentarios, que en el Mediterráneo aparecen entre los 25 y 90 m de profundidad.

Estas algas rojas calcáreas se caracterizan por un crecimiento muy lento y por estar adaptadas a unas condiciones de luz, temperatura, hidrodinamismo, sedimentación y disponibilidad de nutrientes muy particulares (Wilson et al., 2004). Los fondos de Maërl forman un entramado estructural complejo (algas calcáreas vivas junto con esqueletos calcáreos muertos), a modo de bosque a pequeña escala, de manera que proporciona una gran variedad de nichos ecológicos que sirven para el desarrollo de una importante y diversa comunidad de algas filamentosas, invertebrados y peces de interés comercial, algunos de ellos exclusivos de este tipo de fondos. Las “especies formadoras del hábitat” más destacadas son *Phymatolithon calcareum* y *Lithothamnion coralloides* (incluidas en el anexo V de la Directiva Hábitat), aunque dependiendo de la hidrodinámica del fondo, pueden ser más abundantes otras especies de los géneros *Peyssonnelia spp.* o *Lythophyllum spp.* (Aguado-Giménez & Ruiz, 2012). Sus características

de elevada diversidad biológica, complejidad estructural, crecimiento lento y sensibilidad a las condiciones ambientales, han supuesto que los fondos de Maërl hayan sido catalogados como de protección prioritaria.

El impacto de los cultivos marinos sobre estos fondos ha sido estudiado en muy pocas ocasiones, afortunadamente, porque no se han dado muchos casos en que las instalaciones de cultivo se hayan localizado directamente sobre estos fondos. No obstante, se ha podido constatar que la hipersedimentación de materia orgánica y la anoxia y toxicidad consecuentes conducen a una regresión progresiva de estos fondos (Aguado-Giménez & Ruiz, 2012). El propio entramado que forman los talos algales actúa como trampa para retener el material particulado que sedimenta sobre ellos, dificultando las posibilidades de resuspensión y transporte. Asimismo, el resto de la comunidad también experimenta importantes alteraciones al verse limitadas las capacidades filtradoras, suspensoras, etc., como consecuencia del aumento de materiales en suspensión y del deterioro de las condiciones geoquímicas de los sedimentos subyacentes (Hall-Spencer et al., 2006).

La identificación taxonómica tan sólo de las algas que aparecen en este tipo de fondos es una tarea altamente especializada. La evolución en el tiempo en comparación con estaciones control de la relación entre el peso de Maërl vivo y muerto por unidad de superficie (biomasa / tanatoma) sirve como descriptor para la monitorización de esta comunidad. La dificultad estriba en localizar estaciones control adecuadas. No obstante, puesto que los fondos de Maërl no son muy abundantes en nuestro litoral, cabría esperar que no hubiese lechos afectados por los cultivos en mar abierto, pero de darse el caso habría que prestar una atención especial tanto por la necesidad de conservarlos como para estudiar su respuesta ante perturbaciones antrópicas de este tipo en el litoral.

6.1.1.5. Otros tipos de indicadores

En este apartado se incluyen aquellos indicadores que sin estar plenamente identificados por la actividad como elementos impactantes pudieran ser controlados por imposiciones legales (desde metales, disolventes, pesticidas, etc.). Su control podría ser necesario ya que suponen un riesgo significativo para las aguas superficiales españolas, debido a su especial toxicidad, persistencia y bioacumulación o por la importancia de su presencia en el medio acuático. Estas sustancias que se denominan prioritarias y preferentes de riesgo en el ámbito europeo, están reguladas y descritas en el Real Decreto 60/2011 (Anexo I y II). A priori no se contempla en el ámbito de aplicación del PVA.

6.1.2. Sistema pelágico: columna de agua

Partiendo de la base de que las modificaciones más significativas y de mayor magnitud se reflejan en los fondos marinos, y atendiendo a los argumentos expuestos en el apartado 3.1, entendemos que no está justificada la realización de seguimientos de la columna de agua de una forma sistemática como hasta ahora se realizan en muchas granjas marinas, en los que se han venido incluyendo nutrientes como NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , etc. Sin embargo, dada la transcendencia que representa mantener una buena calidad del agua, se puede considerar de forma complementaria la adquisición de datos relativos a la columna de agua, que sirvan tanto para el control del medio de cultivo, como para la vigilancia ambiental.

Distinguimos dos tipos de variables dependiendo de la finalidad con que se recogen. Por una parte, como variables indicadoras del estado del sistema se consideran el contenido en clorofila-“a”, como variable indicadora de la producción primaria fitoplanctónica, y la turbidez como indicadora de un exceso en el aporte de material particulado derivado del cultivo (riesgo de eutrofización). Por otra



parte, como variables de control del medio de cultivo se incluyen la temperatura, salinidad y el oxígeno disuelto. Las cinco variables se han de tomar en el perfil de la columna de agua. De este modo, se podrán determinar fenómenos de interés tanto para el cultivo como para la interpretación de otras variables ambientales, como son los cambios de temperatura y salinidad con la profundidad y sus estratificaciones (termoclina y haloclina), disponibilidad de oxígeno a distintas profundidades, así como fenómenos de resuspensión. Este control se entiende recomendable en los casos que no sea obligatorio tal como se ha expuesto en el apartado 3.1. Esto se registrará en los niveles de vigilancia V3.a y V3.b que veremos más adelante. No obstante se recomienda que todas las granjas realicen un control diario de turbidez con disco Secchi, temperatura y oxígeno disuelto en la zona de cultivo.

6.2. Variables de vigilancia visual

La vigilancia visual tiene una doble finalidad. Por una parte, constatar si se lleva a cabo una adecuada gestión de la alimentación, de los residuos y del mantenimiento de las instalaciones, cuyas repercusiones puedan conducir a PnD. Por otra parte puede actuar como sistema de alerta temprana para advertir de fenómenos que se estén produciendo o puedan llegar a producirse. Concretamente se trata de vigilar mediante observaciones de tipo semicuantitativo, que no se produzcan las PnD relacionadas en los apartados 5.1 b y c, y 5.2.1. b – g. Para su control se realizarán inspecciones visuales de la superficie del agua y del lecho marino localizado inmediatamente debajo de las instalaciones de cultivo (dentro de la ZEP) y por fuera de los límites de la concesión (Zona B). Esta inspección se realiza antes del proceso de alimentación o bien 2 horas después con una frecuencia trimestral. El proceso de inspección consiste para el lecho marino en un registro videográfico. Para la Zona A, el registro se realizará desde un punto del centro de la instalación, debajo de

las jaulas de cultivo, con 100 metros hacia barlovento y 100 hacia sotavento en línea recta, siguiendo la dirección de la corriente dominante. Para la Zona B (límite de la concesión) el registro se realizará con 200 metros en línea recta perpendicular a la corriente dominante y a sotavento de las instalaciones (ver Figura 4).

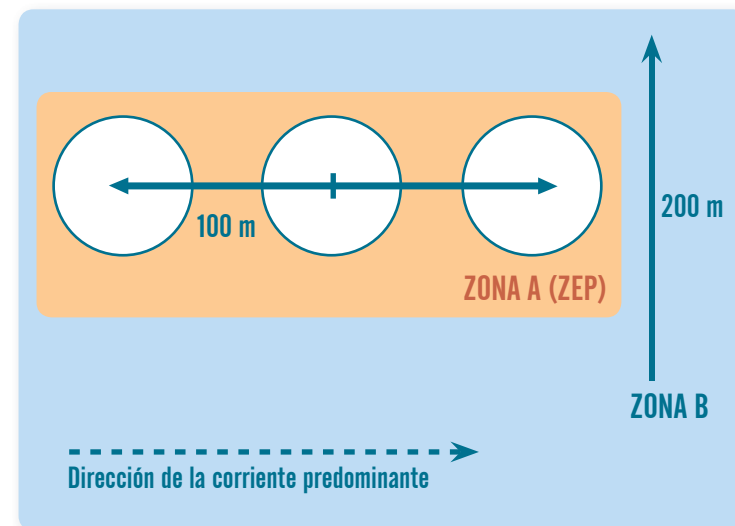


Figura 4: Descripción del procedimiento del registro videográfico de la vigilancia visual del lecho marino. Las flechas indican la corriente predominante o la dirección del muestreo en cada una de las zonas. (Elaboración propia)

Durante las inspecciones visuales consistentes en ambos casos en la realización, con una frecuencia trimestral, de registros videográficos se constatan los siguientes aspectos:

- Acumulaciones visibles de gránulos de pienso en los fondos como consecuencia de deficiencias en la gestión de la alimentación.
- Presencia de peces cultivados muertos o restos óseos en el fondo.
- Presencia en el fondo de restos de fouling derivados de la limpieza de instalaciones o elementos.
- Presencia en los fondos de tapices bacterianos de *Beggiatoa sp.* o de mantos de diatomeas.
- Presencia de burbujeo de gases tóxicos (metano, sulfuros) en los fondos.
- Presencia en el fondo de materiales plásticos, cabos, elementos metálicos, envases o cualquier elemento o herramienta de uso para el mantenimiento de las instalaciones.
- Presencia de películas de aceites o combustibles en la capa superficial de agua.
- Aguas superficiales con olor manifiesto a pienso o descomposición orgánica.
- Presencia de animales escapados.

La calificación de estos aspectos se realiza individualmente conforme a la siguiente escala:

- En > 15% del recorrido: Valor 0.
- Entre el 10 – 15% del recorrido: Valor 4.
- Entre el 5 – 10% del recorrido: Valor 6.
- Entre el 1 – 5% del recorrido: Valor 8.
- En < 1% del recorrido: Valor 10.

Para el caso de la constatación del escape de animales, se cuantifica del siguiente modo:

- Presencia: 0
- Ausencia (< 10 individuos): 10

El resultado de la inspección visual será:

- Todos los indicadores tienen valor 10, la vigilancia visual es: 10 (EXCELENTE)
- Todos los indicadores tienen valor ≥ 8 : la vigilancia es 8 (MUY BUENA)
- Entre 1-3 indicadores tienen un valor igual a 6, la vigilancia es 6 (BUENA)
- Entre 1-3 indicadores tienen un valor igual a 4, la vigilancia es 4 (MALA)
- Dos o más indicadores con valor 0, la vigilancia es 0 (PÉSIMA)

Con una valoración final de BUENO, puede ser recomendable la aplicación de medidas correctoras. Una valoración final de MALO o PÉSIMO requiere replanteamientos de la gestión ambiental de la explotación. Será la administración competente la que tome las medidas en relación a los resultados que pueden dar lugar a expedientes, sanciones o modificaciones de las instalaciones, ubicación o producción máxima autorizada, según dictamine y legisle la autoridad competente.

Por otra parte, el mantenimiento en buen estado de las redes que conforman el bolsillo en el que se cultivan los peces es crucial para

evitar los escapes de peces, y dado que el aumento de granjas en las costas españolas está suponiendo un incremento proporcional del número de individuos escapados, entendemos que es necesaria una revisión de las redes en el contexto de los PVA. Por ello planteamos que se lleve a cabo simultáneamente a la inspección visual, una inspección de las redes de al menos el 20% de las jaulas al azar, la mitad a barlovento y la otra mitad a sotavento de la corriente principal, mediante registros videográficos siguiendo un transecto que cubra toda la vertical de la red. Se propone un formulario para la utilización tanto por las administraciones como por los propietarios (ver anexo III).



Fotografía: CULMAMUR (Cultivos Marinos Murcianos)

Tabla 1: Resumen de Variables Indicadoras

| | | | | | |
|------------------------------|--|---|---------------------------------------|--|---|
| VARIABLES INDICADORAS | VARIABLES DE VIGILANCIA SISTEMÁTICA | Sistema Bentónico | Fondos de tipo Detrítico | VARIABLES DE VIGILANCIA OBLIGATORIA | Granulometría: Fracción Fina (FF) del sedimento (< 65 µm) |
| | | | | VARIABLES DE VIGILANCIA COMPLEMENTARIA | Sulfuros Libres Totales (TFS) |
| | | | | Poblamiento Infaunal de Poliquetos | |
| | | | | pH | |
| | | | Potencial REDOX (Eh) | | |
| | | | Contenido en Materia Orgánica | | |
| | | | Señal Isotópica del 15N (δ15N) | | |
| | | | Praderas de fanerógamas marinas | Densidad de Haces* | |
| | | | Fondos rocosos infra o circalitorales | Biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat* | |
| | | | Fondos de Maërl | Relación biomasa / tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas* | |
| | Otros tipos de Indicadores | Sustancias Prioritarias (RD 60/2011)* | | | |
| | Sistema pelágico: columna de agua | Temperatura* | | | |
| | | Salinidad* | | | |
| | | Turbidez* | | | |
| | | Clorofila – a* | | | |
| | | Transparencia (disco de Secchi - m)* | | | |
| | | Oxígeno Disuelto* | | | |
| | VARIABLES DE VIGILANCIA VISUAL | Acumulaciones visibles de gránulos de pienso en los fondos como consecuencia de deficiencias en la gestión de la alimentación | | | |
| | | Presencia de peces cultivados muertos o restos óseos en el fondo | | | |
| | | Presencia en el fondo de restos de fouling derivados de la limpieza de instalaciones o elementos | | | |
| | | Presencia en los fondos de tapices bacterianos de Beggiatoa sp. o de mantos de diatomeas | | | |
| | | Presencia en el fondo de materiales plásticos, cabos, elementos metálicos, envases o cualquier elemento o herramienta de uso para el mantenimiento de las instalaciones | | | |
| | | Presencia de burbujeo de gases tóxicos (metano, sulfuros) en los fondos | | | |
| | | Presencia de películas de aceites o combustibles en la capa superficial de agua | | | |
| | | Presencia de animales escapados | | | |
| | | Aguas superficiales con olor manifiesto a pienso o descomposición orgánica | | | |

*Indicadores recomendados o solo necesarios para determinadas situaciones según los Niveles de Vigilancia (ver apartado 10)

7 OBJETIVOS DE CALIDAD



7. OBJETIVOS DE CALIDAD

Los objetivos de calidad para las interacciones entre los cultivos marinos y el medio ambiente se formulan sobre la base de que la magnitud espacial de los efectos sobre el ecosistema no supere la zona de efectos permitidos (ZEP), y que no se produzcan PnD en ninguno de los compartimentos del medio.

El objetivo de calidad general es “evitar PnD en los fondos y en la columna de agua, de modo que los efectos negativos de la granja sobre el medio nunca sobrepasen la ZEP”. Se pretende por tanto:

- Vigilar que las modificaciones que se asume que se van a producir dentro de la ZEP no superen los límites establecidos en las normas de calidad, ya que además de afectar a la calidad ambiental también podría afectar a la calidad del cultivo.
- Vigilar que los efectos derivados del cultivo no se extienden más allá de la ZEP. Para ello hay que vigilar las proximidades de la ZEP, pero también vigilar zonas control donde se tenga garantías de que no existe ningún tipo de afección aunque sea de otro origen distinto a la acuicultura y que sean representativas del estado natural de la zona de estudio.

La actividad acuícola objeto de seguimiento va a producir modificaciones de la calidad ambiental en el entorno en que se desarrolla. Dichas modificaciones no deben poner en riesgo la capacidad de recuperación del fondo marino y la columna de agua ni a su funcionalidad para degradar mínimamente los residuos orgánicos emitidos, ni debe perjudicar a los servicios proporcionados por el ecosistema a otros usuarios de este dominio público. En definitiva, se asume cierto grado limitado de efectos negativos sobre el medio en la ZEP, que en ningún caso debe trascender más allá de los límites de la ZEP.



Fotografía: Jordi Carreras Doll

DISEÑO EXPERIMENTAL

8

8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los propios objetivos de calidad y la necesidad de poder distinguir los cambios debidos a la actividad de las granjas de los propios procesos naturales determinan la escala espacial del diseño experimental, mientras que las necesidades de conocer mínimamente la evolución del medio determinan la escala temporal. Este diseño experimental se formula tras haber considerado que la manera más fiable para determinar si se están produciendo desviaciones en el medio, distintas de las naturales, ocasionadas por los cultivos, es a través de contrastes de hipótesis estadísticas.

8.1. Justificación del diseño propuesto

El problema más importante al que nos enfrentamos cuando queremos conocer como se comporta cualquier componente de los diferentes compartimentos del medio marino, ya sea en el sistema pelágico o en el bentónico, es la enorme heterogeneidad espacial y temporal inherente al ecosistema marino. Una misma comunidad biológica no se distribuye de forma homogénea en el espacio ni cambia al unísono con el paso del tiempo. Las condiciones geoquímicas del sedimento muestran su enorme heterogeneidad a escalas espaciales de centímetros. La materia orgánica derivada de los cultivos no se deposita uniformemente en los fondos. Esta variabilidad intrínseca al medio es lo que nos encontramos cuando queremos conocer si se han producido alteraciones como consecuencia de una perturbación: la gran heterogeneidad espacio-temporal puede que no nos permita obtener conclusiones reales si no nos hemos ocupado de tratar la variabilidad de forma correcta. Puesto que la variabilidad es algo que no podemos manejar (es la que hay), lo que debemos hacer es utilizar las herramientas apropiadas para asumirla en la mayor medida posible. Esto se consigue mediante diseños de muestreo adecuados que contemplen replicación a diferentes escalas espaciales y temporales.

En una gran parte de los seguimientos ambientales, el enfoque de la monitorización ha sido la detección de cambios en los valores medios de cualquiera que fuese la variable considerada como apropiada en una zona impactada en comparación con una zona control.

Ante este diseño experimental tan simple surgen dos grandes inconvenientes: afortunadamente solo había disponible una única zona impactada, pero esto implica que la única zona control refleja exactamente el comportamiento de toda el área que no recibe las perturbaciones, y esto obviamente no siempre es realista cuando sabemos de la enorme variabilidad de los sistemas biológicos. Del mismo modo, tampoco sabemos si la zona impactada y la que hemos seleccionado como control funcionaban de forma semejante antes de empezar a producirse las perturbaciones, a no ser que se haya realizado un estudio pre-operacional extenso en el espacio y en el tiempo, algo bastante poco probable en la mayoría de las zonas.

Para poder diferenciar los cambios que observamos en una zona impactada de los que ocurren de forma natural, es básico utilizar varias zonas control para poder asumir la variabilidad espacial natural y diferenciarla de la inducida por la perturbación. Por otra parte, tampoco es cuestión de decidir si una zona ha experimentado cambios si no conocemos como evolucionan esos cambios a lo largo del tiempo. De hecho, para decidir si se está produciendo un impacto lo verdaderamente interesante es saber si los cambios experimentados en la zona impactada a lo largo del tiempo difieren de los cambios naturales a lo largo del tiempo, más que saber si en un momento dado la zona impactada es distinta de la control, ya que pudiera ser que un control también fuese distinto de otro control en un momento dado. A su vez, sería muy interesante conocer si los cambios a lo largo del tiempo en la zona impactada eran similares a los de las zonas control antes de producirse el impacto, ya que de ser distintos, una vez que comience el impacto la evolución de ambas zonas está ya condicionada por sus diferencias previas. Este diseño en el que se considera el comportamiento -entendido como



evolución en el tiempo- de una variable antes y después de aparecer la perturbación en la zona que recibe las modificaciones frente a las mismas respuestas en múltiples zonas control, es sin lugar a dudas la solución más lógica, tanto para identificar con garantías que se está produciendo un impacto como para abordar su seguimiento. De esta manera podemos asimilar la variabilidad tanto espacial como temporal y tener garantías de averiguar si se está produciendo un impacto. Estos diseños experimentales reciben el nombre de diseños *beyond – BACI* (más allá de *Before – After Control – Impact*: múltiples muestreos antes y después de aparecer las modificaciones – múltiples controles) (Underwood, 1991, 1993, 1994).

La caracterización *a priori* del medio susceptible de experimentar alteraciones (comúnmente denominado como estado pre-operacional o estado 0) es una tarea fundamental para poder hacer los pronósticos necesarios sobre cómo va a ser la evolución del medio, cuál va a ser la magnitud de las modificaciones, cuál va a ser el alcance espacial de los mismos, etc. Si obtuviésemos esta información pre-operacional relativa a la zona que va a experimentar alteraciones y en múltiples zonas control durante un período de tiempo suficientemente amplio, sería posible aplicar el diseño óptimo *beyond – BACI*, pero normalmente el estudio pre-operacional sólo se realiza una vez poco antes de comenzar la actividad, (luego en la gran mayoría de los casos no sabemos si la zona que se va a impactar funcionaba de manera semejante al resto de su entorno, lo cual hubiese sido interesante para realizar pronósticos de afección más finos). Esto supone que normalmente no sea posible utilizar este diseño experimental. Por tanto, desde el punto de vista de la monitorización, el estado pre-operacional (un único muestreo antes de comenzar la actividad) asume un menor protagonismo que el que desempeñaba en la EIA, en detrimento de cómo va a ser la evolución del medio a lo largo del tiempo.

Aunque rara vez se va a poder aplicar el diseño óptimo *beyond – BACI*, si hay algunas de sus características que nos interesa

mantener para el diseño que finalmente vamos a aplicar, como son la utilización de varios controles debidamente replicados espacialmente, para conocer y asumir la variabilidad natural, y la repetición de un mismo esquema de muestreo mientras dure la actividad, para conocer y asumir la variabilidad temporal.

8.2. Escala espacial o zonación

Se definen tres zonas (Z) objeto de seguimiento (Figura 5):

Zona A

Zona que se encuentra físicamente bajo las instalaciones de cultivo y/o en su entorno más próximo. Se encuentra en el interior de la concesión administrativa, siendo la parte de la ZEP que va a experimentar alteraciones más significativas de manera directa y sobre la que se lleva a cabo la monitorización.

Zona B

Zona de influencia del dominio público que se corresponde con el área circundante, de no más de 50 m de anchura desde los límites de la concesión (ZEP) hacia el exterior de la misma. Esta zona tiene un especial interés, ya que los efectos derivados del cultivo no deben afectarla de forma significativa al formar parte del dominio público.

Zona C

Se corresponde con zonas de referencia o control, que no reciban ningún tipo de influencia debida a los cultivos marinos ni a ninguna otra fuente de impacto. Debe situarse a no menos de 500 m de las instalaciones y con fondos de naturaleza representativa del área en que se desarrolla el cultivo. Esta zona debe estar fuera de la influencia de la zona A y de otros impactos potenciales que afecten a la evaluación de los efectos potenciales en un contraste de hipótesis. El seguimiento de esta zona nos permitirá distinguir los cambios en el medio debidos a la influencia de los cultivos de los producidos por la variabilidad natural. Se establecen un mínimo de dos zonas C, a barlovento y sotavento de las instalaciones preferiblemente, siguiendo el eje de la corriente predominante.

En cada una de las **Z** (A, B y C) se establecen como mínimo tres sitios (**S**) o localización de muestreo al azar que se corresponden con la replicación espacial de las **Z**. En cada uno de los **S** se toman un mínimo de 3 muestras o réplicas (**n**) al azar.

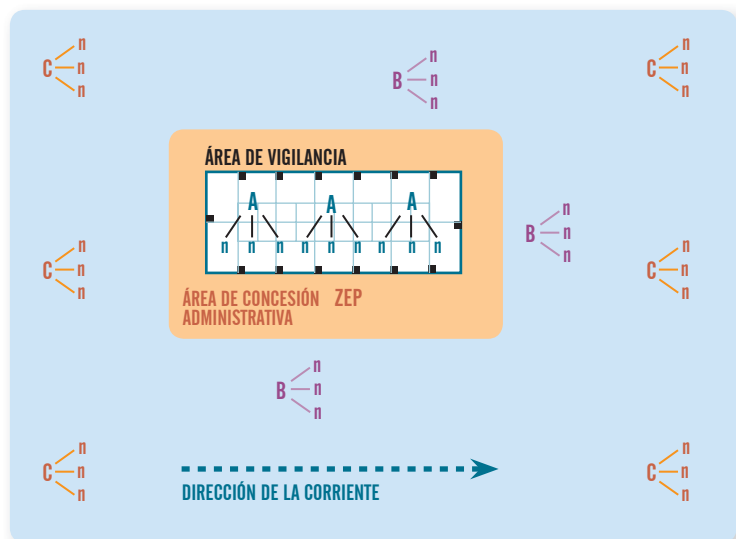


Figura 5: Esquema representativo de la zonación propuesta para los PVA. (Elaboración propia)

El posicionamiento de los distintos **S** dentro de cada **Z** debe realizarse teniendo en cuenta la direccionalidad de la dispersión de los vertidos de forma particular para cada caso. Asimismo, el posicionamiento de las zonas control debe hacerse a partir de un conocimiento profundo de la zona de estudio. En todo caso, el equipo encargado de la realización del PVA propondrá a la administración competente la ubicación de los distintos **S** de manera justificada, siendo potestad de dicha administración la aceptación o reubicación de los mismos.

8.3. Escala temporal o periodicidad

La vigilancia ambiental es continuada desde que comienza la producción hasta un mínimo de tres años después del cese de la actividad, con el fin de conocer la evolución del medio durante la fase de producción, y también para determinar si una vez abandonada la actividad por cualquier motivo, los fondos afectados se han recuperado o no. Esto último también es importante para la realización de pronósticos más ajustados en futuros EsIA.

La periodicidad inicial para los distintos aspectos del PVA es:

- Para la inspección visual de fondos, agua superficial y de redes: periodicidad mínima trimestral. Ha de incluir los períodos de máxima y mínima producción de residuos.
- Para el seguimiento de la columna de agua cuando sea necesario: periodicidad mínima trimestral. Incluirá los períodos de máxima y mínima producción de residuos.
- Para el seguimiento de los fondos sedimentarios, fondos rocosos, fondos de Maërl: periodicidad mínima anual (período de máxima producción), y máxima semestral (máxima y mínima producción), dependiendo de la variable y del nivel de vigilancia que se aplique (ver más adelante, apartado 10. Diseño Adaptativo).

8.4. Modelo de Análisis de la Varianza (ANOVA). Niveles de los factores, replicación, asunciones e hipótesis estadísticas

El diseño experimental planteado se adecua a la aplicación del análisis de la varianza (ANOVA) como procedimiento estadístico, el cual además es el método más robusto en cuanto a asunción de la variabilidad y contraste de hipótesis. Puesto que hemos establecido dos zonas C y solo una zona A y una zona B, nos encontramos en una situación de asimetría entre zonas para la realización de los contrastes respecto a un factor principal Impacto/Influencia/Control. La utilización de dos zonas C se justifica ante la necesidad de poder diferenciar con garantías los cambios debidos a la influencia de los cultivos de los debidos a la variabilidad natural. Desde un punto de vista estadístico formal, lo más “correcto” sería aplicar un modelo de ANOVA asimétrico, en el que se compararía el comportamiento de las diferentes variables en las zonas A y/o B respecto al comportamiento de las mismas en el conjunto de las zonas C. Sin embargo, estos modelos de ANOVA asimétrico son complejos a la vez que controvertidos, habiendo opiniones contrapuestas en el ámbito científico respecto a la idoneidad de su aplicación. Para primar la sencillez en la PVA se plantea la aplicación de un ANOVA en el que el factor Z_i cuenta con $i = 4$ niveles: zona A, zona B, zona C1 y zona C2 de carácter fijo; un factor tiempo en forma de campañas de muestreo (T_j) de carácter aleatorio, siendo $j =$ número de campañas realizadas hasta el momento; un factor punto de muestreo (S_k) anidado dentro de cada Z_i y T_j , de carácter aleatorio, siendo $k \geq 3$ dependiendo del nivel de vigilancia aplicado (apartado 10); con 3 réplicas ($n = 3$) tomadas al azar en cada S_k para cada variable. Se trata de un modelo de ANOVA simétrico, más simple en cuanto a ejecución matemática, menos correcto en cuanto a conceptos estadísticos, pero válido para el caso que nos ocupa. La expresión del modelo de las fuentes de variabilidad es:

$$X_{i,j,k} = \mu + Z_i + T_j + Z_i \times T_j + S_k(Z_i \times T_j) + e_n$$

No obstante, la controversia de este modelo la encontraríamos en el hipotético pero posible caso que encontrásemos diferencias significativas entre C1 y C2. En este caso habría que comprobar mediante una correcta interpretación de los resultados, si las diferencias entre A o B y C1, y entre A o B y C2 son distintas de las diferencias entre C1 y C2.

En este caso debe interpretarse los resultados en base al análisis de la interacción $Z_i \times T_j$. Si es significativa, se interpreta que en cada periodo de muestreo las diferencias de respuesta de una determinada variable entre las zonas A, B y C presentan un patrón diferente. Debe analizarse para cada tiempo de muestreo las diferencias entre las zonas de muestreo. En caso de existir un impacto significativo que se extienda sobre la zona de influencia se definirá la hipótesis alternativa:

En T1:

$$\text{Zona A} \neq \text{Zona B} \neq \text{Zona C1} = \text{Zona C2}$$

$$\text{Zona A} = \text{Zona B} \neq \text{Zona C1} = \text{Zona C2}$$

Puede darse el caso que solo se detecte el impacto sobre la zona de impacto permitido y en este caso la hipótesis alternativa sería:

En T1:

$$\text{Zona A} \neq \text{Zona B} = \text{Zona C1} = \text{Zona C2}$$

Los resultados para T2 pueden ser iguales o cambiar en magnitud o simplemente no encontrarse diferencias significativas, produciéndose una influencia negativa sólo en un periodo del año.

En caso de no ser significativa la interacción, pueden ser significativas las diferencias entre tiempo de muestreo, lógico debido a la variabilidad natural temporal de los fondos sedimentarios, o entre zonas. Al analizar las diferencias entre tratamientos de este factor

la interpretación de las hipótesis alternativas sería igual que el caso anterior pero generalizada a ambos tiempos de muestro, por lo que el impacto es persistente a lo largo del año.

Tanto en el caso de ser la interacción o el factor Z significativo debe definirse la igualdad en la respuesta de una variable entre los controles, lo cual nos sirve para confirmar estadísticamente los resultados respecto a las zonas potencialmente afectadas, zona A y B.

La hipótesis nula (H_0) que nos interesa testar es: “las variaciones a lo largo del tiempo en las distintas zonas son iguales”. Por tanto, la significación de la interacción entre los factores zona y campañas ($Z \times T$) va a ser la que nos indique si la evolución de las variables que consideremos es o no distinta en la ZEP (zona A) o en la periferia de la ZEP (zona B), con relación a la variabilidad natural (zonas C). En el caso de granjas de nueva creación, hasta que el número de campañas sea ≥ 2 , la H_0 será que “los valores en las distintas zonas son iguales” (contraste del factor Z). El test *post-hoc* de Student-Newman-Keuls (SNK) junto con la representación gráfica de la media de las variables en cada zona a lo largo del tiempo, nos ayudará a identificar donde se producen las diferencias significativas. Este modelo de ANOVA exige una serie de condiciones metodológicas: que la localización de los S dentro de cada Z sea aleatoria, que los S dentro de cada Z sean independientes, que las réplicas (n) que se toman en cada S dentro de cada Z sean aleatorias e independientes y que el número de observaciones esté balanceado, es decir, que tengamos el mismo número de observaciones de cada variable para cada combinación de los factores. Asimismo, la distribución de los datos de las variables que consideremos debe ajustarse a una distribución normal (test de Kolmogoroff – Smirnov o test de Wilk – Shapiro, según el tamaño muestral) y las varianzas entre los niveles de cada factor deben ser homogéneas (test de Cochran o test de Levene), lo que comúnmente conocemos por homocedasticidad. A menudo, estas dos últimas condiciones no se cumplen debido a la gran variabilidad a la que hacíamos alusión en el apartado 8.1. Para

ajustarnos a estas condiciones existe la posibilidad de transformar las variables para conseguir homocedasticidad. Dependiendo de la naturaleza de los datos, las transformaciones recomendables son:

- $\sqrt{x+1}$: para datos en forma de frecuencias o nº de observaciones por unidad (de superficie, de volumen,...).
- $\text{Log}_e(x+1)$: para datos en forma de tasas, ratios, concentraciones,...
- $\text{Arcsin}(x)$: para datos en forma de porcentaje o proporciones.

No obstante, si después de la transformación seguimos sin lograr homocedasticidad, podremos continuar con el test sin transformar los datos, dada la robustez del ANOVA para tratar estas asunciones cuando el número de observaciones es relativamente grande y están balanceadas, pero el nivel de significación deber ser incrementado a 0.01 para evitar errores de tipo I (Underwood, 1997).



Fotografía: Jordi Carreras Doll



8.5. Nivel de significación y grados de libertad

Quando nos planteamos un diseño experimental para realizar un contraste de hipótesis determinado, debemos hacerlo de tal manera que minimicemos la probabilidad de cometer errores a la hora de aceptar o rechazar la hipótesis nula. Estos errores estadísticos son de dos tipos: I y II (Figura 6). El error de tipo I es aquel en el que se rechaza la H_0 cuando en realidad es verdadera (falso positivo). En nuestro caso sería como admitir que existen diferencias en la evolución en el tiempo entre la zona A o la zona B y las zonas C cuando no las hay. La estrategia para disminuir la probabilidad de cometer un error de este tipo es aumentar el nivel de significación α . Normalmente, el nivel de significación empleado es $\alpha = 0,05$ (probabilidad del 5% de cometer un error de tipo I). Si aumentamos α , por ejemplo hasta 0,01 (probabilidad del 1% de cometer un error de tipo I) estaríamos siendo más exigentes a la hora de decidir si existen o no diferencias entre zonas, en definitiva, actuaríamos de forma menos conservadora, lo cual desde un punto de vista ambiental es menos prudente. Sin embargo, disminuir la probabilidad del error de tipo I, conduce a incrementar la probabilidad del error de tipo II. En todo caso, siguiendo el principio de precaución, el error de tipo I es el menos importante, ya que detectaríamos un impacto ambiental cuando realmente no existe, siendo el error de tipo II el que puede tener peores consecuencias para la gestión ambiental.

El error de tipo II es aquel en el que se acepta la H_0 cuando realmente es falsa. En nuestro caso sería como admitir que no existen diferencias en la evolución en el tiempo entre la zona A o la zona B y las zonas C cuando realmente si las hay (falso negativo). Desde un punto de vista ambiental, cometer un error de este tipo es bastante comprometido. El recurso para disminuir la probabilidad de cometer un error de este tipo es aumentar los grados de libertad (g.l.) del test estadístico mediante el incremento del tamaño muestral, o lo que es lo mismo, aumentar la potencia del contraste. Por consiguiente, aumentar los

g.l. es sinónimo de mayor seguridad a la hora de discernir si existen o no diferencias significativas en la evolución en el tiempo de las variables consideradas entre las distintas zonas. Para nuestro diseño experimental, podemos aumentar el tamaño muestral de tres maneras, **i)** bien incrementando el número de réplicas (**n**) en cada **S** dentro de cada **Z**, **ii)** bien aumentando el número de **S** dentro de cada **Z**, es decir, aumentar **k** en el modelo ANOVA, o **iii)** aumentando el número de campañas de muestreo **T**, es decir aumentar **j** en el modelo ANOVA. Con el diseño experimental propuesto, para la H_0 que debemos testar, es decir para la fuente de variación $Z_i \times T_j$, el estadístico F que usaremos para decidir si se acepta o rechaza la H_0 , se construye con $(i - 1) \times (j - 1)$ g.l. en el numerador, y con $i \times j \times (k - 1)$ g.l. en el denominador. Para nuestro diseño experimental, el valor de *i* es fijo (= 4: zonas A, B, C1 y C2), el valor de *j* aumenta conforme con el paso de las campañas de muestreo **T**, luego cuantas más campañas llevemos realizadas, los g.l. aumentan en el numerador y en el denominador, y el valor de *k* será tanto mayor cuantas más **S** establezcamos dentro de cada **Z**, aumentando los g.l. del denominador. Por lo tanto para nuestro caso, es mejor aumentar el número de **S** dentro de cada **Z** que aumentar el número de réplicas (**n**), ya que la variabilidad residual no se utiliza para el cálculo del estadístico F que nos interesa. Este es uno de los criterios tenidos en cuenta en el diseño adaptativo del PVA (apartado 10).

| | | |
|-----------|---------------------|---------------------|
| H_0 | Aceptamos | Rechazamos |
| Verdadera | | Error I α |
| Falsa | Error II β | |

Figura 6: Tipos de error estadístico en un contraste de hipótesis. (Elaboración propia)

8.6. Tratamientos estadísticos de los datos

8.6.1. Tratamiento univariante

Es el tratamiento correspondiente a las variables físico-químicas del sedimento y de la columna de agua, y a las variables relativas a praderas de fanerógamas, fondos rocosos y fondos de Maërl. Se corresponde con el modelo de ANOVA anteriormente descrito. En el caso que el diseño experimental propuesto se comience a aplicar en una instalación que empieza de cero, el factor que se ha de contrastar es el factor Z_i , para comprobar si se producen diferencias entre las distintas zonas (A-B, A-C1 y C2, B-C1 y C2). Conforme aumenta la vida de la granja, se va incrementando el número de campañas de muestreo (T), de modo que adquiere mayor interés el contraste de la interacción entre los factores Z y T ($Z_i \times T_j$), es decir, la comparación de la evolución en el tiempo de las distintas variables en las distintas zonas. El análisis de estas series temporales de datos permite valorar si la intensidad de la vigilancia ha de aumentar, disminuir o mantenerse.

En el caso de instalaciones que llevan funcionando un tiempo, difícilmente la información de anteriores seguimientos pueda ser incorporada a no ser que se hubiese desarrollado el mismo diseño experimental, algo bastante poco probable. Lo normal en estos casos es que cuando se aplique el presente diseño experimental ya existan diferencias entre zonas, por lo que habría que estar especialmente atentos al cumplimiento de las normas de calidad antes de poder analizar series temporales, que es donde verdaderamente se detectan las modificaciones.

8.6.2. Tratamiento multivariante

La información obtenida a partir de la identificación taxonómica del poblamiento de poliquetos del sedimento se refleja en una matriz, con la abundancia de cada familia para cada réplica (n) tomada en cada punto de muestreo (S) de cada zona (Z) durante cada campaña de muestreo (T). A diferencia del resto de variables consideradas (univariantes), el poblamiento de poliquetos es multivariante, al estar compuesto en su conjunto por las abundancias de las distintas familias, cada una de las cuales podría ser considerada como una variable independiente. Con una información de este tipo, una posibilidad de tratamiento de los datos sería calcular para cada combinación de abundancias relativas de las diferentes familias, un índice que redujese toda esta información a un único valor numérico, es decir convertir la información multivariante en univariante, como hacen por ejemplo los índices de diversidad de Shannon-Wiener o de equidad de Pielou tan ampliamente utilizados en estudios ecológicos y en PVA. De esta forma, la información podría ser tratada estadísticamente como se describe en el apartado anterior. Sin embargo, se podría dar el caso de que dos poblamientos con una composición de familias (multivariante) muy distinta mostrasen idéntica estructura cuando su información se reduce a un índice biológico (univariante) del tipo de los anteriormente mencionados, o por el contrario, que poblamientos con composiciones de familias similares tuviesen índices biológicos muy diferentes como consecuencia de grandes diferencias en las abundancias relativas de determinadas familias. Por tanto, es mucho más representativo y fiable llevar a cabo un tratamiento multivariante que uno univariante, en el que se contraste la estructura de los poblamientos. Los métodos multivariantes resultan mucho más sensibles que los univariantes para discriminar la evolución en el tiempo de un poblamiento en distintos lugares (Clarke y Warwick, 2001). No obstante, es interesante calcular estos índices univariantes, ya que pueden actuar como complemento para la interpretación de los resultados multivariantes.

Para contrastar la evolución en el tiempo del poblamiento de poliquetos, a partir de una matriz de abundancia de las distintas familias por zonas y campañas se plantea un contraste mediante análisis multivariante de la varianza mediante permutaciones (PERMANOVA), siendo los factores e hipótesis las mismas que

para el tratamiento univariante. Se acompaña de un escalado multidimensional (MDS) de la abundancia de las distintas familias por zonas y campañas para visualizar la ordenación espacial de las zonas a largo del tiempo, y un test de similitud (SIMPER) entre zonas a lo largo del tiempo.



Fotografía: AGAPA, Junta de Andalucía

9

NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NCA)

9. NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NCA)

9.1. Criterios para el establecimiento de NCA

Dependiendo de si establecemos niveles de las variables seleccionadas que no se deben superar, o si lo que se pretende es conocer la evolución del comportamiento de estas variables a lo largo del tiempo, los criterios para establecer los estándares de calidad pueden ser:

- Valor crítico.
- Intervalos de confianza.
- Significación estadística en un contraste de hipótesis uni- o multivariante y porcentajes de similitud.

Puesto que en los objetivos de calidad se considera la evolución no sólo de la ZEP (zona A) sino también de su periferia (zona B), los NCA se formulan para ambas zonas.

9.2. NCA para variables del sistema bentónico

9.2.1. NCA para las variables de fondos detrítico – sedimentarios

9.2.1.1. NCA para las variables de vigilancia obligatoria

a) Granulometría: fracción fina (FF) del sedimento ($< 65 \mu\text{m}$)

Se contempla como una variable descriptora del sistema. Su monitorización es necesaria pues ayuda a la interpretación de las demás variables del sedimento. No obstante, dada la influencia de las jaulas flotantes sobre el hidrodinamismo local y sobre la dinámica sedimentaria, sería posible que en la zona A se produjese un incremento de la fracción más fina del sedimento ($< 65 \mu\text{m}$)

(Beveridge, 1984). La inspección visual tendrá la misión preventiva de mostrarnos indicios de enfangamiento. Puesto que la variabilidad espacial de la fracción más fina del sedimento es elevada (en general para cualquier descriptor del sedimento la variabilidad es alta), y de manera natural podemos encontrar zonas con proporciones desde muy altas a muy bajas, establecer NCA en base a valores críticos o intervalos de confianza resultaría poco fiable, luego éstas se establecen por comparación con las zonas control.

Zona A:

No se debe producir un incremento del enfangamiento ostensible de los sedimentos perceptible mediante inspección visual. De producirse, habrá que aumentar la frecuencia de seguimiento de esta variable.

Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y C1-C2 mediante ANOVA, para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. El rechazo de la H_0 junto con un incremento de la **FF** un 50% superior que en las zonas control puede suponer actuaciones administrativas y de gestión como la reubicación de las instalaciones, dimensionamiento de unidades de producción y/o disminución de la producción.

Zona B:

No se debe producir un incremento del enfangamiento de los sedimentos perceptible mediante inspección visual. De producirse, habrá que aumentar la frecuencia de seguimiento de esta variable.

Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y B, y ambas frente a C1-C2 mediante ANOVA, para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. El rechazo de la H_0 junto con un incremento de la **FF** un 25% superior que en las zonas control puede suponer la aplicación de medidas administrativas, como el replanteamiento de las dimensiones de la concesión.

b) Sulfuros libres totales (TFS)

Nos basamos en los resultados obtenidos en nuestro estudio piloto y en los límites propuestos por Hargrave et al., (2008).

Los estándares de calidad propuestos para las distintas zonas son:

Zona A:

- ~ Valores promedio de TFS normales admitidos deben ser inferiores a $3000 \mu\text{M}$ (promedio de todas las réplicas; no se admiten más de 3 muestras $> 5000 \mu\text{M}$).
- ~ Valores promedio de TFS de $3000 - 5000 \mu\text{M}$ implican un incremento en la frecuencia de seguimiento de TFS y del poblamiento infaunal de poliquetos.
- ~ Valores promedio de TFS $> 5000 \mu\text{M}$ (valores intolerables en zona A) implica actuaciones administrativas y de gestión como la reubicación de las instalaciones y/o disminución de la producción.

Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y C1-C2 mediante ANOVA, para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

Zona B:

- ~ Valores de TFS admitidos dependientes de valores en zonas C: como máximo un 50% superior a los valores en controles.
- ~ Valores promedio de TFS un 50% superior a los de los controles implican un incremento en la frecuencia de seguimiento del poblamiento infaunal de poliquetos. La superación de esta NCA puede llegar a suponer la aplicación de medidas administrativas, como el replanteamiento de las dimensiones de la concesión.

- ~ Valores promedio de TFS $> 3000 \mu\text{M}$ (valores intolerables en zona B) Implicaría actuaciones administrativas y de gestión como la reubicación de las instalaciones y/o disminución de la producción.

Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y B, y ambas frente a C1-C2 mediante ANOVA para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

c) Poblamiento infaunal de poliquetos

Tamaño del tamiz = 1mm; nivel de identificación taxonómico de familia.

Las NCA para las distintas zonas son:

Zona A:

- ~ Nº de familias de poliquetos admitido 75% inferior que en zonas C.
- ~ Comparación de la evolución en el tiempo del poblamiento de poliquetos entre las zonas A y C1-C2 mediante PERMANOVA para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. Disimilitud promedio entre zonas A y C1-C2 $< 75\%$.

Zona B:

- ~ Nº de familias nunca 50% inferior que en zonas C.
- ~ Comparación de la evolución en el tiempo del poblamiento de poliquetos entre las zonas A y B, y ambas frente a C1-C2, mediante PERMANOVA, para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. Disimilitud promedio entre zonas B y C1-C2 $< 50\%$.

9.2.1.2. NCA para las variables de vigilancia complementaria

a) Enriquecimiento orgánico expresado como contenido en materia orgánica (MO)

Zona A:

- ~ Valores promedio admitidos de MO hasta un 50% superior que el promedio de las zonas control.
- ~ Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y C1-C2 mediante ANOVA para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

Zona B:

- ~ Valores promedio admitidos de MO menores o iguales a los valores promedio de las zonas control.
- ~ Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y B, y ambas frente a C1-C2 mediante ANOVA para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

b) pH y potencial redox (Eh)

Zona A:

- ~ Valores promedio admitidos de pH dentro del intervalo 7.0 - 9.0, y de Eh no inferiores (más electronegativos) a -200 mV, medidos a 2 cm del interior de sedimento.

Zona B:

- ~ Valores promedio admitidos de pH dentro del intervalo 7.5 – 8.5, y de Eh dentro del intervalo -50 a -100 mV.

En caso de que la región de explotación de la acuicultura se sitúe en un ambiente que naturalmente tenga una gran carga de materia orgánica (frente a la desembocadura de un río o rambla) se planteará un contraste de hipótesis de tal forma que el pH y Eh en la zona de influencia no deba ser significativamente diferente de los controles y en la ZEP se produzca una reducción entre -50 y -100 mV respecto a los controles.

c) Señal isotópica de ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$)

Zona A:

- ~ Valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$ admitidos hasta un 6‰ o que no superen en más de 4 unidades (‰) la señal del control.

Zona B:

- ~ Valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$ admitidos equivalentes a los valores promedio de las zonas control.

Adaptabilidad para las variables con comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico.

- ~ Valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$ admitidos equivalentes a los valores promedio de las zonas control. Un incremento medio significativo superior a 1 unidad (‰) de la señal del control supone la intensificación de la vigilancia.

9.2.2. NCA para las variables de comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico

9.2.2.1. NCA para las praderas de fanerógamas marinas

Las instalaciones deben estar lo suficientemente alejadas de esta biocenosis, pero dada la elevada importancia ecológica de las praderas de fanerógamas marinas y su estatus de protección, las praderas que se encuentren en el entorno de las granjas deben estar sujetas a seguimiento, especialmente cuando varias instalaciones se concentran en una misma zona y pudieran darse efectos aditivos. Puesto que la emisión de residuos, especialmente los de tipo disuelto, se lleva a cabo de forma continuada, las comunidades distantes pueden estar recibiendo el aporte de pequeñas cantidades de nutrientes derivados del cultivo pero de forma mantenida en el tiempo. Este tipo de impacto difuso no se encuentra tan bien caracterizado como las modificaciones directas. Obviamente, las praderas de fanerógamas nunca podrían estar localizadas ni en la zona A ni en la zona B, luego las NCA propuestas son únicas:

~ Comparación de la evolución en el tiempo de la densidad global de haces entre la zona de la pradera más próxima a las instalaciones y praderas control, mediante ANOVA para el contraste de hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

No obstante, en las instalaciones que se encuentren en las masas de agua descritas por la tabla 45 de la ORDEN ARM/2656/2008 se utilizarán los indicadores que se describen en la misma.

9.2.2.2. Fondos rocosos infra- y circalitorales y fondos de Maërl

Las instalaciones deben estar lo suficientemente alejadas de estas biocenosis. No obstante, cuando se tengan sospechas fundadas

de que pueden recibir impactos difusos (una correcta evaluación previa del impacto ambiental debe ponerlo o no de manifiesto), es preceptiva su monitorización por los mismos motivos expuestos anteriormente para las praderas de fanerógamas. Obviamente, estas comunidades nunca podrían estar localizadas ni en la zona A ni en la zona B, luego las NCA son únicas:

- **Fondos rocosos:** comparación de la evolución en el tiempo de la biomasa de organismos formadores del hábitat entre la zona más próxima a las instalaciones y zonas control, mediante ANOVA para el contraste de hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.
- **Fondos de Maërl:** comparación de la evolución en el tiempo de la relación biomasa/tanatomasa de algas calcáreas entre la zona más próxima a las instalaciones y zonas control, mediante ANOVA para el contraste de hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

9.3. NCA para variables del sistema pelágico

No se esperan cambios significativos en este tipo de variables como consecuencia de los cultivos en mar abierto, salvo en situaciones muy excepcionales. En cuanto a salinidad y temperatura, los valores de referencias son los establecidos para cada una de las masas de agua, no obstante en ausencia de tales estudios, podrá considerarse como límite muy bueno/bueno el valor correspondiente a una desviación del 15% respecto a las condiciones de referencia y como límite bueno/moderado el correspondiente a una desviación del 25%, como recoge la orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

9.3.1. NCA para la producción primaria fitoplanctónica: contenido en clorofila-“a” (Chl-a)

Zona A:

~ Valores de **Chl-a** (utilizando el percentil 90 según lo descrito en la legislación actual, ver tabla 18 de la orden ARM/2656/2008) admitidos según lo que señale el valor indicativo del máximo estacional para cada tipología de masa de agua. Para este parámetro se utilizará el valor indicativo del máximo estacional, para cada tipología de aguas donde se encuentren las instalaciones y a los valores de condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de aguas costeras establecidos por el anexo III, tabla 45 de la orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

Zona B:

~ Valores promedio de **Chl-a** admitidos hasta un 25% distinto de los de zonas control pero sin superar el límite bueno/moderado de indicador Chl-a establecidos por el anexo III, tabla 45 de la orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

9.3.2. Oxígeno disuelto y turbidez

Zona A:

- ~ Valores de oxígeno disuelto siempre superior al 70% de saturación.
- ~ Valores de turbidez nunca superiores a 4 NTU. No obstante se puede admitir que no existan diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. El rechazo de la H_0 junto con un incremento de la turbidez de un 50%

Tomando como referencia los valores promedios de una masa de agua costera modificada (tabla 45 de la orden ARM/2656/2008).

Zona B:

- ~ Valores hasta un 25% distinto de los de zonas control.

9.4. Normas de Calidad Ambiental para sustancias prioritarias y para otros contaminantes, así como sustancias preferentes

Las NCA son las establecidas por el Real Decreto 60/2011, se entienden como normas mínimas y serán de aplicación a todas las aguas superficiales definidas en el artículo 3. Las NCA se expresan como concentración de un determinado contaminante o grupo de contaminantes en el agua, los sedimentos o la biota, que no debe superarse en aras de la protección de la salud humana y el medio ambiente. Este umbral puede expresarse como Concentración Máxima Admisible (NCA-CMA) o como Media Anual (NCA-MA). Ver anexos I y II del Real Decreto 60/2011 para mayor detalle de las sustancias referidas anteriormente.



10

DISEÑO ADAPTATIVO DE LA MONITORIZACIÓN

10. DISEÑO ADAPTATIVO DE LA MONITORIZACIÓN

Los PVA son herramientas dinámicas que se deben adaptar a las circunstancias, conforme a la magnitud de las modificaciones (intensidad y escala espacial), a los compartimentos afectados y a la adquisición paulatina de información acerca de la evolución del medio receptor.

Diversos factores determinan la intensidad y escala espacial de los impactos, y por tanto la intensidad de la vigilancia necesaria, tales como la producción anual autorizada (Tm/año, biomasa en stock/año, etc.), la proximidad entre granjas (efectos sinérgicos), las condiciones dispersivas de la zona (profundidad y corrientes) o la proximidad de comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico.

La selección de emplazamientos idóneos, como herramienta para la minimización del impacto ambiental derivado de los cultivos marinos, ha supuesto que los cultivos en jaulas flotantes hayan sido desplazados a zonas alejadas de la costa, de modo que las interacciones con otros usos del litoral bien no existen o son de muy escasa entidad. Asimismo, el mayor hidrodinamismo existente en mar abierto favorece la dilución y dispersión de los residuos. Todo esto ha supuesto cierta “uniformidad relativa” en cuanto a la relación de la actividad con el entorno en que se desarrolla: **i)** fondos sedimentarios como principal compartimento del medio que va a verse influenciado, **ii)** poco probable afección de la calidad del agua, **iii)** alejamiento de comunidades sensibles, **iv)** zonas de cultivo en profundidades normalmente superiores a 30m con corrientes raramente inferiores a 10 cm s^{-1} , **v)** suficiente distancia entre el copo de las redes y el fondo marino. En este escenario, la consideración más destacable para diferenciar unas granjas marinas de otras es la producción anual autorizada (Tm/año), lo cual facilita la tipificación de las granjas a la hora de asignar distintos niveles de impacto y de vigilancia.

En algunas zonas del litoral español, recientemente se ha llevado a cabo una concentración de instalaciones de cultivos en jaulas flotantes. Dicha concentración obedece, en el caso particular de la Región de Murcia, a un proceso de ordenación territorial de la actividad y de selección de emplazamientos que concluyó con la creación de “polígonos acuícolas” (San Pedro del Pinatar y Cartagena). En otras zonas del litoral Mediterráneo, la concentración de instalaciones se ha producido sin seguir un proceso tutelado de identificación de zonas aptas, como es el caso de la bahía de Santa Pola (Alicante). En estos casos, dependiendo de la proximidad entre las granjas, la vigilancia ambiental también debe abarcar el seguimiento de los posibles efectos sinérgicos que pudieran darse. Esta aglutinación de instalaciones no es más que una producción mayor en un área más grande, y por tanto debe ser monitorizada de manera global. En definitiva, los criterios tenidos en cuenta para identificar los niveles de impacto son la producción anual autorizada y la proximidad entre instalaciones.



Fotografía: AGAPA. Junta de Andalucía



10.1. Niveles de impacto

Se establecen distintos niveles de impacto que están determinados por la producción anual autorizada y/o la proximidad entre granjas. Para ello se ha tenido en cuenta la casuística de las instalaciones de cultivos en jaulas en el litoral español.

- **Nivel I.1:** producción anual autorizada baja de < 500 Tm/año.
- **Nivel I.2:** producción anual autorizada media: $500 - 1500$ Tm/año.
- **Nivel I.3:** producción anual autorizada alta: > 1500 Tm/año. Dentro del nivel de impacto I.3 diferenciamos casos especiales en función de la proximidad entre granjas, dado que pudiesen darse efectos sinérgicos:

- **Nivel I.3a:** granjas individuales con producción anual autorizada *alta*: > 1500 Tm/año.
- **Nivel I.3b:** producción anual autorizada *muy alta*: polígonos acuícolas con más de dos granjas con producciones individuales ≥ 1000 Tm/año o cuando dos o más granjas están lo suficientemente próximas como para que sus ZEP pudiesen quedar a menos de 200 m unas de otras. El seguimiento ha de realizarse considerando estas granjas como una única unidad. Evaluación de efectos sinérgicos: estudio a una escala espacial más amplia mediante técnicas de cartografiado espacial, con idénticos estándares de calidad.
- **Nivel I.3c:** conjunto de granjas comprendidas en una zona de producción: producción anual autorizada *excepcionalmente alta*. A los seguimientos individuales y/o colectivos hay que añadir un estudio de sinergias y valorar si el área de afección para toda la zona es o no asumible.

10.2. Niveles de vigilancia

Cada nivel de impacto lleva asociado un nivel de vigilancia de partida. Los niveles de vigilancia pueden incrementarse o disminuir en función del cumplimiento de las NCA, de la aparición o desaparición de PnD, en definitiva, de la evolución del medio. Para cada compartimento se establecen los niveles de vigilancia, indicando variables a medir, periodicidad de los muestreos (**T**), zonas de muestreo (**Z**), nº de puntos de muestreo (**S**) dentro de cada **Z**, número de réplicas (**n**) a tomar en cada **S**. Todos los niveles de vigilancia incluyen la inspección visual de los fondos conforme se recoge en el apartado 6.2.

La adaptabilidad del PVA se lleva a cabo manejando el número de variables a incluir, el número de **S** dentro de cada **Z** y la **T**. El número de partida de **S** en cada nivel de vigilancia se considera como el mínimo admisible, luego su valor nunca disminuye en el proceso de adaptabilidad. Las empresas de nueva creación, como se comentó en el apartado 6, han de contemplar de partida y como mínimo hasta que alcance el nivel de producción anual autorizado de forma sostenida (2-4 años), tanto las variables obligatorias como las complementarias para el seguimiento de la calidad de los sedimentos.

Para las empresas que ya han alcanzado su producción anual autorizada de forma sostenida, la administración competente deberá realizar una evaluación tanto de las metodologías y diseño experimental desarrollados en los PVA, como de los resultados. Aquellas instalaciones cuyos PVA se hayan realizado con unas garantías mínimas de rigurosidad, y que manifiesten una integración aceptable con su entorno, se les aplicará el nivel de vigilancia de partida correspondiente a su producción anual autorizada. En caso contrario, dichas instalaciones deberán someterse a una auditoría externa para determinar un nivel de vigilancia acorde a sus circunstancias.

10.2.1. Niveles de vigilancia de partida

10.2.1.1. Nivel de vigilancia V.1

Aplicable al nivel de impacto **I.1.**: granjas con producción de 500 – 1000 Tm/año.

Inspección visual: estado de los fondos y aguas superficiales

Zonas (**Z**): A y B.

- ~ Periodicidad (**T**): trimestral (**T** = 4).
- ~ Transectos videográficos de 200 m (ver Figura 4).

Fondos detrítico - sedimentarios

Variables obligatorias: FF, TFS y poblamiento infaunal de poliquetos.

Variables complementarias (sólo para instalaciones que no han alcanzado la producción máxima autorizada): MO, pH-Eh y $\delta^{15}\text{N}$.

Zonas (**Z**): A, B y dos C.

- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 3.
- ~ Réplicas por **S**: **n** = 3.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, en época de máxima producción (**T**=1)

Sistema pelágico: columna de agua

Se recomienda el control rutinario de oxígeno, temperatura salinidad y transparencia mediante disco Secchi en la explotación.

Praderas de fanerógamas

En caso que la pradera más próxima se encuentre a menos de 2.5 km.

Variable: densidad global de haces.

Zonas (**Z**): 3. Zona A: en el frente de pradera más próxima a la granja, y dos zonas C como praderas de referencia.

- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 3.
- ~ Réplicas por **S**: **n** = 3.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, durante el período de máxima producción (**T** = 1).

Fondos rocosos infra- y circalitorales y fondos de Maërl

En caso de que estos tipos de fondo se encuentren a menos de 400 m de las instalaciones.

Variable para Fondos rocosos: biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat.

Variable para Fondos de Maërl: relación biomasa / tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas

Zonas (**Z**): 3. Zona A: a la distancia menor de la granja, y dos zonas C como referencia.

- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 3.
- ~ Réplicas por **S**: **n** = 3.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, durante el período de máxima producción (**T** = 1).

10.2.1.2. Nivel de vigilancia V.2

Aplicable al nivel de impacto I.2.: producción anual autorizada media: 500 – 1500 Tm/año.

Inspección visual: estado de los fondos y aguas superficiales

Zonas (Z): A y B.

- ~ Periodicidad (T): trimestral (T = 4).
- ~ Transectos videográficos de 200m (ver Figura 4).

Fondos detrítico - sedimentarios

Variables obligatorias: FF, TFS y poblamiento infaunal de poliquetos.

Variables complementarias (sólo para instalaciones que no han alcanzado la producción máxima autorizada): MO, pH-Eh, $\delta^{15}\text{N}$.

Zonas (Z): A, B y dos C.

- ~ Puntos de muestreo (S) por zona: 4.
- ~ Réplicas por S: n = 3.
- ~ Periodicidad (T): anual, en época de máxima producción (T=1).

Sistema pelágico: columna de agua

Se recomienda el control rutinario de oxígeno, temperatura salinidad y transparencia mediante disco Secchi en la explotación.

Praderas de fanerógamas

En caso que la pradera más próxima se encuentre a menos de 2.5 km.

Variable: densidad global de haces.

Zonas (Z): 3. Zona A: en el frente de pradera más próxima a la granja, y dos zonas C como praderas de referencia.

- ~ Puntos de muestreo (S) por zona: 4.
- ~ Réplicas por S: n = 3.
- ~ Periodicidad (T): anual, durante el período de máxima producción (T = 1).

Fondos rocosos infra- y circalitorales y fondos de Maërl

En caso de que estos tipos de fondo se encuentren a menos de 400 m de las instalaciones.

Variable para Fondos rocosos: biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat.

Variable para Fondos de Maërl: relación biomasa / tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas

Zonas (Z): 3. Zona A: a la distancia menor de la granja, y dos zonas C como referencia.

- ~ Puntos de muestreo (S) por zona: 4.
- ~ Réplicas por S: n = 3.
- ~ Periodicidad (T): anual, durante el período de máxima producción (T = 1).

10.2.1.3. Nivel de vigilancia V.3a

Aplicable al nivel de impacto **I.3a.**: producción anual autorizada alta > 1500 Tm/año en granja individual.

Inspección visual: estado de los fondos y aguas superficiales

Zonas (**Z**): A y B.

- ~ Periodicidad (**T**): trimestral (**T** = 4).
- ~ Transectos videográficos de 200m (ver Figura 4).

Fondos detrítico - sedimentarios

Variables obligatorias: FF, TFS y poblamiento infaunal de poliquetos.

Variables complementarias (sólo para instalaciones que no han alcanzado la producción máxima autorizada): MO, pH-Eh, $\delta^{15}\text{N}$.

Zonas (**Z**): A, B y dos C.

- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 5.
- ~ Réplicas por **S**: **n** = 3.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, en época de máxima producción (**T**=1).

Sistema pelágico: columna de agua

Se recomienda el control rutinario de oxígeno, temperatura salinidad y transparencia mediante disco Secchi en la explotación.

Praderas de fanerógamas

En caso que la pradera más próxima se encuentre a menos de 2.5 km.

Variable: densidad global de haces.

Zonas (**Z**): 3. Zona A: en el frente de pradera más próxima a la granja, y dos zonas C como praderas de referencia.

- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 5.
- ~ Réplicas por **S**: **n** = 3.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, durante el período de máxima producción (**T** = 1).

Fondos rocosos infra- y circalitorales y fondos de Maërl

En caso de que estos tipos de fondo se encuentren a menos de 400 m de las instalaciones.

Variable para Fondos rocosos: biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat.

Variable para Fondos de Maërl: relación biomasa / tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas

Zonas (**Z**): 3. Zona A: a la distancia menor de la granja, y dos zonas C como referencia.

- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 5.
- ~ Réplicas por **S**: **n** = 3.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, durante el período de máxima producción (**T** = 1).

10.2.1.4. Nivel de vigilancia V.3b

Aplicable al nivel de impacto **I.3b.**: zonas de cultivo con más de dos granjas con producción individuales ≥ 1000 Tm/año, cuando dos o más granjas están lo suficientemente próximas como para que sus ZEP estén a menos de 200 m unas de otras: PVA conjunto para todas las instalaciones.

Inspección visual: estado de los fondos y aguas superficiales

Individualizado para cada granja.

Zonas (Z): A y B.

- ~ Periodicidad (T): trimestral (T = 4).
- ~ Transectos videográficos de 200m (ver Figura 4).

Fondos detrítico - sedimentarios

Variables obligatorias: FF, TFS y poblamiento infaunal de poliquetos.

Variables complementarias (sólo para instalaciones que no han alcanzado la producción máxima autorizada): MO, pH-Eh, $\delta^{15}N$.

Zonas (Z): A, B y dos C.

- ~ Puntos de muestreo (S) por zona: 4 en cada granja.
- ~ Réplicas por S: n = 3.
- ~ Periodicidad (T): anual, en época de máxima producción (T=1).

Sistema pelágico: columna de agua

Variables: Chl-a, turbidez, O₂ disuelto, temperatura y salinidad.

Zonas (Z): A, B y dos C.

- ~ Puntos de muestreo (S) por zona: 4.
- ~ Réplicas por S: n = 3.
- ~ Periodicidad (T): trimestral, incluyendo períodos de máxima y mínima producción (T = 4)

Para las variables de los sedimentos y del sistema pelágico, las dos zonas control son comunes para todas las granjas. Para el tratamiento de datos, se incluye un nuevo factor “Granja”, de tipo fijo, con tantos niveles como granjas formen parte del seguimiento conjunto. Este factor permite la comparación entre las distintas granjas que conforman el seguimiento conjunto.

Praderas de fanerógamas

En caso que la pradera más próxima se encuentre a menos de 2.5 km.

Común para todas las instalaciones.

Variable: densidad global de haces.

Zonas (Z): 3. Zona A: en el frente de pradera más próxima a la granja, y dos zonas C como praderas de referencia.

- ~ Puntos de muestreo (S) por zona: 5.
- ~ Réplicas por S: n = 3.
- ~ Periodicidad (T): anual, durante el período de máxima producción (T = 1).

Fondos rocosos infra- y circalitorales y fondos de Maërl

En caso de que estos tipos de fondo se encuentren a menos de 400 m de las instalaciones. Común para todas las instalaciones.

Variable para Fondos rocosos: biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat.

Variable para Fondos de Maërl: relación biomasa/tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas

Zonas (Z): 3. Zona A: a la distancia menor de la granja, y dos zonas C como referencia.

~ Puntos de muestreo (S) por zona: 5.

~ Réplicas por S: $n = 3$.

~ Periodicidad (T): anual, durante el período de máxima producción ($T = 1$).

10.2.1.5. Nivel de vigilancia V.3c

Aplicable al nivel de impacto 1.3c.: granjas comprendidas en una misma zona de producción. A los seguimientos individuales y/o colectivos hay que añadir un estudio de sinergias para las variables TFS y Chl-a. El área de trabajo será definida por el cuadrado o rectángulo que envuelva a todas las concesiones, incrementada

un 1km. La red de muestreo será regular de al menos 50 puntos georreferenciados (Figura 7). Cartografiado de valores medios de TFS y Chl-a. Una muestra por punto de muestreo.

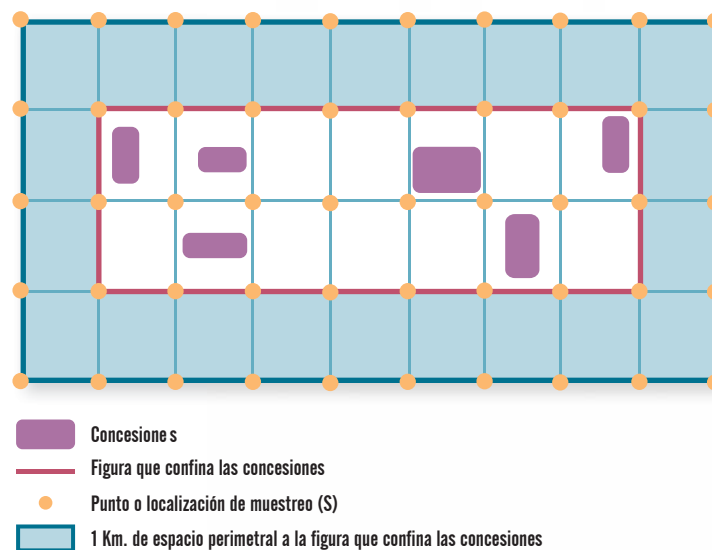


Figura 7: Ejemplo de red de puntos de muestreo para Nivel de vigilancia V.3c. para estudio de sinergias. (Elaboración propia)



Fotografía: Jordi Carreras Doll

Praderas de fanerógamas

En caso que la pradera más próxima se encuentre a menos de 2.5 km.

Común para todas las instalaciones.

Variable: densidad global de haces.

Zonas (**Z**): 3. Zona A: en el frente de pradera más próxima a la granja, y dos zonas C como praderas de referencia.

- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 5.
- ~ Réplicas por **S**: $n = 3$.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, durante el período de máxima producción ($T = 1$).

Fondos rocosos infra- y circalitorales y fondos de Maërl

En caso de que estos tipos de fondo se encuentren a menos de 400 m de las instalaciones. Común para todas las instalaciones.

Variable para Fondos rocosos: biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat.

Variable para Fondos de Maërl: relación biomasa / tanatoma por unidad de superficie de algas calcáreas

- ~ Zonas (**Z**): 3. Zona A: a la distancia menor de la granja, y dos zonas C como referencia.
- ~ Puntos de muestreo (**S**) por zona: 5.
- ~ Réplicas por **S**: $n = 3$.
- ~ Periodicidad (**T**): anual, durante el período de máxima producción ($T = 1$).

A continuación se adjuntan las tablas resumen de los Niveles de Vigilancia descritos en este apartado:



Fotografía: AGAPA. Junta de Andalucía

Tabla 2: Nivel de impacto I.1. Nivel de vigilancia V.1.: producción < 500 Tm / año.

| Impacto y Vigilancia | Inspección visual | Calidad del sedimento | Poblamiento de poliquetos | Praderas de Fanerógamas | Fondos rocosos / Maërl | Sinergias |
|----------------------|-------------------------|--|---|--|--|-----------|
| I.1. / V.1. | Z=2 (A,B) Trimestral | Obligatorias FF, TFS Complementarias MO, pH, Eh, $\delta^{15}N$ Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 3 n = 3 T = 1 | Densidad global de haces Z = 3 (A,C1,C2) S = 3 n = 3 T = 1 | Biomasa Relación biomasa / tanatomasa Z = 3 (A,C1,C2) S = 3 n = 3 T = 1 | |

Tabla 3: Nivel de impacto I.2. Nivel de vigilancia V.2.: producción entre 500 - 1500 Tm / año

| Impacto y Vigilancia | Inspección visual | Calidad del sedimento | Poblamiento de poliquetos | Praderas de Fanerógamas | Fondos rocosos / Maërl | Sinergias |
|----------------------|-------------------------|--|---|--|--|-----------|
| I.2. / V.2. | Z=2 (A,B) Trimestral | Obligatorias FF, TFS Complementarias MO, pH, Eh, $\delta^{15}N$ Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 4 n = 3 T = 1 | Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 4 n = 3 T = 1 | Densidad global de haces Z = 3 (A,C1,C2) S = 4 n = 3 T = 1 | Biomasa Relación biomasa / tanatomasa Z = 3 (A,C1,C2) S = 4 n = 3 T = 1 | |



Tabla 4: Nivel de impacto I.3a. Nivel de vigilancia V.3a.: producción > 1500 Tm / año, granja individual.

| Impacto y Vigilancia | Inspección visual | Calidad del sedimento | Poblamiento de poliquetos | Praderas de Fanerógamas | Fondos rocosos / Maërl | Sinergias |
|----------------------|-------------------------|---|---|--|--|-----------|
| I.3a. / V.3a. | Z=2 (A,B) Trimestral | Obligatorias FF, TFS Complementarias MO, pH, Eh, $\delta^{15}\text{N}$ Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Densidad global de heces Z = 3 (A,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Biomasa Relación biomasa / tanatomasa Z = 3 (A,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | |

Tabla 5: Nivel de impacto I.3b. Nivel de vigilancia V.3b.: más de 2 granjas con ≥ 1000 Tm/año cada una; ZEP a menos de 200 m.

| Impacto y Vigilancia | Inspección visual | Calidad del sedimento | Poblamiento de poliquetos | Columna de agua | Praderas de Fanerógamas | Fondos rocosos / Maërl | Sinergias |
|----------------------|-------------------------|---|---|---|---|--|-----------|
| I.3b. / V.3b. | Z=2 (A,B) Trimestral | Obligatorias FF, TFS Complementarias MO, pH, Eh, $\delta^{15}\text{N}$ Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 4/Granja n = 3 T = 1 | Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Complementarias Chl-a, turbidez, O ₂ , Temp, Salinidad Z = 4 (A,B,C1,C2) S = 4 n = 3 T = 4 | Densidad global de heces Z = 3 (A,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Biomasa Relación biomasa / tanatomasa Z = 3 (A,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | |

Tabla 6: Nivel de impacto I.3c. Nivel de vigilancia V.3c.: grupo de granjas.

| Impacto y Vigilancia | Inspección visual | Calidad del sedimento | Poblamiento de poliquetos | Columna de agua | Praderas de Fanerógamas | Fondos rocosos / Maërl | Sinergias |
|----------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---|--|--|
| I.3c./V.3c. | Z = 2 (A,B) Trimes-tral | Individual o colectivo | Individual o colectivo | Individual o colectivo | Densidad glo-bal de haces Z = 3 (A,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Biomasa Relación bioma-sa / tanatoma-sa Z = 3 (A,C1,C2) S = 5 n = 3 T = 1 | Cartografiado de niveles medios de TFS y Chl-a 50 puntos de muestreo |

10.3. Adaptabilidad

La adaptabilidad se realiza en función del cumplimiento/incumplimiento de las NCA y de la presencia / ausencia de PnD, es decir, de la evolución del medio conforme a los objetivos de calidad planteados. La adaptabilidad del PVA básicamente consiste en la inclusión, mantenimiento o exclusión de determinadas variables, o en el incremento, mantenimiento o reducción de la frecuencia de muestreo (**T**), o en el incremento, mantenimiento o reducción del número de puntos de muestreo (**S**) en las distintas zonas (**Z**). Los niveles de vigilancia de partida en lo referente al diseño experimental se consideran como el mínimo admisible, de modo que los niveles de los factores **Z**, **T** y **S**, y el número de réplicas **n** no pueden ser menores que lo planteado como inicio. La decisión final para medidas administrativas de adaptabilidad corresponde a la administración competente. La adaptabilidad volverá a las condiciones de vigilancia inicial cuando se cumplan los objetivos establecidos para esa vigilancia.



Se contemplan las siguientes actuaciones respecto a la adaptabilidad en caso de incumplimiento de las NCA:

10.3.1. Adaptabilidad para las variables del sistema bentónico

La adaptabilidad comenzará una vez alcanzados los niveles de producción sostenida.

10.3.1.1. Adaptabilidad para las variables de fondos detrítico - sedimentarios

a) Adaptabilidad para las variables obligatorias

- Granulometría: fracción fina (FF) del sedimento ($< 65 \mu\text{m}$)

Cumplimiento de la NCA: se mantiene la periodicidad. Mantenimiento de unos niveles estables a lo largo del tiempo (> 3 campañas) en zonas A y B, en comparación con zonas C: periodicidad disminuye a bianual. En este caso, el nivel de enfangamiento se mantiene vigilado con la inspección visual.

Incumplimiento de la NCA

- en zona A: la periodicidad aumenta a semestral para FF y TFS.
- en la zona B: un incumplimiento de la NCA puede suponer la aplicación de medidas administrativas, como el replanteamiento de las dimensiones de la ZEP.

- Sulfuros libres totales (TFS)

Cumplimiento de la NCA: se mantiene la periodicidad. Los niveles de TFS han de ser medidos siempre.

Incumplimiento de la NCA en zonas A o B en comparación con zonas C: la periodicidad aumenta a semestral para TFS y para el poblamiento de poliquetos. El alcance de valores intolerables en

zona A ($> 5000 \mu\text{M}$) y/o B ($> 3000 \mu\text{M}$) puede suponer la aplicación de medidas administrativas correctoras, como la reducción de la producción, replanteamiento de las dimensiones de la ZEP o reubicación de las instalaciones.

- Poblamiento infaunal de poliquetos

Cumplimiento de la NCA: se mantiene la periodicidad. El poblamiento de poliquetos siempre ha de ser monitorizado.

Incumplimiento de las NCA

- en zona A en comparación con zonas C (disimilitud $> 75\%$): la periodicidad aumenta a semestral para TFS y para el poblamiento de poliquetos; puede suponer la aplicación de medidas administrativas, como la reducción de la producción. Pérdida de funcionalidad (disimilitud $> 75\%$; nº familias $< 75\%$ que en zonas C): reubicación de instalaciones.
- en zona B en comparación con zonas C: (disimilitud $> 50\%$): la periodicidad aumenta a semestral para TFS y para el poblamiento de poliquetos; puede suponer la aplicación de medidas administrativas para el dimensionamiento de la ZEP. Si el nº de familias $< 50\%$ que en zonas C: aplicación de medidas administrativas para la reducción de la producción.

- Adaptabilidad para las variables complementarias

Las instalaciones que parten de cero y hasta alcanzar como mínimo un nivel de producción sostenido, deben incluir en el PVA tanto las variables obligatorias como las complementarias en lo referente a los fondos detrítico - sedimentarios. Una vez transcurrido este tiempo, si se cumplen las NCA, tanto de las variables obligatorias como de las complementarias, podrán eliminarse las variables complementarias del PVA. En caso contrario, se prorrogarán a criterio de la administración competente.

- Adaptabilidad para las variables de comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico

El seguimiento de estas comunidades ha de realizarse siempre, con una periodicidad mínima anual. El incumplimiento de las NCA para la densidad global de haces implica la incorporación de la medida de la señal isotópica ^{15}N en los epífitos de las praderas y en las diferentes fuentes de nitrógeno de la zona para verificar la trazabilidad del impacto. La verificación se hará por comparación de la evolución en el tiempo de la señal isotópica ^{15}N en epífitos de las hojas de las fanerógamas entre la zona de la pradera más próxima a las instalaciones y praderas control, mediante ANOVA para el contraste de hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para Z_{i,T_j} . Este procedimiento se repetirá si existiera otra fuente de nitrógeno al medio cercanas a las praderas. La verificación del origen del impacto será evaluado por la administración competente para su eliminación.

10.3.2. Adaptabilidad para las variables del sistema pelágico

Las variables de sistema pelágico han de medirse siempre, con periodicidad mínima trimestral, para los casos en los que está reglamentada su determinación.

10.3.2.1. Adaptabilidad para la producción primaria fitoplanctónica: contenido en clorofila-a (Chl-a)

Incumplimiento de la NCA

- en zona A: valores de **Chl-a** nunca deben superarse las condiciones máximo estacional de referencia y límites de cambio de clase límite bueno/moderado durante 3 días consecutivos, en casos de superarse pueden suponer la aplicación de medidas administrativas para la reducción de la producción.

- en la zona B: valores promedio de **Chl-a** superiores en más de un 25% respecto a los controles durante 3 días consecutivos implican replanteamiento de la ZEP y/o disminución de la producción.

10.3.2.2. Adaptabilidad para la turbidez

Incumplimiento de la NCA

- en zona A: valores promedio de turbidez entre 5 – 7 NTU implican seguimiento de esta variable durante al menos 3 días consecutivos. Valores promedio superiores a 7 NTU durante 3 días consecutivos pueden suponer la aplicación de medidas administrativas para la reducción de la producción.
- en la zona B: valores promedio de turbidez superiores más de un 25% respecto a los controles durante 3 días consecutivos implican replanteamiento de la ZEP y/o disminución de la producción.

10.3.2.3. Adaptabilidad para el oxígeno disuelto

Incumplimiento de la NCA

- en zona A: valores promedio de oxígeno disuelto del 70% de saturación implican seguimiento de esta variable durante al menos 3 días consecutivos. Valores promedio inferiores al 50% de saturación durante 3 días consecutivos pueden suponer la aplicación de medidas administrativas para la reducción de la producción.
- en la zona B: valores promedio de oxígeno disuelto inferiores más de un 25% durante 3 días consecutivos respecto a los controles implican replanteamiento de la ZEP y/o disminución de la producción.

Tabla 7: Resumen de la adaptabilidad por variables indicadoras

| | | |
|---|---|--|
| VARIABLES INDICADORAS (parte 1) | <p>Granulometría: Fracción Fina (FF) del sedimento (< 65 μm) (Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico/ Variables de Vigilancia Obligatoria)</p> | <p>CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Se mantiene la periodicidad. Mantenimiento de unos niveles estables a lo largo del tiempo (> 3 campañas) en zonas A y B, en comparación con zonas C: periodicidad disminuye a bianual. En este caso, el nivel de enfangamiento se mantiene vigilado con la inspección visual.</p> |
| | | <p>INCUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL - en zona A: la periodicidad aumenta a semestral para FF y TFS. - en la zona B: un incumplimiento de la NCA puede suponer la aplicación de medidas administrativas, como el replanteamiento de las dimensiones de la ZEP.</p> |
| | <p>Sulfuros Libres Totales (TFS) (Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico/ Variables de Vigilancia Obligatoria)</p> | <p>CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Se mantiene la periodicidad. Los niveles de TFS han de ser medidos siempre.</p> |
| | | <p>INCUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL En zonas A o B en comparación con zonas C: la periodicidad aumenta a semestral para TFS y para el poblamiento de poliquetos. El alcance de valores intolerables en zona A (> 5000 μM) y/o B (> 3000 μM) puede suponer la aplicación de medidas administrativas correctoras, como la reducción de la producción, replanteamiento de las dimensiones de la ZEP o reubicación de las instalaciones.</p> |
| | <p>Poblamiento Infaunal de Poliquetos (Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico/ Variables de Vigilancia Obligatoria)</p> | <p>CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Se mantiene la periodicidad. El poblamiento de poliquetos siempre ha de ser monitorizado.</p> |
| | <p>INCUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL - en zona A en comparación con zonas C (disimilitud > 75%): la periodicidad aumenta a semestral para TFS y para el poblamiento de poliquetos; puede suponer la aplicación de medidas administrativas, como la reducción de la producción. Pérdida de funcionalidad (disimilitud > 75%; nº familias < 75% que en zonas C): reubicación de instalaciones. - en zona B en comparación con zonas C: (disimilitud > 50%): la periodicidad aumenta a semestral para TFS y para el poblamiento de poliquetos; puede suponer la aplicación de medidas administrativas para el dimensionamiento de la ZEP. Si el nº de familias < 50% que en zonas C: aplicación de medidas administrativas para la reducción de la producción.</p> | |
| <p>pH, Eh, Materia Orgánica, Señal Isotópica del 15N (δ15N) (Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico/ Variables de Vigilancia Complementaria)</p> | <p>Las instalaciones que parten de cero y hasta alcanzar como mínimo un nivel de producción sostenido, deben incluir en el PVA tanto las variables obligatorias como las complementarias en lo referente a los fondos detrítico - sedimentarios. Una vez transcurridos este tiempo, si se cumplen las NCA, tanto de las variables obligatorias como de las complementarias, podrán eliminarse las variables complementarias del PVA. En caso contrario, se prorrogarán a criterio de la administración competente.</p> | |

Densidad de Haces

(Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Praderas de Fanerógamas Marinas)

Biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat

(Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos Rocosos Infra o Circalitorales)

Relación biomasa / tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas

(Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos de Maërl)

El seguimiento de estas comunidades ha de realizarse siempre, con una periodicidad mínima anual. El incumplimiento de las NCA para la densidad global de haces implica la incorporación de las variables tasa de sedimentación y medida de la señal isotópica ¹⁵N para verificar la trazabilidad del impacto.

La verificación del origen del impacto puede llevar a medidas administrativas para su eliminación.

Turbidez

(Sistema Pelágico: columna de agua)

INCUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL

- en zona A: valores promedio de turbidez entre 5 – 7 NTU implican seguimiento esta variable durante al menos 3 días consecutivos. Valores promedio superiores a 7 NTU durante 3 días consecutivos pueden suponer la aplicación de medidas administrativas para la reducción de la producción.

- en la zona B: valores promedio de turbidez superiores más de un 25% respecto a los controles durante 3 días consecutivos implican replanteamiento de la ZEP y/o disminución de la producción.

Clorofila – a

(Sistema Pelágico: columna de agua)

INCUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL

- en zona A: valores de Chl-a nunca deben superarse las condiciones máximo estacional de referencia y límites de cambio de clase límite bueno/moderado durante 3 días consecutivos, en casos de superarse pueden suponer la aplicación de .medidas administrativas para la reducción de la producción.

- en la zona B: valores promedio de Chl-a superiores en más de un 25% respecto a los controles durante 3 días consecutivos implican replanteamiento de la ZEP y/o disminución de la producción.

Oxígeno Disuelto

(Sistema Pelágico: columna de agua)

INCUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL

- en zona A: valores promedio de oxígeno disuelto del 70% de saturación implican seguimiento esta variable durante al menos 3 días consecutivos. Valores promedio inferiores al 50% de saturación durante 3 días consecutivos pueden suponer la aplicación de medidas administrativas para la reducción de la producción.

- en la zona B: valores promedio de oxígeno disuelto inferiores más de un 25% durante 3 días consecutivos respecto a los controles implican replanteamiento de la ZEP y/o disminución de la producción.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado-Giménez, F., García-García, B., Piedecausa, M.A. (2007). Evidencias de la difusión de nutrientes a largo alcance desde granjas marinas en mar abierto, en el límite inferior de una pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Libro de Resúmenes del X Congreso Nacional de Acuicultura. Vigo, 24-28 Septiembre de 2007.
- Aguado-Giménez, F., Ruiz, J.M. (2012). Influence of an experimental fish farm on the spatio-temporal dynamic of a Mediterranean Maërl algae community. *Marine Environmental Research*. 74: 47-55.
- Belan TA (2003) Benthos abundance pattern and species composition in conditions of pollution in Amursky Bay (the Peter the Great Bay, the Sea of Japan). *Mar Pollut Bull* 46:1111-1119.
- Beveridge, M.C.M., 1984 Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact. *FAO Fisheries Technical Papers*, (255): 131 p.
- Cañete JI, Leighton GL, Soto EH (2000) Environmental monitoring index based on the temporal fluctuations in the abundance of two species of benthic polychaetes from Quintero Bay. *Rev Bio Mar Oceanogr* 35(2):189-194
- Carballeira, A., Aguado-Giménez, F., González, N., Sánchez-Jerez, P., Teixeira, J.M., Gairin, J.I., Carballeira, C., García-García, B., Fernández-González, V., Carreras, J., Macías, J.C., Acosta, D., Collado, C. 2011. Utilización de perfiles ecológicos para la selección de variables geoquímicas de sedimentos marinos como indicadores del impacto ambiental generado por los cultivos marinos en mar abierto. *Comunicación, XIII Congreso Nacional de Acuicultura*. Barcelona.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M. (2001). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E. Plymouth.
- Cromey, C.J., Black, K.D. (2005). Modelling the impacts of finfish aquaculture. En: Hargrave, B.T. (Ed.). *Environmental effects of marine finfish aquaculture*. Springer-Verlag. Berlin. 467pp.
- Dean HK (2008) The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Rev Biol Trop* 56:11-38
- Delgado, O., A. Grau, S. Pou, F. Riera, C. Massuti, M. Zabala, E. Ballesteros. (1997). Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, western Mediterranean). *Oceanol. Acta* 20(3): 557-563.
- Díaz-Almela, E., N. Marbá, E. Álvarez, R. Santiago, M. Holmer, A. Grau, S. Mirto, R. Danovaro, A. Petrou, M. Argyrou, I. Karakassis and C. Duarte. (2008). Benthic input rates predict seagrass (*Posidonia oceanica*) fish-farm induced decline. *Mar. Poll. Bull.* 56(7): 1332-1342.
- Dolenc, T., Lojen, S., Lambaa, I., Dolenc, M. 2006 Effects of fish farm loading on sea grass *Posidonia oceanica* at Vrgada Island (Central Adriatic): a nitrogen stable isotope study. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 42:1,77-85.
- ECASA – Ecosystem Approach for Sustainable Aquaculture. (Consulta: 10 de enero de 2012). <http://www.ecasa.org.uk/>
- Hall-Spencer, J., White, N., Gillespie, E., Gillham, K., Foggo, A. (2006). Impact of fish farms on Maërl beds in strongly tidal areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 326: 1-9.



- Hargrave, B.T. (2010). Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. *Aquaculture Environment interactions* 1: 33-46.
- Hargrave, B.T., Duplisea, D.E., Pfeiffer, E., Wildish, D.J. (1993). Seasonal changes in benthic fluxes of dissolved oxygen and ammonium associated with marine cultured Atlantic salmon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 96: 249-257.
- Hargrave, B.T., Holmer, M., Newcombe, C.P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Mar. Poll. Bull.* 56(5): 810-824.
- Hargrave, B.T., Phillips, G.A., Doucette, L.I., White, M.J., Milligan, T.C., Wildish, D.J., Cranston, R.E. (1997). Assessing benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. *Water, Air and Soil Pollution* 99: 641-650.
- Harkantra SN, Rodrigues NR (2004) Numerical analyses of soft bottom macroinvertebrates to diagnose the pollution in tropical coastal waters. *Environ Monit Assess* 93:251-275.
- Holmer M., N. Marba, E. Diaz-Almela, C.M. Duarte, M. Tsapakis, R. Danovaro (2007). Sedimentation of organic matter from fish farms in oligotrophic Mediterranean assessed through bulk and stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) analyses, *Aquaculture*, Volume 262, Issues 2-4, 28 February 2007, Pages 268-280, ISSN 0044-8486, 10.1016/j.aquaculture.2006.09.033. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848606007149>)
- Holmer, M., Argyrou, M., Dalsgaard, T., Danovaro, R., Díaz-Almela, E., Duarte, C.M., Frederiksen, M., Grau, A., Karakassis, I., Marbà, N., Mirto, S., Pérez, M., Pusceddu, A., Tsapakis, M. (2008). Effect of fish farm waste on *Posidonia oceanica* meadows: synthesis and provision of monitoring and management tools. *Mar. Poll. Bull.* 56: 1618-1629.
- Holmer, M., Kristensen, E. 1992. Impact of fish cage farming on metabolism and sulfate reduction of underlying sediments. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 80: 191-201.
- Jones, G.P., Andrew, N.L. (1993). Temperate reefs and the scope of seascape ecology. *Proc. 2nd Temperate Reef Symp.:* 63-76.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E. (1998). Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 162: 243-252.
- Lampadariou N, Hatziyanni E, Tselepides A (2005a) Meiofaunal community structure in Thermaikos Gulf: response to intense trawling pressure. *Cont Shelf Res* 25:2554–2569.
- Lampadariou N, Karakassis I, Teraschke S, Arlt G (2005b) Changes in benthic meiofaunal assemblages in the vicinity of fish farms in the Eastern Mediterranean. *Vie Milieu* 55:61–69.
- Lee HW, Bailey-Brock JH, McGurr MM (2006) Temporal changes in the polychaetes infaunal community surrounding a Hawaiian mariculture operation. *Mar Ecol Prog Ser* 307:175-185.
- Lepoint, G., Dauby, P., Gobert, S. 2004. Applications of C and N stable isotopes to ecological and environmental studies in seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 49:887-891.
- Loring D.H., R.T.T. Rantala, Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter, *Earth-Science Reviews*, Volume 32, Issue 4, July 1992, Pages 235-283, ISSN 0012-8252, 10.1016/0012-8252(92)90001-A. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001282529290001A>)

- Marbà, N., Santiago, R., Díaz-Almela, E., Álvarez, E., Duarte, C.M. (2006). Seagrass (*Posidonia oceanica*) vertical growth as an early indicator of fish farm-derived stress. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 475-483.
- Martínez-García, E., Carballeira, A., Aguado-Giménez, F., González, N., Sánchez-Jerez, P., Acosta, D., Gairín, J.I., Carballeira, C., García-García, B., Sánchez-Lizaso, J.L., Carreras, J., Macías, J.C., Collado, C. (2011). Meta-análisis de los cambios en la estructura del poblamiento de poliquetos debido a la actividad de engorde de peces en jaulas flotantes en las costas españolas. XIII Congreso de Acuicultura. Barcelona.
- McClelland, J.W., Valiela, I., Michener, R.H., 1997. Nitrogen-stable isotope signatures in estuarine food webs: A record of increasing urbanization in coastal watersheds. *Limnology and Oceanography* 42(5), 930-937.
- Méndez N, Flos J, Romero J (1998) Littoral soft-bottom polychaetes communities in a pollution gradient in front of Barcelona (Western Mediterranean, Spain). *Bull Mar Sci* 63:167-178
- Nier, A.O., 1950. A redetermination of the relative abundances of the isotopes of carbon, nitrogen, oxygen, argon and potassium. *Physics Review* 77, 789-793.
- Pagliosa PR (2005) Another diet of worms: the applicability of polychaetes feeding guilds as a useful conceptual framework and biological variable. *Mar Ecol* 26:246-254.
- Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 16:229-331
- Pérez, M., García, T., Invers, O., Ruiz, J.M. 2008. physiological responses of the seagrass *Posidonia oceánica* as indicators of fish farm impact. *Marine Pollution Bulletin* 56:869-879.
- Piedecausa, M.A., Aguado-Giménez, F., Cerezo, J., Hernández, M.D., García-García, B. (2011). Influence of fish food and faecal pellets on short-term oxygen uptake, ammonium flux and acid volatile sulphides accumulation in sediments impacted by fish farming and non-impacted sediments. *Aquaculture Research*. doi: 10.1111/j.1365-2109.2011.02801.x.
- Pitta, P., Apostolaki, E.T., Giannoulaki, M., Karakassis, I. (2005). Mesoscale changes in the water column in response to fish farming zones in three coastal areas in the Eastern Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65: 501-512.
- Pitta, P., Karakassis, I., Tsapakis, M., Zivanovic, S. (1999). Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia*, 391: 181-194.
- Pitta, P., Tsapakis, M., Apostolaki, E.T., Tsagaraki, T., Holmer, M., Karakassis, I. (2009). "Ghost nutrients" from fish farms are transferred up the food web by phytoplankton grazers. *Marine Ecology Progress Series*, 374: 1-6.
- Risk, M., Lapointe, B.E., Sherwood, O.A., Bedford, B.J. 2009. The use of $\delta^{15}\text{N}$ in assessing sewage stress on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 58:793-802.
- Robinson, D., 2001. $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. *Trends in Ecology and Evolution* 16, 153-162.
- Ruiz, J.M., Marco-Méndez, C., Sánchez-Lizaso, J.L. (2010) Remote influence of off-shore fish farm waste on Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Environmental Research* 69, 118–126.



- Ruiz, J.M., Pérez, M., Romero, J. (2001). Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 42(9): 749-760.
- Salas, F. 1996. Valoración y aplicabilidad de los índices e indicadores biológicos de contaminación orgánica en la gestión del medio marino. Tesis de licenciatura. Universidad de Murcia. Murcia, España: 191 pp
- Sarà, G., Scilipoti, D., Mazzola, A., Modica, A., 2004. Effects of fish farming waste to sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). *Aquaculture* 234, 199-213.
- Sará, G., Scilipoti, D., Milazzo, M., Modica, A. 2006. Use of stable isotopes to investigate dispersal of waste from fish farms as a function of hydrodynamics. *Marine Ecology Progress Series* 313:261-270.
- Sutherland, T.F., Levings, C.D., Petersen, S.A., Poon, P., Piercey, B. (2007). The use of meiofauna as an indicator of benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture. *Marine Pollution Bulletin* 54: 1249-1261.
- THE MedVeg Project Site: Effects of nutrient release from Mediterranean fish farms on benthic vegetation in coastal ecosystems (Consulta: 10 de enero de 2012). <http://medveg.biology.sdu.dk>
- The Meramed Project Site. Development of monitoring guidelines and modelling tools for environmental effects from Mediterranean aquaculture. (Consulta: 10 de enero de 2012). <http://meramed.akvaplan.com/default.htm>.
- Tomassetti P, Porrello S (2005) Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. *Aquaculture Int* 13:109-128.
- Underwood, A. J. 1991. Beyond BACI: experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 42:569-587.
- Underwood, A. J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 161:145-178.
- Underwood, A. J. 1994. On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications* 4:3-15.
- Underwood, A. J. Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance. 1^a ed. United Kingdom: Cambridge University Press, 1997. p. 499. ISBN: 0521553296 – ISBN: 0521556961.
- Van Dover, C.L., Grassle, J.F., Fry, B., Garritt, R.H., Starczak, V.R., 1992. Stable isotope evidence for entry of sewage-derived organic material into a deep-sea food web. *Nature* 360, 153-156.
- Wildish, D.J., Akagi, H.M., Hamilton, N., Hargrave, B.T. (1999). A recommended method for monitoring sediments to detect organic enrichment from mariculture in the Bay of Fundy. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2286: iii + 31p.
- Wilson, S., Blake, C., Berges, J.A., Maggs, C.A., (2004). Environmental tolerances of free-living coralline algae (*Maërl*): implications for European *Maërl* conservation. *Biol. Conserv.* 120: 283–2933.

12. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA

- España Orden Ministerial ARM/2656/2008 de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado, 22 de septiembre de 2008, n. 229 p. 38472.
- España, Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. Boletín Oficial del Estado, 6 de julio de 2001, n. 161, p. 24228.
- España, Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas. Boletín Oficial del Estado, 22 de enero de 2011, n. 19, p.6854.
- España, Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica. Boletín Oficial del Estado, 7 de julio de 2007, n. 162, p. 29361.
- Unión Europea, Directiva 2006/113/CE del parlamento europeo y del consejo de 12 de diciembre de 2006 relativa a la calidad exigida a las aguas para cría de moluscos. Diario Oficial de la Unión Europea, de 27 de diciembre de 2006, L 376, p. 14.
- Unión Europea, Directiva 92/43/CEE del parlamento europeo y del consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Diario Oficial de la Unión Europea, de 22 de julio de 1992, L 206, p. 7.

13. NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

- ISO. Calidad del agua – Muestreo. Parte 19: Líneas directrices para el muestreo de sedimentos en el medio marino. ISO 5667 – 19: 2004.
- ISO. Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica. ISO 7888: 1985.
- ISO. Calidad del agua. Determinación de la turbidez. ISO 7027: 1999.
- ISO. Calidad del agua. Determinación de Oxígeno Disuelto mediante un método electroquímico a través de un sensor. ISO 5814: 1990.
- ISO. Calidad del agua. Líneas directrices para la realización de estudios biológicos marinos de poblaciones de sustrato duro. ISO 19493: 2007.
- ISO. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo. ISO 5667 – 1: 2006.
- ISO. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos. ISO 5667 – 15: 2010.
- ISO. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y manipulación de las muestras de agua. ISO 5667 – 3: 2003.
- ISO. Calidad del suelo. Determinación del potencial redox. Método de terreno. ISO 11271: 2002.
- ISO. Directrices para el muestreo cuantitativo y el tratamiento de muestras de la macrofauna de los fondos blandos marinos. ISO 16665: 2005.

ANEXOS

I: MODELO CONCEPTUAL

II: METODOLOGÍA DE MUESTREO Y ANÁLISIS NORMALIZADO

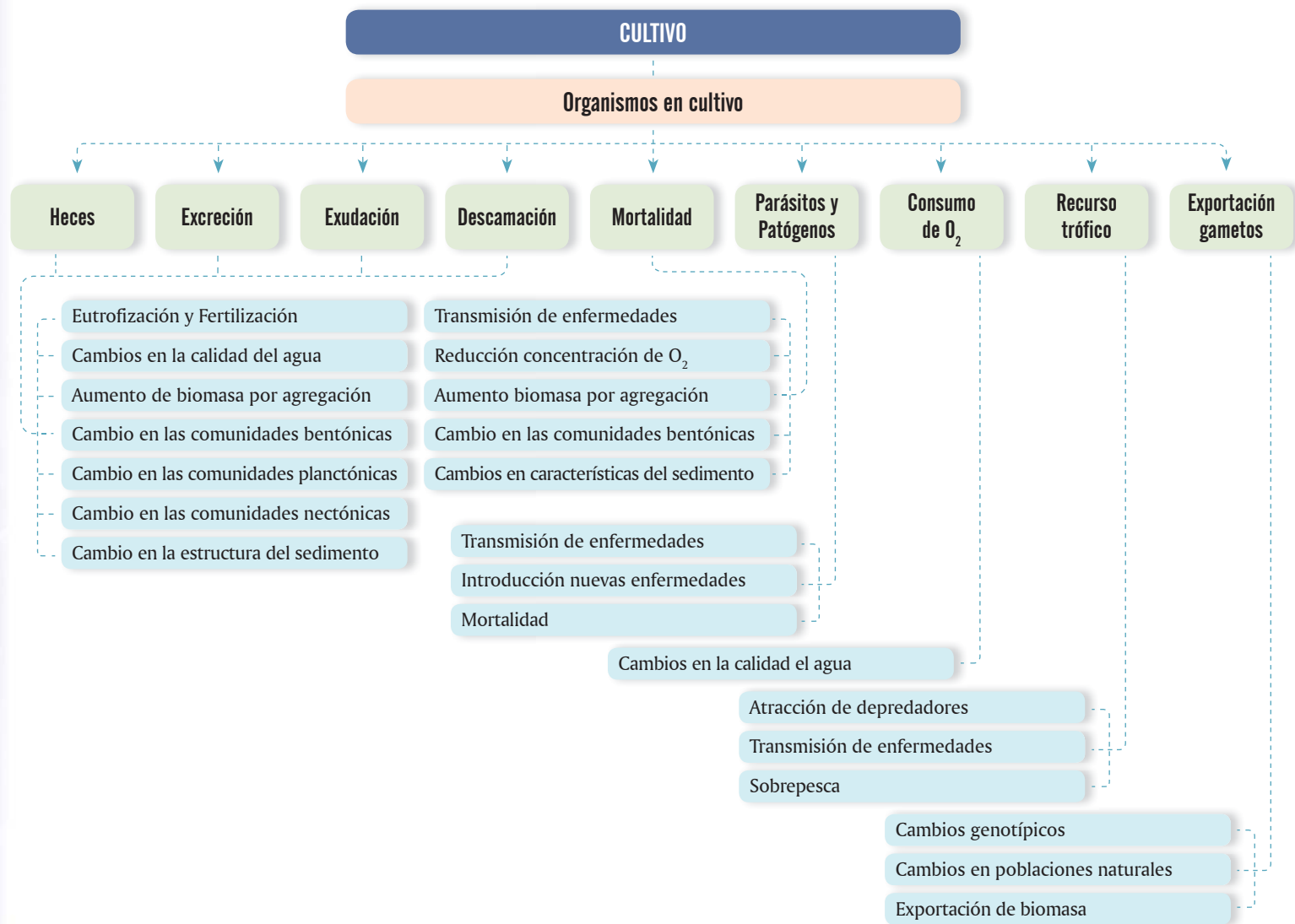
III: FORMULARIOS TIPO PARA EL PVA

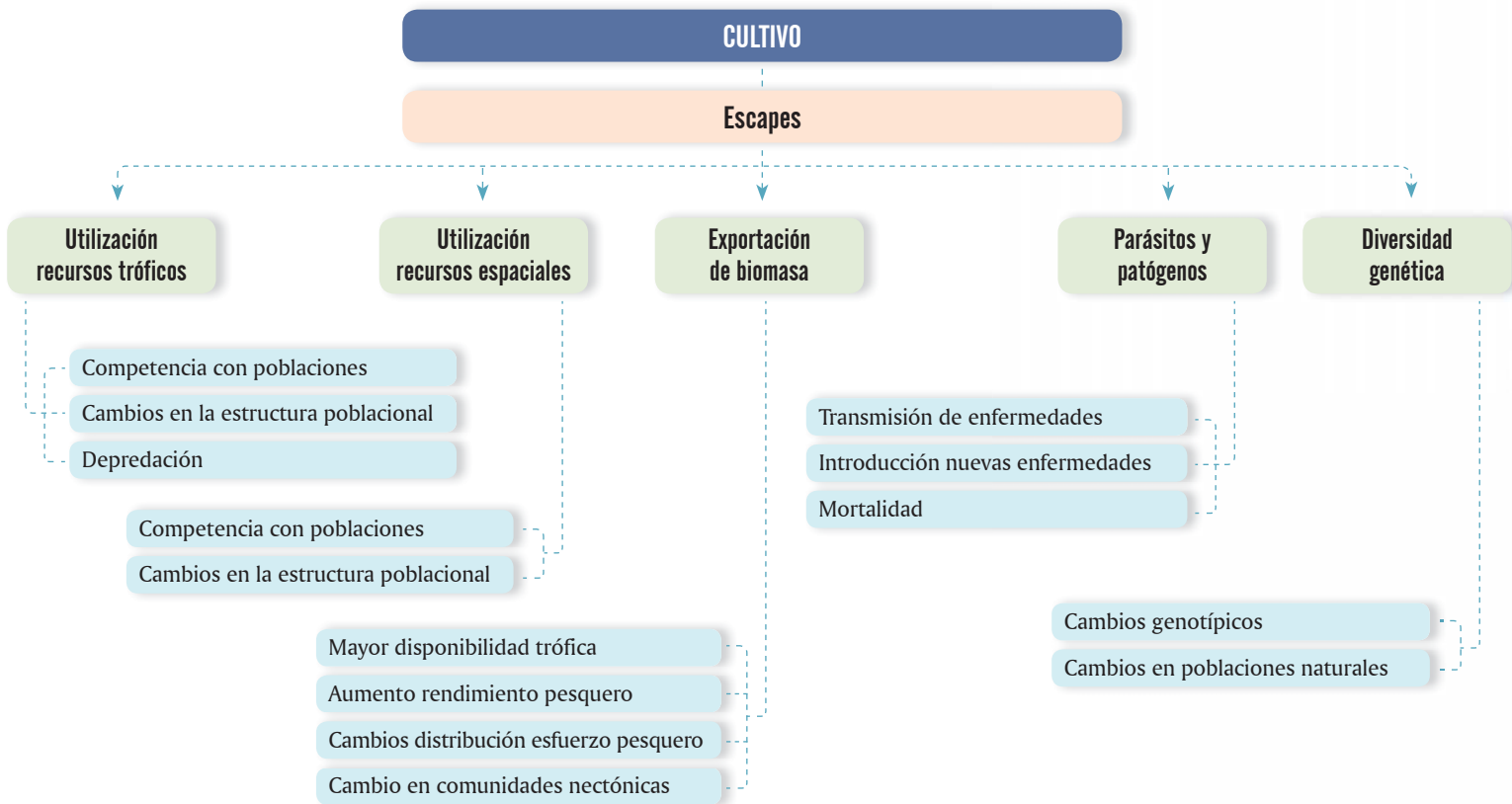
IV: GLOSARIO

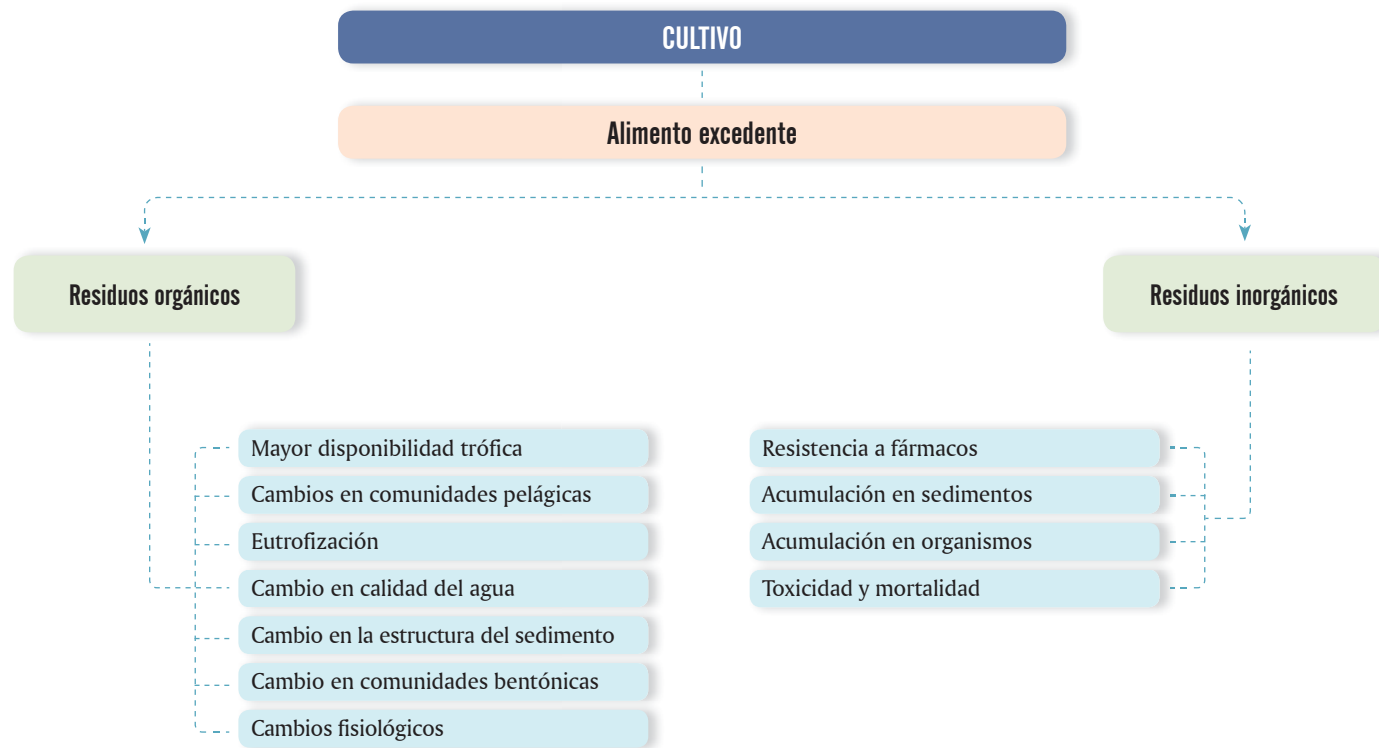


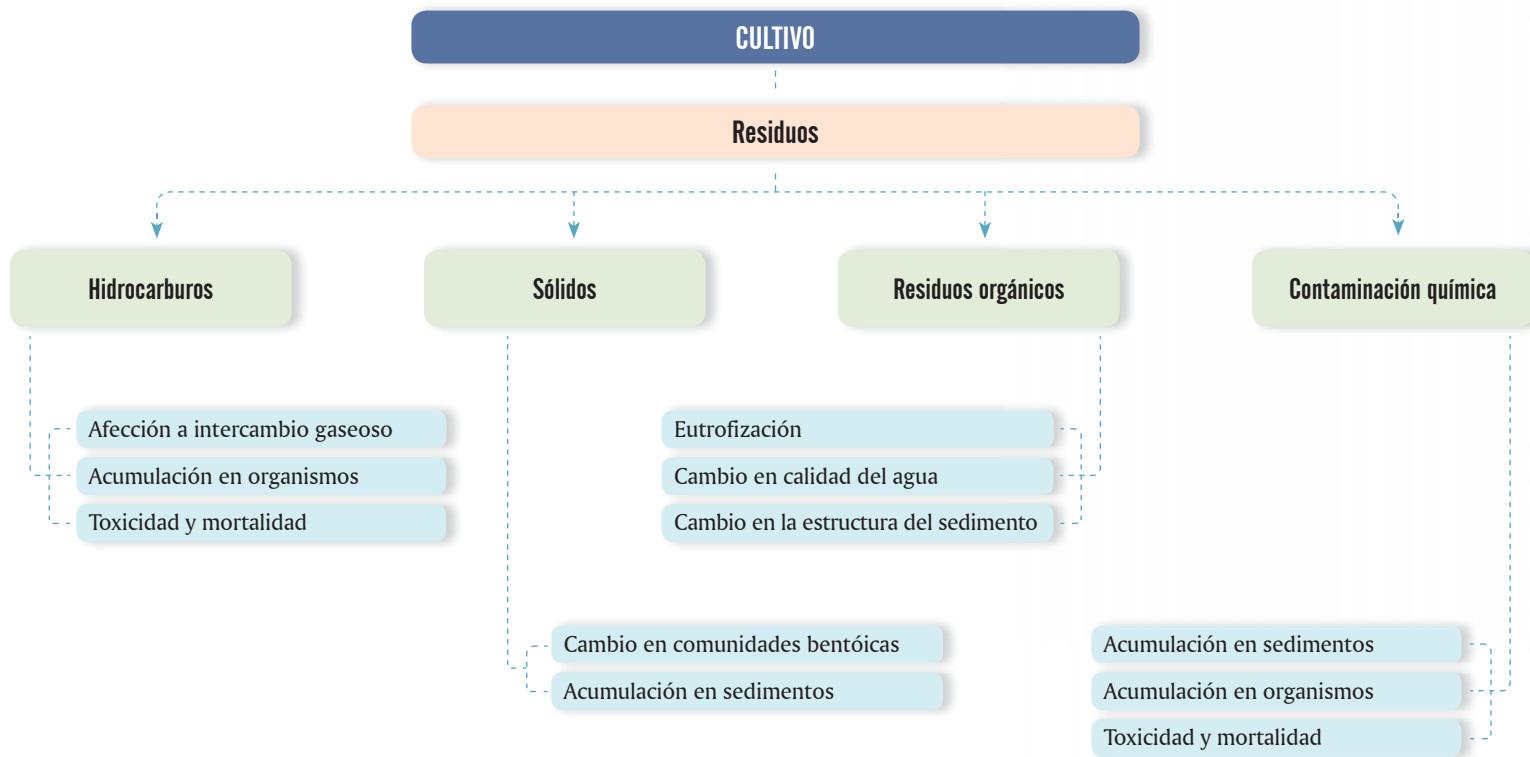
ANEXO I: MODELO CONCEPTUAL











ANEXO II: METODOLOGÍA DE MUESTREO Y ANÁLISIS NORMALIZADO

MUESTREO: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Obligatoria / Poblamiento Infaunal de Poliquetos

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- embarcación
- GPS
- Muestreadores: i) Sacatestigo de gravedad (corer sampler) de policarbonato u otro tipo de plástico transparente, con tapones plásticos que aseguren la hermeticidad del recipiente. ii) Draga tipo Van-Veen de 0,04m² de superficie y 10 cm de penetración (válida cuando sube cerrada y sin pérdida de material).
- formularios para la recogida de información in situ
- nevera de campo

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en muestreo de fanerógamas marinas y con titulación y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de dragas y sacatestigos y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

RECOGIDA

Tamaño mínimo de muestra homogeneizada necesario para análisis granulométrico: 100 g.

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- Con sacatestigos: sacar una muestra asegurándonos que no se va a perder muestra durante la toma. Asegurar que los dos tapones del sacatestigo quedan bien cerrados.
- Con draga tipo Van-Veen: Asegurarse que las cucharas de la draga han cerrado correctamente. Desechar cualquier muestra de escaso volumen o que se sospeche de la pérdida de muestra durante el ascenso de la draga.

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

Si no se realiza el almacenamiento en el sacatestigo, almacenar en recipiente de plástico o vidrio que quede herméticamente cerrado. Usualmente se seca la muestra, ya sea al aire o en estufa, y se conserva en lugar fresco y seco hasta el análisis.

NORMATIVA APLICABLE

RECURSOS MATERIALES

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definiciones referentes a los tipos de muestreos que se pueden realizar.
- el equipo de muestreo genérico, tanto para muestras de agua como de sedimentos.
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.
- transporte, almacenamiento y registro de las muestras extraídas.

ISO 5667 - 15: 2009. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos.

En esta norma se incluyen:

- indicaciones sobre el tipo de recipiente, condiciones de conservación y de almacenamiento de una muestra de sedimento marino según parámetro de determinación.

ISO 5667 - 19: 2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos.

En esta norma se incluyen:

- dispositivos de muestreo según tipo de sedimento
- formulario tipo de registro de muestras de sedimentos

ANÁLISIS EN LABORATORIO:

Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Obligatoria / Granulometría: Fracción Fina (FF) del sedimento (< 65 µm)

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Balanza
- Tamices (se recomiendan 3 tamices como mínimo)
- Agitador mecánico de tamices (si se opta por tamización en seco)
- Horno o estufa de desecación
- Agitador de botellas para la dispersión de las muestras
- Equipo adicional de laboratorio (cucharas, recipientes, guantes, etc.)
- Equipos de protección personal para productos químicos

RECURSOS HUMANOS

Lista de recursos humanos:

- 1 técnico con experiencia en este tipo de análisis y que conozca las normas de seguridad del laboratorio

REACTIVOS

Lista de reactivos:

- Disolución dispersante de hexametafosfato sódico y bicarbonato sódico: Pese 35,70 g de hexametafosfato sódico y añádale 7,94 g de bicarbonato sódico 10 hidratado; diluya con agua destilada hasta 1 L.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Procedimiento:

- Tomar 100g de muestra seca homogeneizada, tamizar por 2mm para quitar materiales gruesos (se pesan).
- Pesar 40g, añadir 50ml de solución dispersante (hexametafosfato), enrasar hasta 1L con agua destilada y agitar durante al menos 12h
- Lavar a través de la batería de tamices y pesar las fracciones retenidas en cada una de ellas. La fracción + fina se obtiene por diferencia.

REFERENCIAS

Loring, D.H. and Rantala R.T.T., 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth Sci. Rec., 32:235 - 283

ISO 16665: 2005. Directrices para el muestreo cuantitativo y el tratamiento de muestras de la macrofauna de los fondos blandos marinos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Obligatoria / Granulometría: Fracción Fina (FF) del sedimento (< 65 μm)

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|--|---------------|---------------------------------------|---|--|
| Zona A Granulometría Fracción Fina < 63 μm | μm | Según límites de la balanza de pesado | No se podrá tener un incremento de la FF un 50% superior que en las zonas control (C.1 y C.2) | El incumplir la NCA para la zona descrita podría suponer actuaciones administrativas y de gestión como la reubicación de las instalaciones, dimensionamiento de unidades de producción y/o disminución de la producción. |
| Zona B Granulometría Fracción Fina < 63 μm | μm | Según límites de la balanza de pesado | No se podrá tener un incremento de la FF un 25% superior que en las zonas control (C.1 y C.2) | El incumplir la NCA descrita para la zona podría suponer gestiones administrativas de replanteamiento de las dimensiones de la concesión |

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Muestreadores: i) Sacatestigo de gravedad (corer sampler) de polí-carbonato u otro tipo de plástico transparente, con tapones plásticos que aseguren la hermeticidad del recipiente. ii) Draga tipo Van-Veen de 0,04m² de superficie y 10 cm de penetración (válida cuando sube cerrada y sin pérdida de material).
- Formularios para la recogida de información in situ
- Nevera de campo
- Jeringuilla de 20ml recortada por su parte apical (2 cm de diámetro)
- Parafina

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de dragas y sacatestigos y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

RECOGIDA

Tamaño mínimo de la submuestra será de 5 mL.

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- se toma la muestra con una draga o con un sacatestigos
- se toma una submuestra (5ml de sedimento) en los primeros 2 cm de sedimento con jeringuillas de 20 ml (2 cm de diámetro) a las que se les ha quitado la parte apical de modo que adquieren aspecto de émbolo. En estas jeringuillas, la marca de 5 ml coincide con 2 cm de penetración en el sedimento, seguidamente se tapa la jeringuilla con parafina.

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

Conservación en frío y oscuridad. Es conveniente realizar el análisis lo más pronto posible, nunca después de 72h después de la toma de la muestra.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definiciones referentes a los tipos de muestreos que se pueden realizar.
- el equipo de muestreo genérico, tanto para muestras de agua como de sedimentos.
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.
- transporte, almacenamiento y registro de las muestras extraídas.

ISO 5667 - 15: 2009. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos.

En esta norma se incluyen:

- indicaciones sobre el tipo de recipiente, condiciones de conservación y de almacenamiento de una muestra de sedimento marino según parámetro de determinación.

ISO 5667 - 19: 2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos.

En esta norma se incluyen:

- dispositivos de muestreo según tipo de sedimento
- formulario tipo de registro de muestras de sedimentos

ANÁLISIS EN LABORATORIO: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Obligatoria / Sulfuros Libres Totales (TFS)

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Data-logger portátil pH/ISE-metro
- Electrodo ion selectivo de plata/sulfuro con disolución de relleno
- Agitador magnético.
- Barras magnéticas recubiertas de teflón.
- Bureta de 10 mL.
- Vasos de precipitado de 50 y 100 mL.
- Probetas de 250 mL.
- Pipetas automáticas de volumen variable (50-100 μ L, 100-1000 μ L, 1-10 mL).
- Balanza analítica de precisión 0,01 g
- Equipos de protección personal para productos químicos

RECURSOS HUMANOS

Lista de recursos humanos:

- 1 técnico con experiencia en este tipo de análisis y que conozca las normas de seguridad del laboratorio

REACTIVOS

Lista de reactivos:

- Agua destilada y desaireada para evitar posibles oxidaciones del ión sulfuro.
- Disolución de 0.1 M perclorato de plomo $Pb(ClO_4)_2$. Disolver 40,610 g de perclorato de plomo en agua y llevar a 1000 mL en matraz aforado
- Buffer antioxidante de sulfuro (SAOB): 20.0 g NaOH + 17.9 g EDTA preparar una disolución de 250 ml en un matraz aforado.
- Ácido ascórbico.
- El SAOB se mezcla con el ác. ascórbico antes de su utilización. 8.75g ác. ascórbico/250 ml de SAOB
- Disolución stock sulfuro de sodio al 3% (0.01M) (Estable durante 48 h. mantener en frasco de color ámbar o en oscuridad). Determinar su concentración exacta por titulación potenciométrica con perclorato de plomo 0.100M, según procedimiento para determinación de sulfuro por titulación potenciométrico.
- Preparar disolución estándar de sulfuro de 0.001M y 0.0001 M en matraces aforado de 50 ml.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

CALIBRADO

Seguir las instrucciones del fabricante del electrodo de plata/sulfuro para el calibrado y mantenimiento del mismo.

Los electrodos metálicos no presentan desplazamientos significativos de sus potenciales, por ello, habitualmente no se calibran. Sin embargo por el uso pueden producirse algunas desviaciones.

El electrodo debe llenarse con su solución de relleno correspondiente 24h antes de la calibración y medición.

Calibrado del electrodo plata/sulfuro:

- conectar el electrodo de plata /sulfuro y el electrodo de referencia (cuando corresponda) al pH/ISE-metro, enjuagar ambos electrodos con agua destilada y secar con papel absorbente. Se recomienda utilizar como mínimo 3 patrones, de 100 μ M, 1000 μ M y 10000 μ M, aunque dependiendo de los niveles de la zona puede ser recomendable utilizar otras concentraciones.

- colocar el/los electrodo/s en la muestra y registrar la medida una vez que se haya estabilizado. La calibración se hará en orden creciente de concentración de los patrones.

Añadir SAOB (con ácido ascórbico) en relación 1:1, y leer con el electrodo mientras se agita suavemente. La pendiente de los coeficientes de calibración estará entre -26 y -34. Realizar una calibración por cada 30 muestras medidas para evitar la deriva del electrodo.

ANÁLISIS

Procedimiento:

- pasar la muestra de la jeringuilla con punta recortada en la parte apical (aprox. 5 ml) a un vaso de precipitado (por Ej. de 50ml) y añadir 5ml de tampón Anti-oxidante de los Sulfuros (SAOB)- ác ascórbico.

- colocar directamente en el recipiente una barra magnética y agitar suavemente.

- esperar entre 1-3 minutos antes de proceder a su medición (no sobrepasar los 15 minutos desde que se mezcla el sedimento muestra con el tampón SAOB). Introducir el electrodo en la mezcla sedimento-reactivos. Registrar la medida de sulfuro (lectura estable en 1-2 minutos).

- limpiar el electrodo con agua entre muestra y conservar después de su uso según las instrucciones del fabricante.

REFERENCIAS

Referencias:

- Thermo Scientific Orion Silver/Sulfide electrodes. ORION RESEARCH INCORPORATED. Instruction Manual sulfide ion electrode, silver ion electrode . 9616BNWP Ionplus Sure-Flow solid state combination with WPBNC.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th edition. Washington, 2005, Sección 4500S2- A y 4500S2- G, pp.4-170 a 4-172 y 4-177 a 4-178.
- Wildish, D.J., Akagi, H.M., Hamilton, N., Hargrave, B.T. (1999). A recommended method for monitoring sediments to detect organic enrichment from mariculture in the Bay of Fundy. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2286: iii + 31p.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Obligatoria / Sulfuros Libres Totales (TFS)

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS |
|---------------|---------------|--|---|--|
| Zona A TFS | μm | El establecido por el fabricante del electrodo selectivo | <p>NCA Zona A:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valores promedio de TFS normales admitidos deben ser inferiores a $3000 \mu\text{M}$ (promedio de todas las réplicas; no se admiten más de 3 muestras $> 5000 \mu\text{M}$). - Valores promedio de TFS de $3000 - 5000 \mu\text{M}$ implican un incremento en la frecuencia de seguimiento de TFS y del poblamiento infaunal de poliquetos. - Valores promedio de TFS $> 5000 \mu\text{M}$ (valores intolerables en zona A) implica actuaciones administrativas y de gestión como la reubicación de las instalaciones y/o disminución de la producción. | <p>Referencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hargrave, B.T., Holmer, M., Newcombe, C.P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Mar. Poll. Bull. 56(5): 810-824. |
| Zona B TFS | μm | El establecido por el fabricante del electrodo selectivo | <p>NCA Zona B:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valores de TFS admitidos dependientes de valores en zonas C: como máximo un 50% superior a los valores en controles. - Valores promedio de TFS un 50% superior a los de los controles implican un incremento en la frecuencia de seguimiento del poblamiento infaunal de poliquetos. La superación de esta NCA puede llegar a suponer gestiones administrativas de replanteamiento de las dimensiones de la concesión. - Valores promedio de TFS $> 3000 \mu\text{M}$ (valores intolerables en zona B) Implicaría actuaciones administrativas y de gestión como la reubicación de las instalaciones y/o disminución de la producción. | <p>Referencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hargrave, B.T., Holmer, M., Newcombe, C.P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Mar. Poll. Bull. 56(5): 810-824. |

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Muestreadores: i) Draga tipo Van-Veen de 0,04m² de superficie y 10 cm de penetración (válida cuando sube cerrada y sin pérdida de material). ii) core de 10 cm de diámetro.
- Tamiz con luz de malla de 1 mm.
- Recipientes de plástico con cierre estanco.
- Formularios para la recogida de información in situ
- Nevera de campo

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de dragas y sacatestigos y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

RECOGIDA

Tamaño mínimo de muestra será de 200 g.

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- se hace bajar el equipo verticalmente hacia el fondo marino, a una velocidad regular, evitando que se dispare el mecanismo.
- cerrar la draga y comenzar el ascenso de la draga.
- tamizar la muestra in situ, vaciándola en una tolva de lavado, la apertura de malla del tamiz será de 1 mm, para eliminar los tamaños finos de la muestra.
- se introduce la muestra tamizada en un recipiente de plástico con cierre estanco codificado.
- fijar la muestra en una dilución de formaldehído, tamponado con bórax, para neutralizar el pH de la muestra

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

Almacenamiento en recipiente de plástico o vidrio. La conservación tendrá que ser en refrigerador de 1 a 5°C, durante un máximo de 24 h, si la identificación se va a realizar in situ. Por el contrario, se puede almacenar durante un máximo de 3 meses siempre que se fije la muestra con formaldehído (entre 37% y 41% en masa de formaldehído) neutralizada con bórax por ejemplo 2 g/l de bórax en polvo.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definiciones referentes a los tipos de muestreos que se pueden realizar.
- el equipo de muestreo genérico, tanto para muestras de agua como de sedimentos.
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.
- transporte, almacenamiento y registro de las muestras extraídas.

ISO 5667 - 15: 2009. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos.

En esta norma se incluyen:

- indicaciones sobre el tipo de recipiente, condiciones de conservación y de almacenamiento de una muestra de sedimento marino según parámetro de determinación.

ISO 5667 - 19: 2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos.

En esta norma se incluyen:

- dispositivos de muestreo según tipo de sedimento
- formulario tipo de registro de muestras de sedimentos

ISO 16665: 2005. Directrices para el muestreo cuantitativo y el tratamiento de muestras de la macrofauna de los fondos blandos marinos.

En esta norma se incluyen:

- determinación de tipo de muestreo
- conservación de muestras
- formulario tipo

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Tamices de 1 mm de luz de malla.
- Bandejas de plástico.
- Instrumentos de disección (pinzas, lancetas, etc).
- Flexo provisto de una lupa.
- Lupa binocular.
- Microscopio.
- Claves de determinación.
- Equipos de protección personal para productos químicos

RECURSOS HUMANOS

Lista de recursos humanos:

- 1 técnico con experiencia en este tipo de análisis y que conozca las normas de seguridad del laboratorio

REACTIVOS

Lista de reactivos:

- Formalina: Formol al 40% diluido en agua de mar contenido en la muestra para conseguir una concentración final del 4%.
- Para tamponar el formol se añade 1,5 gr/L de tetrabotato de sodio (bórax).
- Etanol diluido en agua de mar al 75%.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Procedimiento:

- Una vez que llega la muestra al laboratorio hay que escurrir la disolución de formol de la muestra en un bidón apropiado para su eliminación controlada como tóxico peligro, en una campana de flujo protegiéndose con guantes y mascarilla, enjuagando con agua de mar utilizando un tamiz con una luz de malla de 1mm.
- Se separan los poliquetos de la totalidad de la fauna del sedimento preferentemente en una mesa de cristal con iluminación por debajo para facilitar esta labor.
- Identificar por grupos taxonómicos a un nivel de familia
- Colocar el material clasificado en etanol al 75%
- Se calcularán los siguientes valores definitorios de la estructura de la comunidad:
- Riqueza total y por localidad
- Abundancias de familia total y por localidad.

Procedimiento alternativo:

No fijar con formol las muestras al recogerlas y una vez en el laboratorio, se extiende la muestra en una bandeja y se deja cubierta con agua de mar durante toda la noche. Muchos organismos salen del sedimento y pueden ser fácilmente recogidos con unas pinzas. Si no se va a continuar procesando la muestra, entonces fijar y conservar como se describe en el procedimiento.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 16665: 2005. Directrices para el muestreo cuantitativo y el tratamiento de muestras de la macrofauna de los fondos blandos marinos.

Bibliografía para la identificación de poliquetos:

TORRES GAVILA, F. Javier. Tesis: Anélidos Poliquetos y comunidades bentónicas de la desembocadura del río Segura (Alicante, Mediterráneo Occidental). Valencia (1989)

VILLARROGA ESCUDERO. Irene. Anélidos Poliquetos y Comunidades bentónicas del yacimiento submarino de Sierra Helada (Alicante). (2005)

Polychaetes & Allies: The Southern Synthesis. Fauna of Australia. Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula. Edited by Pamela L. Beesley, Graham J. B. Ross, & Christopher J. Glasby. Published in 2000 by CSIRO Publishing, 477 p., hardback. ISBN 0-643-06571-7.

UEBELACKER, Joan M. and JOHNSON, Paul G. Taxonomic guide to the polychaetes of the northern Gulf of Mexico. editors ; prepared under MMS contract 14-12-001-29091 for Minerals Management Service, U.S. Dept. of the Interior.

DAY, J.H. A monograph on the polychaeta of Southern Africa, (1967) British Museum (Natural History). Department of Zoology. Vol 1. Publisher by Trustees of the British museum (Natural History) London

CAPACCIONI AZZATI, Romana. Anélidos Poliquetos de la Ensenada de los Alfaques (Delta del Ebro, Mediterráneo Occidental). (1987)

VIÉITEZ, J.M., ALÓS, C., PARAPAR, J., BESTEIRO, C., MOREIRA, J., NÚÑEZ, J., LABORDA, J. Y SAN MARTÍN, G., 2004. Annelida, Polychaeta I. En: Fauna Ibérica, vol. 25. RAMOS, M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 530 pp.

ASCENSÃO RAVARA, MARINA R. CUNHA & FREDRIK PLEIJEL. Nephthyidae (Annelida, Polychaeta) from southern Europe. Zootaxa 2682: 1-68 (2010). ISSN 1175-5334 (online edition)

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Obligatoria / Poblamiento Infaunal de Poliquetos

| PARÁMETRO | UNIDADES | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|---|----------|---|---|
| Zona A nº de familias de poliquetos | % | nº de familias de poliquetos admitido 75% inferior que en zonas C.1 y C.2 | Comparación de la evolución en el tiempo del poblamiento de poliquetos entre las zonas A y C1-C2 mediante PERMANOVA para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. Disimilitud promedio entre zonas A y C1-C2 < 75%. |
| Zona B nº de familias de poliqueto | % | nº de familias de poliquetos admitido 50% inferior que en zonas C.1 y C.2 | Comparación de la evolución en el tiempo del poblamiento de poliquetos entre las zonas zonas A y B, y ambas frente a C1-C2, mediante PERMANOVA, para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. Disimilitud promedio entre zonas B y C1-C2 < 50%. |

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Muestreadores: i) Sacatestigo de gravedad (corer sampler) de polí-carbonato u otro tipo de plástico transparente, con tapones plásticos que aseguren la hermeticidad del recipiente. ii) Draga tipo Van-Veen de 0,04m² de superficie y 10 cm de penetración (válida cuando sube cerrada y sin pérdida de material)
- Formularios para la recogida de información in situ
- pHmetro
- Electrodo de pH de penetración

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de pH de penetración y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Seguir las instrucciones del fabricante del electrodo de pH para el calibrado, transporte y mantenimiento del mismo.

Calibrado del electrodo de pH:

- se realizará el calibrado con 3 disoluciones tampón, se llena el tubo con la disolución tampón 1 hasta el nivel indicado de llenado, se desenrosca el protector que contiene el electrolito y se lava el electrodo con agua destilada, seguidamente se enrosca el electrodo al tubo con el primer tampón, se agita ligeramente y se obtendrá la medida.
- el pHmetro hará dos curvas de calibrado con las tres medidas tomadas y se siguen las instrucciones del instrumento para terminar la calibración del mismo.

RECOGIDA

Tamaño mínimo de muestra será de 50 g.

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento de muestreo:

- una vez obtenida la muestra (tanto con draga como con sacatestigo) se realiza la determinación in situ, introduciendo el electrodo de penetración en la parte más superficial del sedimento, a una profundidad equivalente de 0 - 2 cm.
- se espera a que se estabilice el electrodo durante 2 minutos y se toma la medida, anotar también la temperatura que muestra el pHmetro para tenerla como referencia.

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

La muestra tendrá que mantenerse húmeda sin alteraciones. Se realizará la determinación in situ.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definiciones referentes a los tipos de muestreos que se pueden realizar.
- el equipo de muestreo genérico, tanto para muestras de agua como de sedimentos.
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.
- transporte, almacenamiento y registro de las muestras extraídas.

ISO 5667 - 19: 2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos.

En esta norma se incluyen:

- dispositivos de muestreo según tipo de sedimento
- formulario tipo de registro de muestras de sedimentos

ISO 10523: 2008. Determinación del pH.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Complementaria / pH

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|--------------|----------------|---|----------------------------|---|
| Zona A pH | Unidades de pH | El indicado por el fabricante del electrodo | 7,0 - 9,0 | Referencias: - DIRECTIVA 2006/113/CE |
| Zona B pH | Unidades de pH | El indicado por el fabricante del electrodo | 7,5 - 8,5 | En caso de que la región de explotación de la acuicultura se sitúe en un ambiente que naturalmente tenga una gran carga de materia orgánica (frente a la desembocadura de un río o rambla) se planteará un contraste de hipótesis de tal forma que el pH en la zona B no deba ser significativamente diferente de los controles (zonas C.1 y C.2) |

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- embarcación
- GPS
- Muestreadores: i) Sacatestigo de gravedad (corer sampler) de policarbonato u otro tipo de plástico transparente, con tapones plásticos que aseguren la hermeticidad del recipiente. ii) Draga tipo Van-Veen de 0,04m² de superficie y 10 cm de penetración (válida cuando sube cerrada y sin pérdida de material).
- formularios para la recogida de información in situ
- pHmetro o instrumento con entrada para electrodo Eh.
- electrodo de Eh de platino de penetración

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de electrodo de Eh de platino de penetración y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Seguir las instrucciones del fabricante del electrodo de Eh para el calibrado, transporte y mantenimiento del mismo. Los electrodos metálicos no presentan desplazamientos significativos de sus potenciales, por ello, habitualmente no se calibran. Sin embargo por el uso pueden producirse algunas desviaciones por el uso.

Calibrado del sensor de Eh:

- se realizará el calibrado con 1 disolución patrón de 220 mV, se llena el tubo con la disolución patrón hasta el nivel indicado de llenado, se desenrosca el protector que contiene el electrolito y se lava el electrodo con agua destilada, seguidamente se enrosca el electrodo al tubo con el patrón, se agita ligeramente y se obtendrá la medida.
- seguir las instrucciones de la pantalla del instrumento y terminar la calibración.

RECOGIDA

Tamaño mínimo de muestra será de 50 g.

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento de muestreo:

- una vez obtenida la muestra (tanto con draga como con sacatestigo) se realiza la determinación in situ, introduciendo el electrodo de penetración en la parte más superficial del sedimento, a una profundidad equivalente de 0 - 2 cm.
- se espera a que se establezca el electrodo durante 2 minutos y se toma la medida, anotar también la temperatura que muestra el pH metro para tenerla como referencia.

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

La muestra tendrá que mantenerse húmeda sin alteraciones. Se realizará la determinación in situ.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definiciones referentes a los tipos de muestreos que se pueden realizar.
- el equipo de muestreo genérico, tanto para muestras de agua como de sedimentos.
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.
- transporte, almacenamiento y registro de las muestras extraídas.

ISO 5667 - 19: 2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos.

En esta norma se incluyen:

- dispositivos de muestreo según tipo de sedimento
- formulario tipo de registro de muestras de sedimentos

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Complementaria / Eh

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|--------------|----------|---|--|---|
| Zona A Eh | mV | El indicado por el fabricante del electrodo | Valores promedio admitidos de Eh no inferiores (más electronegativos) a -200 mV, medidos a 2 cm del interior de sedimento. | |
| Zona B Eh | mV | El indicado por el fabricante del electrodo | de -50 a -100 | En caso de que la región de explotación de la acuicultura se sitúe en un ambiente que naturalmente tenga una gran carga de materia orgánica (frente a la desembocadura de un río o rambla) se planteará un contraste de hipótesis de tal forma que el Eh en la zona B no deba ser significativamente diferente de los controles (zonas C.1 y C.2) |

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- embarcación
- GPS
- Muestreadores: i) Sacatestigo de gravedad (corer sampler) de polí-carbonato u otro tipo de plástico transparente, con tapones plás-ticos que aseguren la hermetici-dad del recipiente. ii) Draga tipo Van-Veen de 0,04m² de superficie y 10 cm de penetración (valida cuando sube cerrada y sin pérdi-da de material).
- formularios para la recogida de información in situ
- nevera de campo

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con tí-tulo y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en uti-lización de dragas y sacatestigos y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

RECOGIDA

Tamaño mínimo de muestra será de 100 g.

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- sacar una muestra con un sacatestigo de gravedad para asegurar que no se va a perder durante el muestreo, la fracción fina de sedimento.
- asegurar que los dos tapones del sacatestigo quedan bien cerrados.

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

Si no se realiza el almacenamiento en el sacatestigo, almacenar en recipiente de plástico o vidrio que quede her-méticamente cerrado. La conservación tendrá que ser en refrigerador de 1 a 5°C y durante un máximo de 7 días.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definiciones referentes a los tipos de muestreos que se pueden realizar.
- el equipo de muestreo genérico, tan-to para muestras de agua como de sedimentos.
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo ne-cesario.
- transporte, almacenamiento y regis-tro de las muestras extraídas.

ISO 5667 - 15: 2009. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la con-servación y manipulación de mues-tras de lodo y sedimentos.

En esta norma se incluyen:

- indicaciones sobre el tipo de reci-piente, condiciones de conserva-ción y de almacenamiento de una muestra de sedimento marino se-gún parámetro de determinación.

ISO 5667 - 19: 2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos.

En esta norma se incluyen:

- dispositivos de muestreo según tipo de sedimento
- formulario tipo de registro de mues-tras de sedimentos

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- buretas de 25 mL
- soporte universal
- matraces erlenmeyer de 250 mL
- pipeta parcial de 10 mL
- pipeta aforada de 10 mL
- probeta de 50 mL
- matraces aforados de 1000 mL
- 200 mL
- balanza analítica
- estufa de secado
- placas de petri
- mortero
- papel de aluminio
- Equipos de protección personal para productos químicos

RECURSOS HUMANOS

Lista de recursos humanos:

- 1 técnico con experiencia en este tipo de análisis y que conozca las normas de seguridad del laboratorio

REACTIVOS

Lista de reactivos:

- $K_2Cr_2O_7$ 1 N . Se disuelven en agua exactamente 49,04 g de $K_2Cr_2O_7$, y diluir la disolución hasta 1 litro.
- $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$ 0,5 N. Se disuelven 195,93 g de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$, en 800 mL de agua que contiene 20 mL de H_2SO_4 concentrado y diluir hasta 1 litro.
- Ag_2SO_4 0,25 %. Disolver 0,5 g de Ag_2SO_4 en un cierto volumen de agua y diluir hasta 200 mL.
- H_3PO_4 concentrado al 85 %
- NaF(s)
- Indicador Difenilamina. Se disuelven 0,5 g de difenilamina en una mezcla de 20 mL de agua con 100 mL de H_2SO_4 concentrado.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Procedimiento:

- secar la muestra a 60 °C en un horno
- pulverizar la muestra con un mortero
- se extrae una masa de 0,5 g de sedimento seco y se trata con 10 mL de $K_2Cr_2O_7$ 1 N en 20 mL de H_2SO_4 concentrado y 10 mL de Ag_2SO_4 0,25 %
- agitar un poco y dejar actuar durante 30 min.
- una vez finalizada la oxidación del carbono en el sedimento, se agregan 100 mL de agua destilada, 10 mL de H_3PO_4 concentrado, 0,2 g de NaF(s) y 10 gotas de difenilamina
- valorar añadiendo $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$ 0,5 N hasta que se consiga un color verdoso, seguir añadiendo $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ hasta el punto final de verde brillante
- se lleva en paralelo la titulación de los blancos, usando las mismas cantidades de disoluciones y reactivos.

Cálculo de materia orgánica:

- se calcula primero el % de carbono orgánico a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Carbono Orgánico} = [10 \times (1 - (T/S)) \times (1 N \times 0,003) \times (100 / W)] \times 1,33$$
 donde: 10 mL = volumen de $K_2Cr_2O_7$ agregados a la muestra de sedimento
 1N= Normalidad del $K_2Cr_2O_7$

T= volumen (mL) gastado de la disolución de sulfato de hierro (II) y amonio para el exceso de $K_2Cr_2O_7$

S= volumen (mL) gastado en el blanco de la disolución desulfato de hierro (II) y amonio

0,003 = 12 / 4000 miliequivalente gramos del carbono

W= masa (g) de la muestra de sedimento

1,33 = factor de corrección para el método que recupera el 75 %

Y el % de materia orgánica se obtiene con la siguiente fórmula:

$\% \text{ Materia Orgánica} = \% C \times 1,724$

donde:

1,724= factor de Van Bemmelen el cual considera que la materia orgánica contiene en promedio el 58 % de carbono.

NORMATIVA APLICABLE

Loring, D.H. and Rantala R.T.T., 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth Sci. Rec., 32:235 - 283.

Walkey, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil. Soil Sci., 63: 251 - 263.

Jackson, M.L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, New York, N.Y., 485 pp.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Complementaria / Contenido en Materia Orgánica

| PARÁMETRO | UNIDADES | ESTANDARIZACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|----------------------------|----------|---|--|--|
| Zona A Materia Orgánica | % | Utilización de la dextrosa para estandarizar el método. Se recomienda una desviación estandar de 10 réplicas de 0,04% de materia orgánica | Valores promedio admitidos de MO hasta un 50% superior que el promedio de las zonas control (C.1 y C.2) | Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y C1-C2 mediante ANOVA para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. |
| Zona B Materia Orgánica | % | Utilización de la dextrosa para estandarizar el método. Se recomienda una desviación estandar de 10 réplicas de 0,04% de materia orgánica | Valores promedio admitidos de MO menores o iguales a los valores promedio de las zonas control (C.1 y C.2) | Comparación de la evolución en el tiempo de esta variable entre las zonas A y B, y ambas frente a C1-C2 mediante ANOVA para el contraste de la hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. |

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Muestreadores: i) Sacatestigo de gravedad (corer sampler) de polícarbonato u otro tipo de plástico transparente, con tapones plásticos que aseguren la hermeticidad del recipiente. ii) Draga tipo Van-Veen de 0,04 m² de superficie y 10 cm de penetración (válida cuando sube cerrada y sin pérdida de material).
- Formularios para la recogida de información in situ
- Jeringuilla recortada por su parte apical de 20 mL (2 cm de diámetro)
- Parafina
- Nevera de campo

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de dragas y sacatestigos y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

RECOGIDA

Tamaño mínimo de la muestra es de 5 mg de sedimento

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- se toma la muestra con una draga o con un sacatestigos
- se toma una submuestra (5ml de sedimento) en el primer cm de sedimento con jeringuillas de 20 ml (2 cm de diámetro) a las que se les ha quitado la parte apical de modo que adquieren aspecto de émbolo. Cantidad de sedimento: 50 mg.
- seguidamente se tapa la jeringuilla con parafina.

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

Durante el transporte hasta el laboratorio la muestra tendrá que estar refrigerada, a 4^o C, una vez en el laboratorio tendrá que congelarse la muestra a - 30^o C, y podrá conservarse como mucho durante 2 meses hasta el momento de la determinación. El material tendrá que ser descongelado a temperatura ambiente para su determinación.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definiciones referentes a los tipos de muestreos que se pueden realizar.
- el equipo de muestreo genérico, tanto para muestras de agua como de sedimentos.
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.
- transporte, almacenamiento y registro de las muestras extraídas.

ISO 5667 - 15: 2009. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos.

En esta norma se incluyen:

- indicaciones sobre el tipo de recipiente, condiciones de conservación y de almacenamiento de una muestra de sedimento marino según parámetro de determinación.

ISO 5667 - 19: 2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos.

En esta norma se incluyen:

- dispositivos de muestreo según tipo de sedimento
- formulario tipo de registro de muestras de sedimentos

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Estufa
- Mortero
- Microbalanza
- Cápsulas de estaño
- Jeringa recortada por su parte apical
- Espectrómetro de masas de relaciones isotópicas
- Analizador elemental
- Equipos de protección personal para productos químicos

RECURSOS HUMANOS

Lista de recursos humanos:

- 1 técnico con experiencia en este tipo de análisis y que conozca las normas de seguridad del laboratorio

REACTIVOS

Lista de reactivos:

- Acetanilida como el estándar de referencia para cuantificar el contenido de nitrógeno.
- varios estándares de referencia para el cálculo de las relaciones isotópicas

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Procedimiento:

- secar la muestra en estufa 40-60 °C.
- moler las muestras con mortero o pulverizar con molino de bolas para alicuotar mejor. El grado de molienda debe ser lo más fino posible para garantizar homogeneidad y representatividad de la porción que se pesa.
- pesar el material seco en polvo en una microbalanza de alta precisión y empaquetar en cápsulas de estaño
- la determinación isotópica se realiza por medio de un analizador elemental conectado a un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas.

Luego se aplica la relación isotópica siguiente:

$$\delta^{15}\text{N} = \left(\frac{^{15}\text{N}^{14}\text{Nmuestra}}{^{15}\text{N}^{14}\text{Npatrón}} - 1 \right) \cdot 1000 (\text{‰})$$

REFERENCIAS

Robinson, D., 2001. $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. Trends in Ecology and Evolution 16, 153-162

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Variables de Vigilancia Complementaria / Señal Isotópica del ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$)

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS |
|-----------------------|----------|---|---|---|
| $\delta^{15}\text{N}$ | % | Según límites de detección del espectrómetro de masas de relaciones isotópicas. Error total <2% para 30 réplicas. | Valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$ admitidos hasta un 6% o que no superen en más de 4 unidades (‰) la señal del control. | <p>Carballeira, A., Aguado-Giménez, F., González, N., Sánchez-Jerez, P., Texeira, J.M., Gairin, J.I., Carballeira, C., García-García, B., Fernández-González, V., Carreras, J., Macías, J.C., Acosta, D., Collado, C. 2011. Utilización de perfiles ecológicos para la selección de variables geoquímicas de sedimentos marinos como indicadores del impacto ambiental generado por los cultivos marinos en mar abierto. Comunicación, XIII Congreso Nacional de Acuicultura. Barcelona.</p> <p>I.G. Viana, et al., 2011. Measurement of $\delta^{15}\text{N}$ in macroalgae stored in an environmental specimen bank for regional scale monitoring of eutrophication in coastal areas. Ecological Indicators 11. p. 888–895</p> |
| $\delta^{15}\text{N}$ | % | Según límites de detección del espectrómetro de masas de relaciones isotópicas. Error total <2% para 30 réplicas | Valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$ admitidos equivalentes a los valores promedio de las zonas control | <p>Carballeira, A., Aguado-Giménez, F., González, N., Sánchez-Jerez, P., Texeira, J.M., Gairin, J.I., Carballeira, C., García-García, B., Fernández-González, V., Carreras, J., Macías, J.C., Acosta, D., Collado, C. 2011. Utilización de perfiles ecológicos para la selección de variables geoquímicas de sedimentos marinos como indicadores del impacto ambiental generado por los cultivos marinos en mar abierto. Comunicación, XIII Congreso Nacional de Acuicultura. Barcelona.</p> <p>I.G. Viana, et al., 2011. Measurement of $\delta^{15}\text{N}$ in macroalgae stored in an environmental specimen bank for regional scale monitoring of eutrophication in coastal areas. Ecological Indicators 11. p. 888–895</p> |

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- embarcación
- GPS
- marco de 40 cm x 40 cm de PVC
- formularios para la recogida de información in situ, papel vegetal
- tablilla de PVC y lápiz graso.
- cinta métrica de 50m.

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en muestreo de fanerógamas marinas y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- el método consiste en el muestreo visual de densidad, se utilizará el método del cuadrado, usando para ello un cuadrado de 40 cm x 40 cm
- en cada estación, y siempre que la extensión de la pradera lo permita, uno de los buceadores desplegará un transecto de 40 m desde el ancla de la embarcación, en dirección paralela a las isobatas. A lo largo de este transecto se realizarán todas las muestras para evitar la dispersión del grupo y desorientaciones con respecto a la posición de la embarcación.
- si la extensión de la pradera o las irregularidades del terreno, no permiten extender el transecto de 50 m, los puntos de muestreo se establecerán al azar cada 4 o 5 aletadas del buceador, manteniéndose siempre dentro del rango de profundidades deseado.

La densidad de haces (n° haces / m^2) se mide contando el número de haces dentro del cuadrado, dispuesto sobre las manchas de pradera.

La cobertura (%) se mide visualmente a lo largo de transectos lineales de 50 m estimando el porcentaje de sustrato ocupado por manchas de pradera.

La **densidad global de haces (Dg)** se calcula a partir de la densidad de haces (d) y la cobertura de pradera (%C) según la ecuación de Romero (1989): $Dg = d \times \%C / 100$

CONSERVACIÓN

NO PROCEDE.

Las muestras se realizan mediante un método directo, el buceador realiza la cuantificación in situ.

NORMATIVA APLICABLE

Romero, J. 1988. Epífitos de las hojas de *Posidonia oceanica*: variaciones estacionales y batimétricas de biomasa en la pradera de las islas Medas (Gerona). *Oecología aquática*. Spain 9: 19 - 25.

Romero, J. 1989a. Note sur la floraison de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans les îles Medas (Gerona, Espagne). *Posidonia Newsletter* 2(2), 15-18.

Romero, J. 1989b. Seasonal pattern of *Posidonia oceanica* production: growth, age and renewal of leaves. In International Workshop on *Posidonia* Beds. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 63-67.

Romero, J. 1989c. Primary production of *Posidonia oceanica* beds in the Medas Islands (Girona, N.E. Spain). In International Workshop on *Posidonia* Beds. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 85-91.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Praderas de Fanerógamas Marinas / Densidad de Haces

PARÁMETRO

Pradera de Fanerógamas próxima a las instalaciones

Dg (Densidad Global de Haces)

UNIDADES

%

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL

Comparación de la evolución en el tiempo de la densidad global de haces entre la zona de la pradera más próxima a las instalaciones y praderas control, mediante ANOVA para el contraste de hipótesis H_0 : no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

OBSERVACIONES

Referencias:

En las instalaciones que se encuentren en las masas de agua descritas por la tabla 45 de la ORDEN ARM/2656/2008 se utilizarán los indicadores que se describen en la misma.

MUESTREO: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos Rocosos Infra o Circalitorales / Biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- embarcación
- GPS
- marco de 20 cm x 20 cm de PVC
- formularios para la recogida de información in situ, papel vegetal
- tablilla de PVC y lápiz graso
- espátula para raspar la superficie rocosa
- nevera de campo

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en el muestreo de sustratos rocosos con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Previamente se habrá identificado el "organismo formador del hábitat"

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- se realiza un raspado de la roca sobre un cuadrado de 20 cm x 20 cm recogiendo toda la epibiota (macroalgas)
- fijar la muestra en una dilución de formaldehído.
- añadir un tampón, como el bórax, para neutralizar el pH de la muestra

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

Según el método normalizado de conservación de la ISO 5667 - 9: 2003, si el análisis se va a realizar en las próximas 24 h. será suficiente refrigerar la muestra entre 1 y 5 °C. Por el contrario si va a tardar más el análisis se tendrá que conservar con formaldehído al 37% neutralizado con tetraborato de sodio o hexametilentetraamina (disolución de formalina de 100 g/l) para obtener una disolución del 3,7% de formaldehído (correspondiente a una dilución 1:10 de la disolución de formalina).

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 9: 2003. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Líneas directrices para la conservación y manipulación de muestras de agua.

En esta norma se incluyen:

- tabla de recomendaciones para la conservación de muestras de macroalgas (masa fresca).

ISO 19493: 2007. Calidad del agua. Orientación para los estudios biológicos de las poblaciones del sustrato duro.

En esta norma se incluyen:

- muestreo
- indicaciones para la identificación taxonómica
- tratamiento de las muestras
- formulario de campo tipo

ANÁLISIS EN LABORATORIO: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos Rocosos Infra o Circalitorales / Biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Bandejas de plástico.
- Tamiz de 0,5 mm de luz de malla
- Instrumentos de disección (pinzas, lances, etc.).
- Una lupa provista de flexo.
- Lupa binocular.
- Microscopio.
- Claves de determinación.
- Equipos de protección personal para productos químicos

RECURSOS HUMANOS

Lista de recursos humanos:

- 1 técnico con experiencia en la identificación de organismos marinos y que conozca las normas de seguridad del laboratorio

REACTIVOS

Lista de reactivos:

- formaldehído al 37%
- tampón de tetraborato de sodio o hexametilentetraamina

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Procedimiento:

En general no requiere una separación por su fácil identificación, en cualquier caso se puede seguir los siguientes pasos:

- si la muestra ha sido fijada se lava sobre un tamiz de 0,5 mm de luz de malla para eliminar el formaldehído.
- se procede a la separación de especímenes sobre una bandeja de plástico, con la ayuda de la luz de un flexo provisto de lupa para ver los individuos de menor tamaño.
- las algas separadas del resto de organismos se recogen de la bandeja usando unas pinzas de relojero.
- las algas separadas se recuentan y se almacenan en botes con formaldehído hasta su posterior identificación.
- la clasificación debe realizarse con ayuda de claves actualizadas del grupo taxonómico seleccionado (algas).
- por último se calcula la biomasa de estos organismos (peso seco después de exposición a 105 °C durante 24h).

NORMATIVA APLICABLE

ISO 19493: 2007. Calidad del agua. Orientación para los estudios biológicos de las poblaciones del sustrato duro.

En esta norma se incluyen:

- muestreo
- indicaciones para la identificación taxonómica
- tratamiento de las muestras
- formulario de campo tipo

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos Rocosos Infra o Circalitorales / Biomasa por unidad de superficie de organismos formadores del hábitat

PARÁMETRO

Fondo rocoso infra- circalitoral
cercano a las instalaciones
Biomasa

UNIDADES

g/m^2

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL

Comparación de la evolución en el tiempo de la biomasa de organismos formadores del hábitat entre la zona más próxima a las instalaciones y zonas control, mediante ANOVA para el contraste de hipótesis H_0 ; no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias:

En las instalaciones que se encuentren en las masas de agua descritas por la tabla 45 de la ORDEN ARM/2656/2008 se utilizarán los indicadores que se describen en la misma.

MUESTREO: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos de Maërl / Relación biomasa - tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- embarcación
- GPS
- marco de 20 cm x 20 cm de PVC
- formularios para la recogida de información in situ, papel vegetal
- lápiz
- tablilla de PVC y lápiz graso
- espátula o paleta para la recogida de algas calcáreas
- nevera de campo

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en la toma de muestras de organismos bentónicos y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- se realiza un raspado de la roca sobre un cuadrado de 20 cm x 20 cm recogiendo toda la comunidad
- fijar la muestra en una dilución de formaldehído.
- añadir un tampón, como el bórax, para neutralizar el pH de la muestra

Registro:

- rellenar el formulario de registro y codificar las muestras respecto a las posiciones obtenidas con GPS
- identificar cada muestra con el código de muestra, el día de la recogida y técnico responsable del muestreo

CONSERVACIÓN

Según el método normalizado de conservación de la ISO 5667 - 9: 2003, si el análisis se va a realizar en las próximas 24 h. será suficiente refrigerar la muestra entre 1 y 5 °C. Por el contrario si va a tardar más el análisis se tendrá que conservar con formaldehído al 37% neutralizado con tetraborato de sodio o hexametilentetraamina (disolución de formalina de 100 g/l) para obtener una disolución del 3,7% de formaldehído (correspondiente a una dilución 1:10 de la disolución de formalina).

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 9: 2003. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Líneas directrices para la conservación y manipulación de muestras de agua.

En esta norma se incluyen:

- tabla de recomendaciones para la conservación de muestras de macroalgas (masa fresca).

ISO 19493: 2007. Calidad del agua. Orientación para los estudios biológicos de las poblaciones del sustrato duro.

En esta norma se incluyen:

- muestreo
- indicaciones para la identificación taxonómica
- tratamiento de las muestras
- formulario de campo tipo

ANÁLISIS EN LABORATORIO: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos de Maërl / Relación biomasa - tanatoma por unidad de superficie de algas calcáreas

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Bandejas de plástico.
- Tamiz de 0,5 mm de luz de malla
- Instrumentos de disección (pinzas, lancetas, etc.).
- Una lupa provista de flexo.
- Lupa binocular.
- Microscopio.
- Claves de determinación.
- Equipos de protección personal para productos químicos

RECURSOS HUMANOS

Lista de recursos humanos:

- 1 técnico con experiencia en la identificación de organismos marinos y que conozca las normas de seguridad del laboratorio

REACTIVOS

Lista de reactivos:

- formaldehído al 37%
- tampón de tetraborato de sodio o hexametilentaamina

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Procedimiento:

En general no requiere una separación por su fácil identificación, en cualquier caso se pueden seguir los siguientes pasos:

- si la muestra ha sido fijada se lava sobre un tamiz de 0,5 mm de luz de malla para eliminar el formol.
- se procede a la separación de especímenes sobre una bandeja de plástico, con la ayuda de la luz de un flexo provisto de lupa para ver los individuos de menor tamaño.
- las algas separadas del resto de organismos se recogen de la bandeja usando unas pinzas de relojero.
- las algas separadas se recuentan, se separan las porciones vivas de las muertas y se almacenan en botes con formalina hasta su posterior identificación.
- la clasificación debe realizarse con ayuda de claves actualizadas del grupo taxonómico seleccionado (algas).
- por último se calcula la biomasa de la porción viva y de la porción muerta (tanatoma) de estos organismos (peso seco después de exposición a 105 °C durante 24h).

NORMATIVA APLICABLE

ISO 19493: 2007. Calidad del agua. Orientación para los estudios biológicos de las poblaciones del sustrato duro.

En esta norma se incluyen:

- muestreo
- indicaciones para la identificación taxonómica
- tratamiento de las muestras
- formulario de campo tipo

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Bentónico / Fondos de Tipo detrítico / Fondos de Maërl / Relación biomasa - tanatomasa por unidad de superficie de algas calcáreas

PARÁMETRO

Fondo de Maërl cercano a las instalaciones
relación entre Biomasa/Tanatomasa

UNIDADES

Biomasa = g/m^2
Tanatomasa = g/m^2

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL

Comparación de la evolución en el tiempo de la relación biomasa/tanatomasa de algas calcáreas entre la zona más próxima a las instalaciones y zonas control, mediante ANOVA para el contraste de hipótesis H_0 ; no existen diferencias significativas para $Z_i \times T_j$.

OBSERVACIONES

Referencias:

En las instalaciones que se encuentren en las masas de agua descritas por la tabla 45 de la ORDEN ARM/2656/2008 se utilizarán los indicadores que se describen en la misma.

MUESTREO: Sistema Pelágico: columna de agua / Temperatura

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Preferentemente, sonda multiparamétrica (CTD) con sensor de temperatura
- Poleas
- Cabos de longitud acorde a la profundidad del muestreo
- Formulario para la recogida de información in situ
- Ordenador para la lectura y procesamiento de los datos obtenidos por la sonda multiparamétrica

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de sondas multiparamétricas y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Seguir las instrucciones del fabricante de la sonda multiparamétrica para el calibrado, transporte y mantenimiento de la sonda.

Calibrado:

- realizar la medida de la temperatura con un termómetro certificado por un laboratorio autorizado.
- la lectura de nuestra sonda y del termómetro certificado tendrán que estar dentro del intervalo de exactitud (precisión) dada por el fabricante, de lo contrario tendrá que enviarse el equipo para que ajuste el sensor o **desarrollar protocolo establecido por el fabricante.**

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- Se tendrán que seguir las recomendaciones del fabricante en todo momento, respecto a la toma de medidas.
- se sumerge el CTD, a ser posible asegurando una velocidad de descenso y ascenso constante.
- esperar 60 s. a que se estabilice el instrumento en la profundidad de muestreo.
- empezar a tomar las medidas del perfil. Consultar protocolo del fabricante.
- Registrar el perfil (ascenso, descenso o ambos)
- realizar el muestreo en el resto de puntos del transecto.

CONSERVACIÓN

NO PROCEDE.

Las muestras se realizan mediante un método directo, el sensor hace la medición directamente por lo que no se producirá la extracción de una muestra de agua.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definición de muestras tomadas en serie (perfiles verticales)
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Pelágico: columna de agua / Temperatura

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|-----------------------|----------|--|---|--|
| Zona A Temperatura | °C | El indicado por el fabricante del sensor | Se considera como límite muy bueno/ bueno el valor correspondiente a una desviación del 15% respecto a las condiciones de referencia tomadas de las zonas C.1 y C.2 y como límite bueno/ moderado el correspondiente a una desviación del 25% | Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 |
| Zona B Temperatura | °C | El indicado por el fabricante del sensor | Se considera como límite muy bueno/ bueno el valor correspondiente a una desviación del 15% respecto a las condiciones de referencia tomadas de las zonas C.1 Y C.2 y como límite bueno/ moderado el correspondiente a una desviación del 25% | Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 |

MUESTREO: Sistema Pelágico: columna de agua / Salinidad

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Listado de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Sonda multiparamétrica (CTD) con sensor de salinidad
- Poleas
- Cabos de longitud acorde a la profundidad del muestreo
- Formulario para la recogida de información in situ
- Ordenador para la lectura y procesamiento de los datos obtenidos por la sonda multiparamétrica

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de sondas multiparamétricas y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Seguir las instrucciones del fabricante de la sonda multiparamétrica para el calibrado, transporte y mantenimiento de la sonda.

Calibración:

- utilización de la Escala de Salinidad Práctica, se realizará el calibrado con una muestra de agua de mar estandar (disponible en el Standard Seawater Services, Institute of Oceanographic Services, Warmey, Godalming, Surrey, OSIL (Ocean Scientific International Ltd.)) con una conductividad relativa al KCl conocida, siguiendo las instrucciones del fabricante.

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- Se tendrán que seguir las recomendaciones del fabricante en todo momento, respecto a la toma de medidas.
- se sumerge el CTD, a ser posible asegurando una velocidad de descenso y ascenso constante.
- esperar 60 s. a que se estabilice el instrumento en la profundidad de muestreo.
- empezar a tomar las medidas del perfil. Consultar protocolo del fabricante.
- Registrar el perfil (ascenso, descenso o ambos)
- realizar el muestreo en el resto de puntos del transecto.

El sensor realizará la determinación de la conductividad en el agua y la transformará en salinidad siguiendo los algoritmos de la UNESCO sobre las propiedades básicas del agua de mar.

CONSERVACIÓN

NO PROCEDE.

Las muestras se realizan mediante un método directo, el sensor hace la medición directamente por lo que no se producirá la extracción de una muestra de agua.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definición de muestras tomadas en serie (perfiles verticales)
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Pelágico: columna de agua / Salinidad

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|---------------------|----------|--|---|--|
| Zona A Salinidad | ‰ | El indicado por el fabricante del sensor | Se considera como límite muy bueno/ bueno el valor correspondiente a una desviación del 15% respecto a las condiciones de referencia tomadas de las zonas C.1 y C.2 y como límite bueno/ moderado el correspondiente a una desviación del 25% | En la Directiva europea para la calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos se establece que no deberá de ser $\leq 40\%$ Además, la variación de la salinidad provocada por un vertido, en las aguas para cría de moluscos afectadas por dicho vertido, no deberá ser superior en más de un 10 % a la salinidad medida en las aguas no afectadas. Se tendrán en cuenta las ‰ de salinidad mínimas y máximas para un crecimiento adecuado de los peces. Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 - DIRECTIVA 2006/113/CE |
| Zona B Salinidad | ‰ | El indicado por el fabricante del sensor | Se considera como límite muy bueno/ bueno el valor correspondiente a una desviación del 15% respecto a las condiciones de referencia tomadas de las zonas C.1 Y C.2 y como límite bueno/ moderado el correspondiente a una desviación del 25% | Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 |

MUESTREO: Sistema Pelágico: columna de agua / Turbidez

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Sonda multiparamétrica (CTD) con sensor óptico de turbidez
- Poleas
- Cabos de longitud acorde a la profundidad del muestreo
- Formulario para la recogida de información in situ
- Ordenador para la lectura y procesamiento de los datos obtenidos por la sonda multiparamétrica

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de sondas multiparamétricas y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Seguir las instrucciones del fabricante de la sonda multiparamétrica para el calibrado, transporte y mantenimiento de la sonda.

Calibración:

- **desarrollar protocolo establecido por el fabricante.** Se debe utilizar una disolución patrón estándar de turbidez. Y mediante la compensación de los coeficientes de conversión de la señal debe conseguirse la sensibilidad esperada en unidades del sistema internacional, Unidades de Turbidez Formacina (FTU) o Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). **Según el rango de turbidez también se puede expresar como Unidades Nefelométricas de Formacina (UNF) o unidades de atenuación de formacina (UAF)**

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- Se tendrán que seguir las recomendaciones del fabricante en todo momento, respecto a la toma de medidas.
- se sumerge el CTD, a ser posible asegurando una velocidad de descenso y ascenso constante.
- esperar 60 s. a que se estabilice el instrumento en la profundidad de muestreo.
- empezar a tomar las medidas del perfil. Consultar protocolo del fabricante.
- Registrar el perfil (ascenso, descenso o ambos)
- realizar el muestreo en el resto de puntos del transecto.

CONSERVACIÓN

NO PROCEDE.

Las muestras se realizan mediante un método directo, el sensor hace la medición directamente por lo que no se producirá la extracción de una muestra de agua.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definición de muestras tomadas en serie (perfiles verticales)
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.

ISO 7027: 1999. Calidad del agua. Determinación de la turbiedad.

En esta norma se incluyen:

- método del tubo de la evaluación de la transparencia
- método del disco de evaluación de la transparencia (Disco Secchi)
- método de la radiación difusa
- método de la atenuación de la transparencia

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Pelágico: columna de agua / Turbidez

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|--------------------|----------|--|--|---|
| Zona A Turbidez | NTU | El indicado por el fabricante del sensor | Se recomienda valores nunca superiores a 4 NTU. No obstante se puede admitir que no existan diferencias significativas para $Z_i \times T_j$. El rechazo de la H_0 junto con un incremento de la turbidez de un 50% | Valores nunca superiores a 4 NTU Se tendrán en cuenta las NTU de turbidez máximas para un crecimiento adecuado de los peces. Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 |
| Zona B Turbidez | NTU | El indicado por el fabricante del sensor | Valores hasta un 25% distinto de los de zonas control (zonas C.1 y C.2) | Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 |

MUESTREO: Sistema Pelágico: columna de agua / Clorofila - a

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Sonda multiparamétrica (CTD) con un fluorómetro
- Poleas
- Cabos de longitud acorde a la profundidad del muestreo
- Formulario para la recogida de información in situ
- Ordenador para la lectura y procesado de los datos obtenidos por la sonda multiparamétrica

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de sondas multiparamétricas y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Seguir las instrucciones del fabricante de la sonda multiparamétrica para el calibrado, transporte y mantenimiento de la sonda.

Calibración:

- para la calibración de este sensor deben compensarse los coeficientes de conversión de la señal, utilizando para ello, una disolución patrón estándar de fluorescencia y como referencia un fluorómetro con una disolución patrón de clorofila-a caracterizada en un laboratorio de cultivo de mono especies de fitoplancton (*Thalassiosira weissflogii*)

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- Se tendrán que seguir las recomendaciones del fabricante en todo momento, respecto a la toma de medidas.
- se sumerge el CTD, a ser posible asegurando una velocidad de descenso y ascenso constante.
- esperar 60 s. a que se estabilice el instrumento en la profundidad de muestreo.
- empezar a tomar las medidas del perfil. Consultar protocolo del fabricante.
- Registrar el perfil (ascenso, descenso o ambos)
- desechar los datos del primer y último metro y los datos obtenidos en el descenso, utilizar sólo los de ascenso.
- realizar el muestreo en el resto de puntos del transecto.

CONSERVACIÓN

NO PROCEDE.

Las muestras se realizan mediante un método directo, el sensor hace la medición directamente por lo que no se producirá la extracción de una muestra de agua.

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definición de muestras tomadas en serie (perfiles verticales)
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Pelágico: columna de agua / Clorofila - a

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|-------------------------|-----------------|--|--|--|
| Zona A Clorofila - a | $\mu\text{g/l}$ | El indicado por el fabricante del sensor | Valores de Chl-a (percentil 90) admitidos según lo que señale el valor indicativo del máximo estacional para cada tipología de masa de agua | Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 |
| Zona B Clorofila - a | $\mu\text{g/l}$ | El indicado por el fabricante del sensor | Valores promedio de Chl-a (percentil 90) admitidos hasta un 25% distinto de los de zonas control pero sin superar el límite bueno/moderado de indicador Chl-a establecidos por el anexo III, para cada uno de los tipos de masas de agua, tabla 45 de la orden ARM/2656/2008 | Referencias: - ORDEN ARM/2656/2008 |

MUESTREO: Sistema Pelágico: columna de agua / Oxígeno Disuelto

RECURSOS

RECURSOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Embarcación
- GPS
- Sonda multiparamétrica (CTD) con sensor selectivo de O₂
- Poleas
- Cabos de longitud acorde a la profundidad del muestreo
- Formulario para la recogida de información in situ

RECURSOS HUMANOS

Listado de recursos humanos:

- 1 patrón de embarcación con título y equipo propio de buceo
- 2 técnicos con experiencia en utilización de sondas multiparamétricas y con titulación y equipo propio de buceo

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PREPARACIÓN

Seguir las instrucciones del fabricante de la sonda multiparamétrica para el calibrado, transporte y mantenimiento de la sonda.

Calibrado del sensor de O₂:

- ajustar el cero eléctrico del instrumento (si procede)
- calibrado de un valor cercano a la saturación, burbujando aire a través del agua a temperatura constante de manera que se haga llegar lo más próximo a la saturación de O₂, se deja alrededor de 15 min a esa temperatura y se determina la concentración de O₂ mediante el método iodométrico de la norma (ISO 5813)
- realizar una curva del calibrado a concentraciones conocidas

RECOGIDA

Cantidad de muestras: según propuesta de diseño experimental y nivel de vigilancia

Procedimiento:

- Se tendrán que seguir las recomendaciones del fabricante en todo momento, respecto a la toma de medidas.
- se sumerge el CTD, a ser posible asegurando una velocidad de descenso y ascenso constante.
- esperar 60 s. a que se estabilice el instrumento en la profundidad de muestreo.
- empezar a tomar las medidas del perfil. Consultar protocolo del fabricante.
- Registrar el perfil (ascenso, descenso o ambos)
- desechar los datos del primer y último metro y los datos obtenidos en el descenso, utilizar solo los de ascenso.
- realizar el muestreo en el resto de puntos del transecto.

CONSERVACIÓN

NO PROCEDE.

Las muestras se realizan mediante un método directo, el sensor hace la medición directamente por lo que no se producirá la extracción de una muestra de agua

NORMATIVA APLICABLE

ISO 5667 - 1: 2006. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 1: Líneas directrices para la concepción de programas y técnicas de muestreo.

En esta norma se incluyen:

- definición de muestras tomadas en serie (perfiles verticales)
- la preparación de una campaña de muestreo y de todo el equipo necesario.

ISO 5814: 1990. Calidad del Agua. Muestreo. Determinación del oxígeno disuelto. Método electroquímico.

En esta norma se incluyen:

- ejemplo de calibrado del sensor
- cálculo de la concentración de O₂
- tablas de solubilidad del O₂ en función de la temperatura, la salinidad y la presión para la corrección de los datos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Sistema Pelágico: columna de agua / Oxígeno Disuelto

| PARÁMETRO | UNIDADES | LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN | NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL | OBSERVACIONES |
|----------------------------|----------|--|---|--|
| Zona A Oxígeno disuelto | % | El indicado por el fabricante del sensor | > 70% | <p>EL 70% de saturación de oxígeno es el mínimo para un crecimiento adecuado de los peces.</p> <p>Si una medición individual indicase un valor inferior al 70 % las mediciones se repetirán.</p> <p>Una medición individual no podrá indicar un valor inferior al 60 % .</p> <p>Referencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ORDEN ARM/2656/2008 - DIRECTIVA 2006/113/CE |
| Zona B Oxígeno disuelto | % | El indicado por el fabricante del sensor | Valores hasta un 25% distinto de los de las zonas C.1 y C.2 | <p>No se puede superar el 25% del límite de saturación de las condiciones medias de la zona o de las referencias (zonas C.1 y C.2).</p> <p>Referencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ORDEN ARM/2656/2008 |

ANEXO III: FORMULARIOS TIPO PARA EL PVA

En este anexo se puede encontrar la relación de formularios tipo, para el muestreo y determinación de alguno de los indicadores así como el del Plan de Vigilancia Visual.

- ISO. Calidad del agua–Muestreo. Parte 19: Líneas directrices para el muestreo de sedimentos en el medio marino. ISO 5667 – 19: 2004. [ANEXO A](#): Ejemplo de un formato de registro. Muestreo de sedimentos marinos. Información que debe adjuntarse a cada muestra.
- ISO. Directrices para el muestreo cuantitativo y el tratamiento de muestras de la macrofauna de los fondos blandos marinos. ISO 16665: 2005. [Apartado 5.1](#). Documentación y registro de campo.
- ISO. Calidad del agua. Líneas directrices para la realización de estudios biológicos marinos de poblaciones de sustrato duro. ISO 19493: 2007. [ANEXO B](#): Formulario de registro para el trabajo de campo.

PLAN DE VIGILANCIA VISUAL

Concesión:

ID Concesión:

Auditor:

Fecha de Autoría: / / Fecha realización actuaciones: / /

Limpieza de Fondos:

Revisión de Anclajes:

Antifouling:

..... Gasto:

Otros Tratamientos:

..... Gasto:

Limpieza de Redes:

Revisión de Redes:

Antibióticos:

..... Gasto:

Reparaciones:

..... Gasto:

Observación de la instalación:

.....

Realización Vídeo (200 m)

Longitud Latitud

INDICADORES OBSERVADOS

1) Plásticos (p.ej. bolsas de pienso), redes, cabos y contrapesos restos metálicos

2) Acumulaciones visibles de gránulos de pienso en los fondos

3) Presencia en el fondo de restos de fouling

4) Presencia en el fondo de tapices bacterianos de *Beggiatoa sp* o mantos diatomeas

5) Presencia en el fondo de burbujeo de gases de metano y sulfuros

6) Presencia de aceites, grasas, combustibles en la capa superficial de agua

7) Presencia de peces cultivados muertos o restos óseos en el fondo

8) En la capa superficial olor manifiesto a pienso o descomposición orgánica

9) Presencia de animales escapados

Resultado Final (Cuantitativo)

Resultado Final (Cualitativo)

Firmado por Responsable de la concesión

Firmado por el auditor

Cuantificación para todos los indicadores excepto escapes

En más del 15 % del recorrido: valor:0

Entre el 10-15% del recorrido: valor:4

Entre el 5-10 % del recorrido: valor:6

Entre el 1-5 % del recorrido: valor:8

Menor al 1 %: valor:10

Cuantificación para Escapes:

Presencia. valor: 0

Presencia menos de 10 individuos: valor: 10

Valoración de la vigilancia:

Todos los indicadores tienen valor 10: valor:10 (Excelente)

Todos los indicadores tienen valor ≥ 8 : valor: 8 (Muy Buena),

De 1 a 3 indicadores tienen un valor igual a 6: valor: 6

(Buena),

De 1 a 3 indicadores tienen un valor igual a 4: valor: 4

(Mala),

De 2 o más indicadores tienen un valor igual a 0: valor: 0

(Pésima),

FORMULARIOS TIPO PARA MUESTRAS DE LA COLUMNA DE AGUA, SEDIMENTOS Y MUESTRAS BIOLÓGICAS

Identificación del Plan de Vigilancia Ambiental (Nivel de Vigilancia V.2.):

Fecha (aa/mm/dd): / /

Condiciones oceanográficas (hora de bajamar y pleamar, dirección de la marea, dirección y fuerza del oleaje, etc.):

Condiciones meteorológicas (dirección y fuerza del viento, % de cubierta de nubes, etc.):

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA GRANJA

DATOS DE LA EMPRESA

Nombre:

.....

CIF:

DIRECCIÓN DE CONTACTO

Calle/nº/piso/puerta:

Población: C.P./Provincia:

Teléfonos: Fax:

Persona de contacto: E-mail:

DATOS DE LA CONCESIÓN

CÓDIGO:

CORRDENADAS: Longitud (X) Latitud (Y)

Punto A:

Punto B:

Punto C:

Punto D:

Nº de jaulas:

Tipo (marca) de jaulas:

Profundidad máx.:

Tipo de cultivo especies 1:

Tipo de cultivo especies 2:

Producción anual total:

DATOS IDENTIFICACIÓN DEL OPERADOR/ENTIDAD/EMPRESA AMBIENTAL

DATOS DEL OPERADOR AMBIENTAL

Nombre de la empresa:

.....

CIF:

DIRECCIÓN DE CONTACTO

Calle/nº/piso/puerta:

Población: C.P./Provincia:

Teléfonos: Fax:

Coordinador de la campaña: E-mail:

MUESTREO DE VARIABLES EN LA COLUMNA DE AGUA

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁXIMA | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | EQUIPO (marca) | VARIABLES MUESTREADAS |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------------|------------------|--------------|----------------|---|
| A1 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A1 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A1 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A2 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A2 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A2 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |

1/5

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | EQUIPO (marca) | VARIABLES MUESTREADAS |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|----------------|---|
| A3 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A3 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A3 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A4 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A4 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| A4 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B1 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B1 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B1 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B2 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B2 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B2 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B3 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | EQUIPO (marca) | VARIABLES MUESTREADAS |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|----------------|---|
| B3 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B3 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B4 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B4 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| B4 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.1 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.1 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.1 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.2 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.2 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.2 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.3 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| CI.3 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | EQUIPO (marca) | VARIABLES MUESTREADAS |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|----------------|---|
| C1.3 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C1.4 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C1.4 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C1.4 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.1 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.1 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.1 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.2 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.2 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.2 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.3 | 1 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.3 | 2 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |
| C2.3 | 3 | | | | | | | profundidad, temperatura, salinidad, turbidez, clorofila – a y oxígeno disuelto |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| A1 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_A1_1_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_A1_1_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_A1_1_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_A1_1_POLIQUE | | | | | | |
| A1 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| A1 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| A2 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| A2 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_A2_2_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_A2_2_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_A2_2_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_A2_2_POLIQUE | | | | | | |
| A2 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| A3 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| A3 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| A3 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_A3_3_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_A3_3_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_A3_3_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_A3_3_POLIQUE | | | | | | |
| A4 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| A4 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| A4 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| B1 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_B1_1_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_B1_1_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_B1_1_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_B1_1_POLIQUE | | | | | | |
| B1 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| B1 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| B2 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| B2 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_B2_2_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_B2_2_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_B2_2_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_B2_2_POLIQUE | | | | | | |
| B2 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| B3 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| B3 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| B3 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_B1_1_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_B1_1_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_B1_1_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_B1_1_POLIQUE | | | | | | |
| B4 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| B4 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| B4 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| C1.1 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_C1.1_1_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_C1.1_1_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_C1.1_1_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_C1.1_1_POLIQUE | | | | | | |
| C1.1 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C1.1 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C1.2 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| C1.2 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_C1.2._2_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_C1.2._2_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_C1.2._2_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_C1.2._2_POLIQUE | | | | | | |
| C1.2 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C1.3 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C1.3 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| C1.3 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_C1.3_3_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_C1.3_3_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_C1.3_3_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_C1.3_3_POLIQUE | | | | | | |
| C1.4 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C1.4 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C1.4 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| C2.1 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_C2.1._1_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_C2.1._1_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_C2.1._1_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_C2.1._1_POLIQUE | | | | | | |
| C2.1 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C2.1 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C2.2 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| C2.2 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_C2.2._2_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_C2.2._2_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_C2.2._2_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_C2.2._2_POLIQUE | | | | | | |
| C2.2 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C2.3 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C2.3 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

| PUNTO DE MUESTREO | NÚMERO DE RÉPLICA | VARIABLE DE MUESTREO | ID MUESTRA AAMMDD_Pto de muestreo_réplica_variable | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD MÁX | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | DISPOSITIVO (marca) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------|
| C2.3 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | AAMMDD_C2.3._3_multiple | | | | | | CORE/DRAGA |
| | | MO | AAMMDD_C2.3._3_MO | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | AAMMDD_C2.3._3_FF | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | AAMMDD_C2.3._3_POLIQUE | | | | | | |
| C2.4 | 1 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C2.4 | 2 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |
| C2.4 | 3 | pH, Eh, ¹⁵ N, TFS | | | | | | | |
| | | MO | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRÍA | | | | | | | |
| | | POLIQUETOS | | | | | | | |

MUESTREO DE VARIABLES BIOLÓGICAS

Densidad de haces (praderas de fanerógamas)

| PUNTO DE MUESTREO | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | TAMAÑO DE LA CUADRÍCULA (cm) | Nº DE HACES | DENSIDAD DE HACES (nº haces/m ²) |
|-------------------|--------------|-------------|-------------|------------------|--------------|------------------------------|-------------|--|
| A1 | | | | | | 40x40 | | |
| A2 | | | | | | 40x40 | | |
| A3 | | | | | | 40x40 | | |
| C1.1 | | | | | | 40x40 | | |
| C1.2 | | | | | | 40x40 | | |
| C1.3 | | | | | | 40x40 | | |
| C2.1 | | | | | | 40x40 | | |
| C2.2 | | | | | | 40x40 | | |
| C2.3 | | | | | | 40x40 | | |

Cobertura = se mide visualmente a lo largo del transecto lineal de 40 m estimando el porcentaje de sustrato ocupado por manchas de pradera

| PRADERA | ESPECIES DE FANERÓGAMAS | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | LONG. DEL TRANSECTO (m) | LONG. OCUPADA (m) | LONG. NO OCUPADA (m) | RELACIÓN (%) long. ocupada/long. no ocupada |
|---------|-------------------------|--------------|-------------|-------------|------------------|--------------|-------------------------|-------------------|----------------------|---|
| A | | | | | | | 40 | | | |
| B | | | | | | | 40 | | | |
| C | | | | | | | 40 | | | |

Biomasa de Macroalgas = raspado de todas las macroalgas

| PUNTO DE MUESTREO | ID DE LA MUESTRA (AAMMDD_Pto macroalgas) | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | TAMAÑO DE LA CUADRÍCULA (cm) |
|-------------------|--|--------------|-------------|-------------|------------------|--------------|------------------------------|
| A1 | | | | | | | 20x20 |
| A2 | | | | | | | 20x20 |
| A3 | | | | | | | 20x20 |
| C1.1 | | | | | | | 20x20 |
| C1.2 | | | | | | | 20x20 |
| C1.3 | | | | | | | 20x20 |
| C2.1 | | | | | | | 20x20 |
| C2.2 | | | | | | | 20x20 |
| C2.3 | | | | | | | 20x20 |

Biomasa / Tanatomasa de Algas Calcáreas (Maërl) = raspado de toda la comunidad

| PUNTO DE MUESTREO | ID DE LA MUESTRA (AAMMDD_Pto macroalgas) | LONGITUD (X) | LATITUD (Y) | PROFUNDIDAD | FECHA (aa/mm/dd) | HORA (hh:mm) | TAMAÑO DE LA CUADRÍCULA (cm) |
|-------------------|--|--------------|-------------|-------------|------------------|--------------|------------------------------|
| A1 | | | | | | | 20x20 |
| A2 | | | | | | | 20x20 |
| A3 | | | | | | | 20x20 |
| C1.1 | | | | | | | 20x20 |
| C1.2 | | | | | | | 20x20 |
| C1.3 | | | | | | | 20x20 |
| C2.1 | | | | | | | 20x20 |
| C2.2 | | | | | | | 20x20 |
| C2.3 | | | | | | | 20x20 |

GLOSARIO

Acuicultura: Cultivo de organismos acuáticos en áreas continentales o costeras, que implica por un lado la intervención en el proceso de crianza para mejorar la producción y por el otro la propiedad individual o empresarial del stock cultivado.

Agregación: Grupo de especies que explotan el mismo tipo de ambiente de manera similar.

Antifouling: Antiincrustante. Generalmente se refiere a pinturas o productos anti-incrustantes formados por una resina en la que se ha disuelto algún pigmento que da color al producto y otros productos como los biocidas que serán los que evitarán que se fijen las algas y demás formas de vida. Como biocida se utiliza normalmente algún forma química del cobre.

Bentónico: Referido a lo que está o sucede en el fondo de un cuerpo de agua. Son organismos bentónicos aquéllos que viven íntimamente ligados al lecho acuático independientemente de su naturaleza.

Biocenosis: Grupo de organismos que forman una comunidad natural determinada por la condiciones del ambiente o ecosistema local.

Circalitoral: Zona del medio marino que se extiende desde el límite inferior alcanzado por las algas fotófilas y fanerógamas marinas (unos 30-40 m de profundidad en el mar Mediterráneo) hasta la profundidad compatible con la supervivencia de algas multicelulares. El final de esta zona coincide aproximadamente con la porción inferior de la plataforma continental y el margen superior del talud continental.

Draga Van-Veen: Es una de las dragas más utilizadas para la extracción de muestras bentónicas en fondos blandos en estudios. Destaca especialmente por su sencillez y por no necesitar grandes equipamientos en el barco donde se vaya a utilizar. Está compuesta por dos cubetas de muestreo sujetas a dos brazos largos que actúan a modo de palanca y facilitan el cierre de la draga.

Detrítico–sedimentario: Fondo formado por la sedimentación y compresión de partículas de materiales geológicos o biogénicos preexistentes.

Disco Secchi: Disco de evaluación de la transparencia. Es un instrumento que permite medir la penetración luminosa, y por tanto la turbidez, en masas de agua.

Diseños *beyond BACI*: *Before and After – Control – Impact*. Diseño experimental óptimo para estudios ambientales que considera el muestreo antes y después de comenzar un impacto, teniendo en cuenta localidades control. Si no se consideraran zonas control, la posibilidad de que un cambio observado fuera causado por algún otro fenómeno no podría ser excluida. Del mismo modo, si sólo existieran datos de zonas de impacto y control posteriores al fenómeno de estudio las diferencias observadas sólo serían válidas si ambas fueran idénticas en ausencia de impacto.

Esfuerzo de Pesca: El esfuerzo pesquero se define como el producto de la capacidad pesquera y de la actividad pesquera, calculándose ésta por el tiempo pasado en una zona determinada.

Estudio del Impacto Ambiental (EsIA): El Estudio de Impacto Ambiental constituye el documento básico para el proceso de Evaluación del Impacto Ambiental. Es un estudio técnico, objetivo, de carácter pluri e interdisciplinario, que se realiza para predecir los impactos ambientales que pueden derivarse de la ejecución de un proyecto, creación o modificación de una normativa existente,... permitiendo la toma de decisiones sobre la viabilidad ambiental del mismo.

Eutrofización: Enriquecimiento natural o artificial de los nutrientes de un cuerpo de agua, asociado a extensas floraciones planctónicas y la consiguiente reducción del oxígeno disuelto.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): Procedimiento técnico-administrativo que permite identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno a fin de que la

administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo. Comprende las siguientes actuaciones:

- Solicitud de sometimiento del proyecto a evaluación de impacto ambiental por el promotor, acompañada del documento inicial del proyecto.
- Determinación de alcance del estudio de impacto ambiental por el órgano ambiental, previa consulta a las administraciones públicas afectadas y, en su caso, a las personas interesadas.
- Elaboración del estudio de impacto ambiental por el promotor del proyecto.
- Evacuación del trámite de información pública y de consultas a las Administraciones públicas afectadas y a personas interesadas, por el órgano sustantivo.
- Emisión de la Declaración de Impacto Ambiental por el órgano ambiental, la cual se hará pública.

Fouling: Conjunto de organismos acuáticos que se adhieren y crecen sobre objetos sumergidos, como cascos de barcos, estructuras de muelles, redes de jaulas y corrales y balsas. La incrustación excesiva en organismos vivos, tales como moluscos o camarones, puede impedir sus funciones corporales normales llevándolos al debilitamiento y la muerte.

Genotipo (cambios genotípicos): El genotipo es el conjunto de genes característicos de cada especie, vegetal o animal, es decir, el genotipo son los genes en formato de ADN que un ser vivo recibe de herencia de parte de sus dos progenitores, y que por tanto se encuentra conformado por las dos dotaciones de cromosomas que contienen la información genética del ser en cuestión.

Infaunal: Referido a los organismos que en el caso de un fondo sedimentario viven entre las partículas. Excavan y se desplazan en el interior del sustrato.

Infralitoral: Zona del medio marino cuyo límite superior se caracteriza por las poblaciones que están permanentemente sumergidas, o muy raramente

emergidas, y su límite inferior es el compatible con la vida de las algas fotófilas y fanerógamas marinas (entre 30 y 40 m en el mar Mediterráneo).

Macrófito: Los macrófitos engloban distintos grupos de comunidades vegetales. El término macrófito se refiere a las plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran principalmente plantas vasculares acuáticas, aunque se incluyen también briofitos, microalgas y cianobacterias. Generalmente se reconocen tres formas de macrófitos: flotantes, sumergidos y emergidos.

Nectónico: Relativo al conjunto de organismos pelágicos que nadan activamente, capaces de moverse independientemente de las corrientes de agua. El concepto se aplica por igual tanto a los sistemas de agua dulce como a los oceánicos.

Norma de Calidad Ambiental (NCA): Concentración de un determinado contaminante o grupo de contaminantes en el agua, los sedimentos o la biota, que no debe superarse en aras de la protección de la salud humana y el medio ambiente. Este umbral puede expresarse como Concentración Máxima Admisible (NCA-CMA) o como Media Anual (NCA-MA).

NTU (Nefelometric Turbidity Unit): La Unidad de Turbidez Nefelométrica específicamente detalla una técnica analítica basada en la dispersión de la luz por partículas en suspensión en el seno de una disolución, midiendo el haz de luz en la dirección que forma un ángulo recto (90°). Utilizan formazina como patrón de referencia, aunque existen otras suspensiones de polímeros como patrón más estable disponibles en el mercado, y se reconocen como una alternativa aceptable.

Perturbaciones no Deseadas (PnD): Cambios ocasionados por el cultivo que son intolerables, no sólo en la ZEP, sino también en su entorno.

Planctónico: Relativo a los organismos que derivan pasivamente o nadan débilmente en la columna de agua.

Plan de Vigilancia Ambiental (PVA): El Plan de Vigilancia Ambiental es un sistema que permite conocer la evolución del medio en relación a los

pronósticos realizados en el EsIA, y valorar si éstas se están cumpliendo. Se trata de un estudio dinámico que puede ser modificado a tenor de las observaciones realizadas.

Sonda multiparamétrica (CTD): Conjunto de sensores para la determinación de variables físicas, químicas y/o biológicas de la columna de agua. La más sencilla y ampliamente utilizada es la sonda tipo CTD (acrónimo en inglés de conductividad, temperatura y profundidad), aunque suelen incorporarse otros sensores para medir, oxígeno disuelto, clorofilas y turbidez.

Sostenibilidad: Que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.

Tanatomasa: Masa de origen vegetal o animal representativa de organismos muertos cuyos restos permanecen en la comunidad. Normalmente se trata de restos calcáreos persistentes durante un tiempo prolongado.

Zona A: Zona que recibe las modificaciones del cultivo de forma directa. Se localiza dentro de la ZEP debajo de las unidades de cultivo o en sus proximidades

Zona B: Zona B o periferia de la ZEP. Cinturón de 50 m alrededor de los límites de la concesión administrativa de una instalación de cultivos marinos.

Zona C: Zona de referencia o control para el establecimiento de la variabilidad natural, frente a la que se comparan las zonas A y B.

Zona de Efectos Permitidos (ZEP): Área de fondo marino y volumen de la masa de agua receptora donde la autoridad competente permite a los productores alguna alteración de los niveles de determinados indicadores ambientales, definidos por las normas de calidad ambiental, -establecidos por grupos de expertos en base a estudios pilotos o datos existentes-, produciendo un efecto negativo sobre el ecosistema que sea reversible. Sus límites coinciden con la concesión administrativa.

TÉRMINOS ESTADÍSTICOS

ANOVA: Análisis de la varianza. Procedimiento estadístico de gran robustez para la asunción de variabilidad y contraste de hipótesis. Este procedimiento, en su diseño más sencillo, desarrolla un contraste de hipótesis estadísticas, que afecta simultáneamente a los valores medios o esperados de poblaciones (variables aleatorias) con distribución normal e idénticas varianzas.

Escalado Multidimensional (MDS): Multidimensional scaling: Técnica estadística de escalado multidimensional, para la ordenación de datos multivariantes.

Estadístico: Es una función medible que, dada una muestra estadística de valores, sirve para estimar un determinado parámetro de la distribución de la que procede la muestra.

Grados de libertad (g.l.): Los grados de libertad son un estimador del número de categorías independientes en un test particular o experimento estadístico. Se calcula mediante $n-1$, donde n =número de sujetos en la muestra. El número de grados de libertad para un conjunto de datos es el número de valores muestrales que pueden variar después de que ciertas restricciones hayan sido impuestas a todos los valores de los datos.

Hipótesis nula (H0): Hipótesis construida para anular o refutar, con el objetivo de apoyar una hipótesis alternativa. La hipótesis nula es la hipótesis que se contrasta, y se presume verdadera hasta que una prueba estadística indique lo contrario. Si la hipótesis nula no se rechaza, esto no quiere decir que sea verdadera. Si se rechaza la hipótesis nula es porque se asume como correcta una hipótesis complementaria que se denomina hipótesis alternativa y se denota por H1.

Homocedasticidad: Se habla de homocedasticidad cuando el error cometido por el modelo estadístico tiene siempre la misma varianza.

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener: El índice de Shannon-Wiener se usa para medir la biodiversidad. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y no tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Normalmente toma valores entre 1 y 4,5. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

Índice de Equidad de Pielou: El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Multivariante: Tratamiento de datos conjunto para múltiples variables.

Nivel de significación (α): El nivel de significación α se define como la probabilidad de rechazar erróneamente la hipótesis nula.

PERMANOVA: Análisis multivariante de la varianza mediante permutaciones, equivalente al ANOVA univariante.

Test de Cochran: Idem a test de Levene.

Test de Kolmogoroff-Smirnoff: Prueba no paramétrica que se utiliza para determinar la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí.

Test de Levenne: La prueba de Levene evalúa la igualdad de las varianzas en las diferentes muestras. Es un análisis de la varianza de las desviaciones

de los valores muestrales respecto a una medida de tendencia central. Algunos procedimientos estadísticos comunes asumen que las varianzas de las poblaciones de las que se extraen las diferentes muestras son iguales. La prueba de Levene parte de la hipótesis nula de igualdad de varianzas.

Test Post-Hoc de Student-Newman-Keuls (SNK): Test a posteriori de un ANOVA para determinar diferencias entre las medias de los distintos niveles de un determinado factor.

Test de Similaridad SIMPER (Similarity percentage): Test estadístico que determina el porcentaje de disimilitud entre dos conjuntos de datos multivariantes y la contribución de cada variable a la disimilitud obtenida.

Test de Wilk-Shapiro: Se basa en estudiar el ajuste de los datos sobre un gráfico probabilístico en el que cada dato es un punto. El valor de abscisa es el valor observado de probabilidad para un valor determinado de la variable, y el de ordenada el valor esperado de probabilidad. El estadístico W de Shapiro-Wilks mide la fuerza del ajuste con una recta. Cuanto mayor sea este estadístico mayor desacuerdo habrá con la recta de normalidad, por lo que podremos rechazar la hipótesis nula. La prueba de Shapiro-Wilks está considerada como la prueba más potente para muestras inferiores a 30 casos.

Varianza: Constante que representa una medida de dispersión media de una variable aleatoria, respecto a su valor medio o esperado. Puede interpretarse como medida de "variabilidad" de la variable.

COORDINACIÓN TÉCNICA:



PARTICIPANTES:



COORDINACIÓN:

