



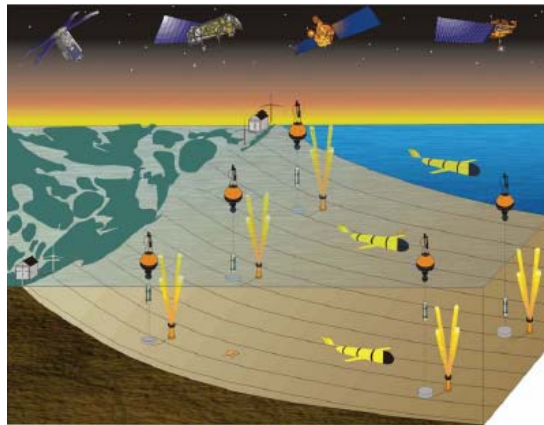
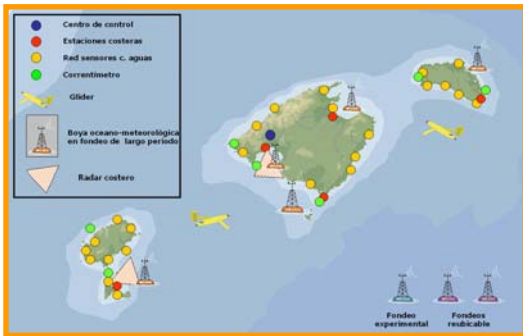
I+D+i **GIZC** GESTIÓ INTEGRADA DE LA ZONA COSTANERA

Investigació per a la Sostenibilitat de la Zona Costanera de les Illes Balears



Proposta de Plataforma Tecnològica Litoral. PlatLiB

Propuesta inicial para el desarrollo de una Plataforma Tecnológica de la Zona Costera de les Illes Balears



Una nueva aproximación a la investigación del litoral
(Propuesta inicial, 2 de marzo de 2006)

Índice

<i>1</i>	<i>Objetivo general y específico de la Plataforma Tecnológica</i>	<i>3</i>
<i>2</i>	<i>Elementos principales de la Plataforma Tecnológica Litoral Balear</i>	<i>6</i>
<i>3</i>	<i>Productos esperados y beneficios para la sociedad.....</i>	<i>10</i>
<i>4</i>	<i>Introducción: de la oceanografía clásica al nuevo papel de los océanos y el litoral</i>	<i>13</i>
<i>5</i>	<i>El litoral, su importancia científica y socio-económica en el siglo XXI</i>	<i>16</i>
<i>6</i>	<i>Educación, formación y transferencia</i>	<i>18</i>
<i>7</i>	<i>Financiación.....</i>	<i>19</i>
	<i>Anexo 1. Iniciativas internacionales hacia un sistema de observación global (donde se insertaría la PLATLIB)</i>	<i>20</i>
	<i>Anexo 2. Iniciativas de observatorios costeros nacionales; ejemplos internacionales</i>	<i>22</i>
	<i>Anexo 3. La idoneidad del litoral balear como zona piloto.....</i>	<i>24</i>

1 Objetivo general y específico de la Plataforma Tecnológica

1.1 Objetivo general

La Plataforma Tecnológica del Litoral de las Islas Baleares (PLATLIB) se propone afrontar nuevas investigaciones y nuevos enfoques científicos y tecnológicos que permitan analizar la complejidad de las interacciones entre los procesos físicos, químicos, biológicos y geológicos que configuran la variabilidad de la zona costera, con el fin último de mejorar el conocimiento y avanzar hacia una gestión sostenible, basada en la ciencia y el conocimiento¹.

En particular se considera importante incrementar el conocimiento científico en el ámbito de la investigación marina y litoral reforzando y consolidando la capacidad de liderazgo demostrada en los últimos 10 años con capacidad para investigar y avanzar en aquellas áreas científicas que constituyen los ejes principales de la investigación internacional en la zona costera: el papel de los océanos en el cambio climático, los flujos biogeoquímicos, la variabilidad natural y antropogénica de los ecosistemas litorales y la erosión de playas, entre otros. La investigación marina y litoral configura uno de los ejes prioritarios de la investigación sobre el medio ambiente y el cambio global a nivel europeo y nacional y constituye asimismo uno de los 3 ejes prioritarios del nuevo Plan de Investigación y Desarrollo Tecnológico de las Islas Baleares vigente (2005-2008)².

Igualmente, se considera importante incrementar y consolidar la capacidad de desarrollo de sistemas operacionales de predicción en el litoral relacionados tanto con la calidad del litoral como con la seguridad de las actividades humanas en el mismo o la capacidad de respuesta ante fenómenos inesperados y catastróficos (Tsunamis, vertidos marinos accidentales, etc.).

Finalmente, se considera esencial potenciar el desarrollo tecnológico en las Islas Baleares y en todo el país en el área de las tecnologías marinas, en línea con la potenciación del polo náutico y el acercamiento entre el sistema público de I+D y el tejido empresarial de las islas. Es importante tener presente que los cambios tecnológicos y los avances tecnológicos han influido de forma significativa en los avances científicos de los últimos años y que estos avances, a su vez, han requerido de nuevos avances tecnológicos, estableciéndose así una simbiosis necesaria y fructífera.

La Plataforma Tecnológica del litoral de las Islas Baleares debe considerarse un primer elemento de una estructura semejante en todo el litoral español y contribuirá a reforzar el papel de la investigación española en el contexto internacional. Esta propuesta va en línea con

¹ Ocean Sciences at the new millennium, 2001: NSF, Division of Ocean Sciences, http://www.joss.ucar.edu/joss_psg/publications/decadal

² <http://www.caib.es/govern/sac/fitxa.ct.jsp?fitxa=27398&coduo=272>

iniciativas semejantes que se están desarrollando en los países más avanzados en el campo de la investigación marina y litoral.

1.2 Objetivo específico

El objetivo específico es establecer una Plataforma Tecnológica del Litoral de las Islas Baleares que permita realizar un seguimiento integrado e interdisciplinario de la variabilidad del litoral, con especial énfasis en el análisis de su vulnerabilidad ante el cambio climático y en el desarrollo de nuevas herramientas que permitan avanzar hacia una verdadera gestión sostenible e integrada del litoral basada en el conocimiento.

La Plataforma permitirá responder a distintas necesidades científicas, sociales y educativas, y podrá servir de experiencia piloto para el ulterior desarrollo de una red de observación a nivel nacional.

Específicamente, se abordará el estudio de temas de interés científico como:

- El papel de los eventos episódicos en el océano.
- La relación entre procesos seculares (no cíclicos) y cíclicos y su papel sobre el control de la variabilidad en el océano.
- Las interacciones entre las aguas costeras y la dinámica general del Mediterráneo así como sus consecuencias.
- El control físico y químico de los ecosistemas costeros y funcionamiento.
- El efecto que produce la actividad humana en las aguas costeras (HABs, erosión de playas, contaminación bacteriana, contaminación química, pérdida de praderas de *Posidonia oceanica*, etc.).

En lo relativo a su utilidad socio-económica, el propósito de la Plataforma es mejorar la eficiencia en la gestión y optimizar el uso de los recursos existentes. En este sentido, la información proporcionada debe contribuir a:

- Mejorar la seguridad y la eficacia de las operaciones marinas (salvamento, navegación, pesca, extracción de minerales, tendido de cables submarinos y gaseoductos).
- Controlar y mitigar de manera más eficaz los efectos de los peligros naturales.
- Controlar los riesgos para la salud pública y mejorar la calidad de las aguas costeras.
- Mejorar la capacidad de identificar y predecir los efectos del cambio climático mundial en los ecosistemas costeros.
- Proteger y restaurar de forma más eficaz los ecosistemas costeros.

De forma complementaria, los observatorios presentan *aspectos educacionales y divulgativos* en lo relativo al conocimiento del medio marino, formación de técnicos especialistas en tecnologías marinas e implicaciones para el aprovechamiento turístico de las zonas costeras.

2 Elementos principales de la Plataforma Tecnológica Litoral Balear

La Plataforma Tecnológica permitirá poner en marcha una red de monitorización del litoral, en línea con iniciativas internacionales del mismo tipo y extendiéndose desde la playa emergida hasta el límite exterior de la plataforma continental del mar Balear.

Para ello, se combinarán los últimos avances tecnológicos en el ámbito de los sensores, los sistemas de adquisición en continuo, archivo, transmisión de datos, preproceso y análisis de datos en tiempo casi real, proporcionando a los grupos de usuarios (comunidad científica, gestores del litoral y público en general) datos e información multidisciplinaria (física, química, biológica y geológica) sobre las aguas costeras, fondos marinos y la línea de costa (Tabla 1).

- **Geofísicas:** Variables meteorológicas, nivel del mar, temperatura, salinidad, corrientes, oleaje, batimetría y posición de la línea de costa en zonas de playa
- **Biofísicas:** Atenuación de la radiación solar
- **Biogeoquímicas:** Clorofila, nutrientes inorgánicos, biomasa zooplanctónica, oxígeno disuelto, pCO₂, biomasa bentónica, granulometría del sedimento y contenido en material orgánica, indicadores fecales

Tabla 1. Variables comunes que serán medidas como parte de la PLATLIB

La plataforma tecnológica permitirá combinar los datos obtenidos con los nuevos sistemas de modelos predicción numérica o modelización. Cabe destacar que en la actualidad se dispone en el IMEDEA de sistemas de predicción de corrientes y oleaje de forma casi-operacional (Fig



Fig 1. Elementos de la Plataforma Tecnológica y funcionamiento de la PLATLIB

El desarrollo de modelos que interpreten los distintos aspectos del medio costero y que posibiliten una gestión efectiva basada en el estado de los ecosistemas requerirá aún de mucho esfuerzo de investigación (Fig. 2). Las predicciones fiables son aún sólo factibles para algunas variables, generalmente físicas, y bajo determinadas condiciones de forzamiento. Los avances en este sentido se están obteniendo mediante la combinación de modelos dinámicos tiempo dependientes con las observaciones está siendo cada vez más importante en la oceanografía y se describe, por lo general, como asimilación de datos. Esta combinación se utiliza para actualizar el estado, los parámetros y los forzamientos de los modelos, de manera que sean consistentes con las observaciones.

La asimilación de datos no está limitada a modelos físicos, ya que ciertos modelos de ecosistemas y de contaminación de las aguas también están desarrollando la capacidad de usar datos en forma más eficaz.

El principal valor de los modelos se encuentra en la estimación de las cantidades que no se observan directamente. Los modelos se pueden utilizar para interpolar, y extrapolar valores entre las observaciones que se distribuyen escasamente en el espacio y el tiempo. Los métodos de interpolación y extrapolación más modernos ocupan técnicas de asimilación de datos para combinar, de manera óptima, observaciones y modelos dinámicos, lo cual puede conducir a reconstrucciones cuadrículadas de alta resolución de las condiciones que prevalecieron durante los primeros períodos. Los modelos también se pueden emplear para estimar los estados presentes y, más importante aún, los estados futuros del océano costero y sus recursos vivos. Por lo general, la estimación de los estados pasados, presentes y futuros se relaciona con la información retrospectiva, actual y futura, respectivamente. Los productos esperables de la combinación observación-modelos dependen de las características del modelo utilizado. En el anexo 3 se recoge ejemplos típicos resultantes de la utilización de distintos modelos.

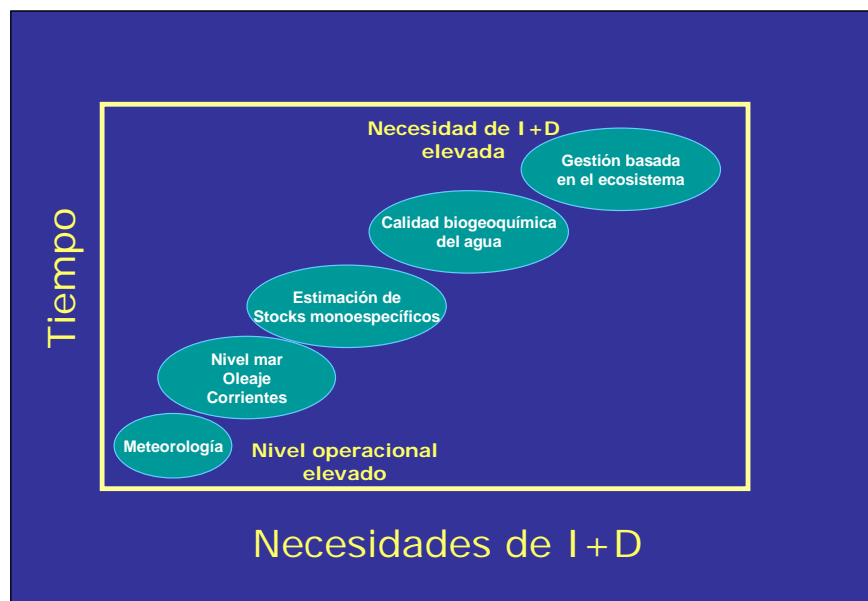


Figura 2.: Estado operacional de los modelos necesarios para cubrir los objetivos sociales de los observatorios costeros.

- Modelos de predicción de corrientes marinas
- Modelos de propagación de oleaje
- Modelos de predicción de Tsunamis
- Modelos de predicción de la calidad del agua
- Modelos de ecosistemas
- Modelos de predicción de vertidos marinos y rescate de náufragos
- Modelos de predicción de corrientes de retorno en playas

Tabla 2. Modelos de predicción comunes que serán implementados como parte de la PLATLIB

La Plataforma Tecnológica requiere de un planteamiento interdisciplinar de la investigación litoral y de enfoques conjuntos de observación y predicción operacional mediante modelos de simulación y asimilación de datos. La Plataforma se concibe además con un enfoque de servicio a la sociedad ya que pretende transferir el conocimiento y los avances científicos disciplinares de los últimos años. Así la Plataforma permitirá avanzar hacia una gestión del litoral basada en el conocimiento a través del desarrollo de nuevas herramientas de gestión, la implementación de indicadores de calidad y sostenibilidad elaborados en base a los datos obtenidos y por tanto permitirá avanzar hacia una verdadera gestión integrada de la zona costera.

En este sentido, es importante tener en cuenta que los investigadores del IMEDEA iniciaron e incentivaron el planteamiento interdisciplinar descrito hace ya 10 años y que han conjugado desde entonces tanto el trabajo de campo experimental como el estudio teórico y la simulación numérica y asimilación de datos.

Por todo ello, PLATLIB se concibe como un sistema integrado en el que se combinan 3 grandes sistemas: (1) sistema de observación (adquisición y transmisión de datos en tiempo real y su gestión), (2) sistema de predicción numérica conjugando modelos y asimilación de datos en diferentes modelos y (3) sistema de gestión de datos y transferencia de resultados, en distintos niveles de procesamiento según las necesidades de los usuarios finales.

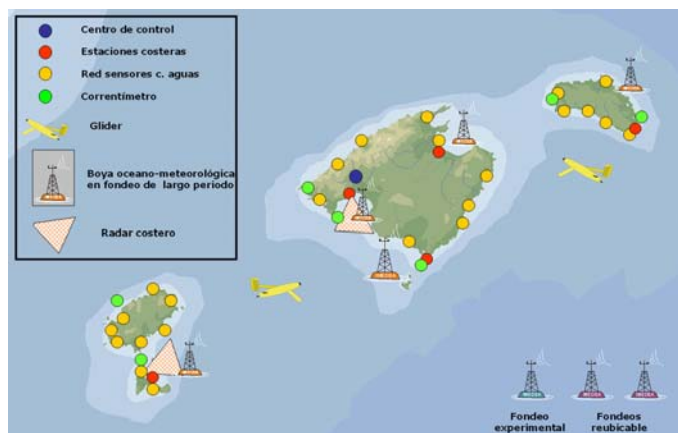


Fig. 2. Esquema del sistema de observación del litoral balear

1. Sistema de Observación

Redes de plataformas, dispositivos de muestreo monitorización continua y en tiempo casi real del litoral

- Plataformas fijas
 - Boyas océano-meteorológicas
 - Estaciones de monitorización costeras
 - Radares costeros
- Plataformas móviles:
 - Buque investigación costero
 - Nuevos vehículos autónomos: AUV's, gliders y boyas a la deriva
 - Sistema marino y terrestre de monitorización de playas
- Teledetección
 - Satélites
 - Nuevo sistema de monitorización de playas

2. Sistema de modelización numérica, asimilación de datos y predicción

- Subsistema de predicción de corrientes marinas (seguridad navegación)
 - Escala regional, aguas del Mar Balear
 - Escala local, aguas litoral Balear
- Subsistema de modelización numérica de ecosistemas (calidad de aguas)
- Subsistema de predicción de corrientes de retorno en playas (seguridad zonas baño)

3. Sistema de gestión de datos, archivo y acceso e intercambio, transferencia

- Infraestructuras de Datos Espaciales
- Servicios de acceso e intercambio
- Red de comunicaciones
- Transferencia de conocimiento, usuarios finales

Tabla 3. Elementos principales de Plataforma Tecnológica del Litoral Balear

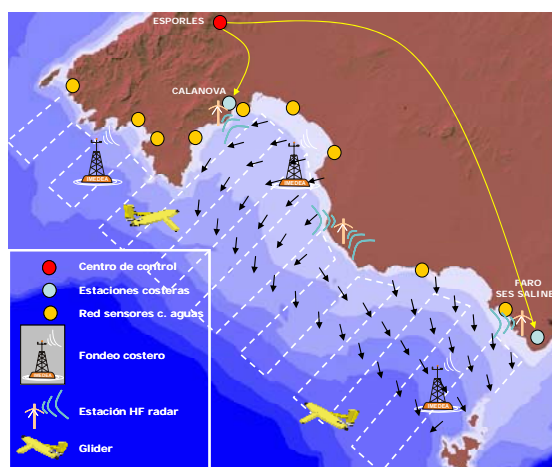


Fig. 3. Detalle del sistema de observación en el sur de Mallorca

3 Productos esperados y beneficios para la sociedad

Un conocimiento exhaustivo de los mares, océanos y sus respectivas costas es esencial para determinar y predecir el estado de los recursos marinos, así como para encontrar nuevos usos que sean beneficiosos y para implementar una gestión adecuada sobre los ecosistemas afectados. Un mayor entendimiento de estos ambientes permitirá los investigadores y gestores de las políticas de estrategias tener una visión más integrada, pudiendo tomar decisiones desde cualquier escala de análisis (global, regional, estatal y local). Sin embargo, alcanzar este nivel de entendimiento y comprensión precisará una labor importante de investigación basada en la innovación tecnológica y en plataformas de adquisición de información del medio costero.

El establecimiento de redes de observatorios marinos, que realizan observaciones y predicciones en tiempo real, y que proporcionen información que permita mitigar y gestionar problemas tales como el cambio climático, los desastres naturales o el estado de los ecosistemas y recursos explotables que se encuentran en nuestras costas, es una de las estrategias que comienza a ser una realidad en los países más desarrollados en ciencias marinas

Los diferentes problemas actuales y emergentes, detectados tanto por la Unión Europea como por el IMEDEA en el litoral balear (tabla 4), requieren de conocimiento científico en múltiples disciplinas³ (tabla 5), lo que nos da una cierta idea de la gama de los propósitos que deben cubrirse, aunque ello no significa que sean todos los aspectos necesarios de ser estudiados.

- Deterioro calidad del agua (eutrofización, HAB's, emisarios marinos, vertidos etc.)
- Erosión de playas, disminución de la superficie de la playa emergida, variabilidad playas, corrientes
- Capacidad de carga en playas
- Seguridad en aguas de baño
- Ecosistemas con alto valor biológico; dunas, plataforma, especies amenazadas, zonas de nidificación de aves, endemismos, especies invasoras, preservación del ecosistema marino
- Construcción civil: edificios, desarrollo urbanístico, paseos, puertos deportivos
- Pesca recreativa y acuicultura
- Fragmentación y degradación de hábitats
- Salinización del agua debido a la sobre-extracción de agua subterránea
- Efectos del cambio climático
- Peligros naturales: fenómenos extremos, tsunamis

Tabla 4. Problemáticas en la zona costera de las Illes Balears (Fuente: Imedeia, UE⁴)

³ *An Ocean Blueprint for the 21st Century*. US Commission on Ocean Policy, Washington DC, 2004

⁴ *La UE apuesta por las zonas costeras. Resultados del Programa de Demostración sobre la GIZC*. Comisión Europea. Luxemburgo 2001

<p>▪ Acuicultura Determinación de los impactos ambientales de la acuicultura marina y el desarrollo de las gestiones más integradas con el medio.</p> <p>▪ Biodiversidad Establecimiento de medidas de biodiversidad marina en diferentes escalas (comunidades, poblaciones e individuos). Métodos para mitigar los impactos adversos de la actividad humana sobre la biodiversidad y ecosistemas marinos.</p> <p>▪ Cambio climático El papel de los océanos en el clima. Elaboración de modelos de predicción.</p> <p>▪ Hábitats costeros Conocimiento sobre la estructura y funcionamiento de los hábitats costeros y el efecto ejercido por las actividades humanas. Elaboración de técnicas efectivas de restauración de hábitats. Efectos de reservas marinas</p> <p>▪ Pesquerías Mejor conocimiento de las relaciones entre pesquerías y la dinámica de los ecosistemas, además de la identificación de los hábitats esenciales. Establecimiento de medidas por parte de las ciencias sociales sobre algunos aspectos socioeconómicos de las pesquerías.</p> <p>▪ Ciencia Internacional Creación de asociaciones científicas internacionales que permitan la mejora de la ciencia oceanográfica a largo plazo y una mayor capacidad de gestión.</p> <p>▪ Especies invasoras Comprensión del como y porque las especies llegan a ser invasoras. Entender porque ciertos factores aumentan la susceptibilidad de un ecosistema frente a las especies invasoras. Creación de nuevas técnicas para mitigar los efectos y erradicar las especies invasoras.</p> <p>▪ Residuos flotantes Conocimiento del comportamiento de los residuos en ambientes marinos y sus efectos sobre los organismos y ecosistemas en general. Identificación de los focos de contaminación de residuos marinos.</p> <p>▪ Desastres naturales Conocimientos mínimos básicos sobre los posibles riesgos locales de la zona costera. Elaboración de nuevos métodos para el seguimiento, predicción, mitigación y asesoramiento ante los posibles riesgos naturales.</p>	<p>▪ Equilibrio entre los océanos y el hombre Descubrimiento de nuevos productos biomarinos Esclarecimiento de las interrelaciones y efectos causales de la contaminación marina, procesos de eutrofización (crecimientos masivos de algas), alteración de los ecosistemas y emergencia de enfermedades marinas. Nuevos métodos para el seguimiento y mitigación de las amenazas para la salud humana en los sistemas marinos.</p> <p>▪ Energía marina y minerales Comprender la acumulación y los impactos crónicos de los vertidos de hidrocarburos y sustancias relacionadas propiciadas por ciertas actividades sobre el entorno marino. Nuevas tecnologías energéticas.</p> <p>▪ Comprensión regional Elaboración de programas de investigación con la finalidad de entender los procesos (naturales e interacción hombre-naturaleza) que se desarrollan de los ecosistemas. Integración de los programas y protocolos de investigación, de carácter regional, de los procesos biológicos, físicos y químicos.</p> <p>▪ Sedimento Conocimiento de los procesos de sedimentación marina en una escala regional y nacional. Innovación de técnicas y tecnologías para la gestión de los sedimentos y áridos marinos. Obtención de información sobre la fuente, movimiento, volumen, calidad y uso apropiado o disposición del sedimento.</p> <p>▪ Aspectos socioeconómicos Elaboración de datos operacionales sobre los efectos producidos sobre los océanos, mares y zonas costeras de las actividades económicas y de la actividad humana en general. Desarrollar escenarios de futuro</p> <p>▪ Contaminación por vertidos o derrames Comprensión de los impactos acumulados sobre las áreas más sensibles (desde un punto de vista ecológico) de los vertidos tanto de actividades comerciales como recreacionales. Caracterización y reconocimiento de los impactos de las emisiones, en particular en puertos y zonas interiores. Gestión de los lodos resultantes del tratamiento de los residuos de sentina de los barcos y buques comerciales.</p> <p>▪ Contaminación marina Creación de nuevos métodos enfocados para la eliminación de nutrientes y elementos patógenos de la escorrentía superficial. Creación de nuevos modelos y sistemas de medida del transporte atmosférico y deposición de los agentes contaminantes.</p>
--	--

Tabla 5. Ejemplos de necesidades científicas en la investigación marina costera

1. Salto cuantitativo en la capacidad de I+D+i sobre el litoral

- Investigación
Marco europeo de investigación marina y costera VI y VII Programas Marco
Plan Nacional de I+D+i
 Proyecto ESEOO
Plan Balear de I+D y Plan Balear de Innovación
 Proyectos IMEDEA
- Desarrollo tecnológico
Innovación y transferencia tecnología
- Nuevas formas de gestión del litoral basadas en el conocimiento
Convenio UGIZC

2. Adaptación al nuevo marco europeo legislativo zona costera (nuevas directivas europeas y reglamentos)

- Directivas Marco del Agua, Marina, de Habitat, Recomendación 413 conjunta Parlamento y Comisión Gestión Integrada Zona Costera, Protocolo Barcelona Gestión Integrada Zona Costera, Plan Director de Costas, Estrategia Balear de Gestión Integrada Zona Costera.

3. Adaptación al nuevo marco europeo de monitorización operacional en Europa

- GMES (ESA/EC), en el Programa europeo conjunto entre la ESA y la CE, GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), uno de los 6 temas principales identificados es “Aplicaciones oceánicas y marinas”.
- MOON – *Mediterranean Operational Oceanography Consortium*: Liderazgo en el IMEDEA del *Scientific Steering Committee*

Tabla 6. Principales beneficios de la PLATLIB

4 Introducción: de la oceanografía clásica al nuevo papel de los océanos y el litoral

La sociedad actual es cada vez más dependiente de los océanos. Los océanos son vía de transporte e intercambio comercial, fuente de recursos explotables (pesca, gas, petróleo, etc.), y cada vez más población se asienta y desarrolla sus actividades en las zonas costeras, lo que incrementa la importancia de procesos como la erosión costera, las inundaciones y los efectos de los temporales. Por otro lado, la actividad humana en la costa produce toda una serie de impactos directos e indirectos que afectan a la salud y a la seguridad humana, así como al equilibrio de los ecosistemas marinos.

A medida que crece la importancia de los océanos para la sociedad se hace más necesario entender su variabilidad, tanto natural como de carácter antropogénico, a distintas escalas espacio temporales (Fig. 5). Los estudios oceanográficos se han basado tradicionalmente en trabajos exploratorios y muestreos experimentales realizados a bordos de buques. Este tipo de investigación nos ha conducido al descubrimiento de toda una serie de procesos físicos, químicos, geológicos y biológicos que regulan el comportamiento y las características de las aguas y de los organismos que en ellas habitan, así como de las interrelaciones que entre ellos ocurren.

Una de las primeras ‘revoluciones’ en la oceanografía clásica se produjo con la llegada de la teledetección. A finales de los años 70 y principios de los 80 se comienzan a poner en órbita toda una serie de satélites con sensores diseñados específicamente para la observación del océano que cambiaron de forma radical la percepción que los científicos tenían del océano y, en particular, de las zonas de transición costera. En este contexto, la oceanografía perdió parte de su regionalismo y adoptó una visión más global. La importancia de las estructuras meso-escalares se hace patente en las imágenes sinópticas del océano que aparece lleno de remolinos y filamentos en sus zonas más dinámicas (Fig. 2) y esto promovió estudios sobre la variabilidad oceánica a mesoescala. En la actualidad, son varios los centros de investigación y universidades en España que poseen infraestructura para adquirir y procesar datos de satélite; y los estudios sobre el medio marino incorporan esta información de forma habitual.

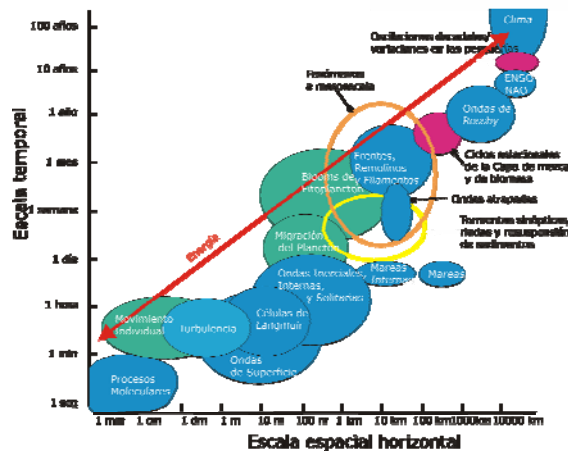


Fig. 5. Escalas espacio temporal de diversos procesos oceanográficos. Modificado de Dickey y Bidigare (2005).

La información proporcionada por los satélites se complementa frecuentemente con muestreos a bordo de buques oceanográficos y fondeos esporádicos dedicados a resolver la variabilidad temporal en determinadas localizaciones. Sin embargo, pese a los crecientes esfuerzos en este tipo de investigación, los planteamientos actuales en observación del océano resultan insuficientes para entender cuestiones tales como las variaciones cíclicas y los cambios a largo plazo (asociados a tendencias climáticas), o para responder a eventos puntuales como catástrofes naturales (temporales, tsunamis, etc.) y eventos accidentales (naufragios, vertidos de petróleo, etc.).

Se ha extendido entre la comunidad científica la creencia de que para dar respuesta a muchos de los retos científicos se necesita una información intensiva, continuada, multidisciplinar, en tiempo real e interactiva del medio marino. Asimismo, sucesos como la catástrofe del Prestige, el tsunami del sudeste de Asia, o las inundaciones producidas como consecuencia del huracán Katrina, han difundido entre distintos sectores de la sociedad (gestores, políticos, población) la percepción de que se necesitan sistemas de observación en tiempo real que permitan afrontar este tipo de eventos.

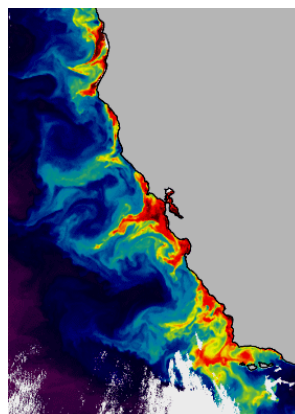


Fig. 6 Imagen SeaWiifs en la que se observan distintos filamentos a lo largo de la costa de California.

Esta necesidad está refrendada por éxitos como los del campo de la meteorología en donde la adquisición de datos mediante redes de estaciones observacionales y la continua asimilación de datos en modelos numéricos han proporcionado una gran inmediatez y fiabilidad a las predicciones sobre el tiempo. Más aún, la utilidad de estas predicciones ha calado socialmente y la necesidad de tener buenos partes meteorológicos y de realizar estudios climáticos está hoy fuera de toda duda.

La oceanografía se encuentra aún lejos de alcanzar unas expectativas similares a las de la meteorología. Ello se debe principalmente a dos razones. Por un lado, pese a que los principios que regulan la dinámica oceánica son similares a los atmosféricos, la comprensión del medio oceánico implica el conocimiento de toda una serie de procesos con inercias a escalas muy superiores a las atmosféricas e interacciones químicas y biológicas, que a pesar de ser en su mayoría conocidas, los factores que regulan su variación aún no han sido clarificados. Por otro, y más importante aún, la información disponible y asimilable por los modelos oceánicos es muy restringida e inhomogénea. De hecho, ante la falta de redes de muestreo bien estructuradas. La norma común es asimilar la información procedente de los distintos satélites de uso oceanográfico, particularmente la temperatura superficial del océano, las variaciones altimétricas y la clorofila. Los sistemas de observación lagrangianos como las boyas ALACE o APEX y la información obtenida mediante barcos de oportunidad (normalmente batitermográfica), fomentados por proyectos internacionales como GOOS (Sistema Mundial de Observación de los Océanos), y GODAE, han venido complementando este tipo de medidas oceánicas en los últimos tiempos. Sin embargo, este tipo de información no permite resolver la problemática asociada a las zonas costeras en las que existe un mayor dinamismo, heterogeneidad, mayor sensibilidad a los cambios, mayor influencia antrópica y en las que las escalas espaciales y temporales a resolver suelen ser menores.

En la actualidad, comienzan a estar disponibles toda una serie de nuevas tecnologías, con aplicación a las ciencias marinas, que permiten ampliar el rango de escalas a las que podemos observar el océano, y en especial las zonas costeras, de modo que posibilitan identificar y analizar procesos anteriormente desconocidos. Además, estos sistemas permiten obtener datos in-situ, en tiempo real e incluso realizar observaciones interactivas que proporcionan una información de gran utilidad a diversos grupos relacionados con la investigación y las actividades en el mar. Además, la continua monitorización del océano permitirá a los científicos y gestores analizar los problemas donde y cuando ocurran en lugar de intentar responder de forma reactiva a determinados eventos (desastres naturales, situaciones de emergencia, etc.)

5 El litoral, su importancia científica y socio-económica en el siglo XXI

Uno de los resultados principales de las investigaciones oceanográficas de la última década está relacionado de forma directa con la importancia científica de la zona costera y su contribución al mantenimiento del bienestar de la sociedad.

También se ha puesto en evidencia la complejidad intrínseca de los procesos en la zona costera, procesos multidisciplinares, tridimensionales⁵ y fenómenos caracterizados por una alta variabilidad espacial (del orden de 10 km) y temporal (horas) que requiere de nuevas formas de observación en continuo, la disponibilidad de datos en tiempo casi real y la utilización sistemática de modelos de predicción y asimilación de los datos obtenidos.

La actividad humana está ejerciendo unas presiones significativas sobre el litoral, presiones que están modificando los flujos y los balances de propiedades, llegando a producir desequilibrios y a alterar las condiciones de equilibrio del sistema costero. Es importante tener presente que estos desequilibrios (calidad de aguas, erosión de playas, pérdida de ecosistemas, praderas de *Posidonia oceanica*, reducción de pesquerías, etc...) están ya teniendo consecuencias socio-económicas significativas en el litoral Mediterráneo.

El conocimiento científico ha progresado de forma significativa en los últimos años de forma que ahora somos conscientes de que un gran número de actuaciones del pasado se harían de forma distinta. Este conocimiento científico requiere sin embargo de datos fiables, datos obtenidos con una elevada resolución espacial y temporal en toda la zona costera.

5.1 Los cambios en la naturaleza de las grandes preguntas científicas

Es importante ser conscientes de que la naturaleza de las grandes preguntas científicas en el ámbito de la investigación marina y costera ha cambiado y requiere ahora de un enfoque de mayor amplitud. En efecto, históricamente el modelo lineal de investigación ha funcionado según un sistema en el que un investigador obtenía el mismo los datos a un ritmo que el mismo podía procesar en un determinado tiempo (que oscilaba de los días a los años en el caso de campañas de muestreo a bordo de buques oceanográficos). Las herramientas de análisis se habían generado en muchos casos por parte del mismo investigador (en general escritas en FORTRAN) y se publicaban los resultados en revistas de gran prestigio internacional, generalmente varios años después de la adquisición de los datos.

Estamos planteando preguntas muy complejas, multidisciplinares y las respuestas necesitan ser elaboradas de forma que puedan servir a una comunidad mucho mayor que únicamente

⁵ por oposición al océano abierto donde un gran número de procesos pueden considerarse unidimensionales

nuestros pares científicos. El volumen y la complejidad de los datos disponibles van mucho más allá de la capacidad de un único investigador para gestionar y/o interpretar estos datos.

Hoy en día, el proceso de toma de datos, análisis y puesta a disposición pública es disperso, complejo y en muchas ocasiones tiene lugar en tiempo casi-real. De hecho, un gran número de las preguntas científicas principales, desde el papel de los océanos y el cambio climático hasta la seguridad o la calidad de las aguas en el litoral requieren atravesar las fronteras del conocimiento disciplinario tradicional y requieren también de sistemas adaptativos que puedan responder a un medio ambiente cambiante.

Además, es preciso también tener bien presente la dificultad intrínseca de la investigación observacional en oceanografía, tanto por la complejidad del sistema y su variabilidad como por las difíciles condiciones de acceso o el coste de la utilización de los buques oceanográficos, que así y todo únicamente pueden proporcionar una foto fija tridimensional en el espacio y el tiempo. A pesar de este coste y dificultades intrínsecas, los buques oceanográficos han desempeñado, al igual que todas las grandes instalaciones científicas, un papel clave en la política científica de un país como catalizadores del desarrollo de nuevos campos de investigación de especial interés científico y socio-económico. Es evidente que en nuestro país el BIO Hesperides desempeñó este papel desde principios de los años ochenta.

En este mismo sentido, conviene recordar también el auge surgido en oceanografía a partir de los años 70 con el desarrollo de la teledetección, que permitió poner en evidencia la existencia de una variabilidad espacial y temporal muy significativa, un 'tiempo oceánico' que no era posible caracterizar con las herramientas clásicas de observación.

Los avances científicos obtenidos gracias a la utilización de buques oceanográficos y satélites de observación nos han mostrado que hoy en día es imprescindible disponer para avanzar en la comprensión de la zona costera de un nuevo sistema de observación flexible y dinámico, un sistema que permita la obtención de series temporales de larga duración y fiabilidad, un sistema que pueda adaptarse a las necesidades científicas y que pueda también reconfigurarse en base a nuevos sensores o a los nuevos requerimientos de muestreo conocidos gracias a los modelos de predicción y su capacidad de asimilación de datos⁶.

⁶ Ocean ITI Working Group. 2004. Trends in Information Technology Infrastructure in the Ocean Sciences, 24 pp., www.geo-prose.com/oceans_iti_trends

6 Educación, formación y transferencia

Un elemento esencial de la PLATLIB es el acercamiento de la investigación y el desarrollo tecnológico a la sociedad, desde los niveles iniciales de la formación en la enseñanza secundaria hasta los niveles superiores de la formación postdoctoral.

Específicamente, se diseñarán Programas de Educación y Formación destinados a:

- Alumnos de enseñanza secundaria: facilitará la realización de proyectos de investigación específicos entre la PLATLIB y los centros escolares.
- Estudiantes universitarios de primeros cursos: facilitará la colaboración de los estudiantes en proyectos de investigación en curso.
- Estudiantes universitarios de últimos años: facilitará mediante becas de verano el acercamiento de los estudiantes a la investigación/desarrollo tecnológico y la realización de un proyecto concreto personal.
- Programa de formación de técnicos especialistas en tecnologías marinas abierto a licenciados, ingenieros técnicos y superiores
- Estudiantes de doctorado: programa de becas de doctorado para la formación de investigadores.
- Programa destinado a contratados postdoctorales que incentivará mediante becas la realización de estancias de investigación en el extranjero en aquellos centros internacionales con los que exista un acuerdo con la PLATLIB.

7 Financiación

La Plataforma Tecnológica propuesta debe considerarse una Gran Instalación Científica abierta a los investigadores nacionales e internacionales en la que además, interactuarán educadores y otros actores sociales tales como tecnólogos, responsables de medio ambiente y litoral, etc...

La Plataforma Tecnológica consta de distintos elementos descritos en la sección 2. Su implementación debe considerarse a lo largo de 3 anualidades presupuestarias y se estima que no es inferior a los 11,5 millones de Euros. Debe tenerse en cuenta que el archipiélago Balear cuenta con más de 1.200 km de costa y que la actividad económica en las Islas Baleares está relacionada con el tráfico marítimo así como actividades ligadas al sector turístico que requieren y demandan cada día más calidad y seguridad en el litoral.

Anexo 1. Iniciativas internacionales hacia un sistema de observación global (donde se insertaría la PLATLIB)

La importancia del océano y su influencia sobre el bienestar y el desarrollo de las actividades humanas en la costa han impulsado numerosos acuerdos internacionales que requieren de la monitorización del medio marino. Entre estos acuerdos podemos destacar:

- Convención de Naciones Unidas sobre la Ley del Mar (UNCLOS),
- Mandato de Jakarta sobre biodiversidad),
- Convenio Ramsar sobre humedales
- Plan de Acción Global sobre Fuentes terrestres de Contaminación
- Convenio sobre Seguridad de la vida en el Mar (SOLAS)
- Convenio sobre Cambio Climático
- Conferencia de Naciones Unidas sobre Medioambiente y desarrollo (UNCED) (Rio de Janeiro, 1992),
- Programa UNCED sobre desarrollo sostenible

En el año 2003, más de treinta naciones en la EOS (Earth Observing Summit) acordaron una declaración en la que se enfatizaba la necesidad de “monitorizar de forma continuada el estado de la Tierra, mejorar la comprensión de los procesos dinámicos, mejorar las predicciones e implementar los compromisos medioambientales recogidos en los tratados internacionales”. De ello se deduce la necesidad de una información global, de calidad, a largo plazo, y temporalmente adecuada como base para la adecuada toma de decisiones.

La necesidad de establecer un sistema global de observación del océano es un hecho que se reconoce desde hace años, pero es en la última década cuando varios programas internacionales han tratado de desarrollar, al menos parcialmente, esta idea. Sin embargo, es en los últimos años, y a partir de iniciativas como la OOI (Ocean Observatories Initiative) o el programa ORION (Ocean Research Interactive Observatory Networks), respaldadas por el éxito de toda una serie de sistemas de observación costero y regional como LEO-15 (Univ. Rutgers) o MARS (MBARI), la idea de desarrollar un sistema global de observación, basado en subsistemas con distintas escalas de resolución comienza a ser una realidad (Fig. 1.1).

En los Estados Unidos la iniciativa de observatorios está respaldada y financiada por la NSF (National Science Foundation). En Europa, los esfuerzos se han centrado en el desarrollo de redes de monitorización generalmente enfocadas al estudio de la calidad de las aguas costeras. No obstante, en zonas como el Mediterráneo, se trabaja desde hace años de forma coordinada en proyectos financiados por la UE como MFSP, MFSTEP, o MERSEA (Ligados al programa MedGOOS) en los que se ha desarrollado con bastante éxito un sistema de oceanografía operacional.



Figura 1.1. Jerarquía de observación, gestión de datos y modelización a diversas escalas y situación del PLATLIB

Anexo 2. Iniciativas de observatorios costeros nacionales; ejemplos internacionales

El establecimiento de redes de observatorios marinos, que realizan observaciones y predicciones en tiempo real, y que proporcionen información que permita mitigar y gestionar problemas tales como el cambio climático, los desastres naturales o el estado de los ecosistemas y recursos explotables que se encuentran en nuestras costas, es una de las estrategias que comienza a ser una realidad en los países más desarrollados en ciencias marinas (ver Tabla 2.1).

Según el GOOS, desarrollo de un sistema de observatorios multidisciplinares totalmente integrados es un reto que entraña gran dificultad por al menos dos razones: (1) las actividades de monitorización en la mayor parte de las costas del mundo son muy primitivas o inexistentes y (2) la capacidad operacional para detectar, evaluar y predecir variaciones que afecten a la salud humana o a los ecosistemas costeros y su sostenibilidad están poco desarrollados en relación a los sistemas relacionados con las operaciones en el mar, la meteorología o la climatología. El abordar estas dos cuestiones con éxito no sólo requiere de un incremento en el esfuerzo de los recursos dedicados a la investigación marina, sino que hace necesario establecer un nuevo marco de interacción entre investigadores, tecnólogos, y usuarios finales. Así, el desarrollo de redes observacionales aparea una evolución de los planteamientos científicos hacia la interdisciplinariedad, incorporando perspectivas holísticas en el estudio del medio marino e integrando la experimentación con el desarrollo de una nueva generación de modelos numéricos en los que se conjugan el análisis de procesos físicos, biogeoquímicos y cambios en las estructuras de los ecosistemas, y en los que la asimilación de las variables observadas constituyen una pieza fundamental.

La innovación tecnológica, y en concreto, el desarrollo de nuevos sensores y plataformas de adquisición de datos en tiempo real es otro de los aspectos característicos de las plataformas observacionales. Este esfuerzo en el desarrollo tecnológico debe posibilitar dos aspectos claves en los observatorios costeros: por un lado la progresiva mejora en la información obtenida (nuevas variables, mayor rango de escalas espacio-temporales analizadas) y, por otro, la transmisión en tiempo-real de la información.

Tabla 2.1. Centros con observatorios operativos para la monitorización de la costa.

INSTITUTO	PAÍS
GKSS Institute for Coastal Research	Alemania
Victoria Experimental Network Under the Sea (VENUS)	Canada
IFREMER	Francia
Liverpool Bay coastal observatory	Reino Unido
CCAR	China
Skidaway Institute of Oceanography	USA
Rutgers University	USA
Old Dominion University	USA
Oregon State University	USA
Monterey Bay Aquarium Research Institute (MARS)	USA
University of South Florida	USA
Woods Hole Oceanographic Institution (Martha's Vineyard Observatory)	USA
Scripps Institution of Oceanography	USA
University of Connecticut	USA

Una última faceta de estos sistemas es la necesidad de difundir información de distinto nivel de complejidad orientada usuarios externos (no-científicos). Para ello se deben desarrollar aplicaciones orientadas a las necesidades y capacidad de análisis de los usuarios finales. El desarrollo de este tipo de productos y su implantación social (administradores, gestores, empresas y usuarios de las zonas costeras) se considera imprescindible para el mantenimiento a largo plazo del sistema ya que pone de manifiesto el retorno que recibe la sociedad por la inversión científica. En definitiva, se requiere de investigación científica y desarrollo tecnológico enfocados no sólo a la mejora de conocimiento sobre el medio marino, sino que simultáneamente deben proporcionar una serie de servicios a la sociedad

Anexo 3. La idoneidad del litoral balear como zona piloto

Los proyectos piloto son un importante mecanismo para desarrollar las capacidades operacionales en los planos regional y mundial. Los proyectos piloto permiten acelerar el desarrollo de las capacidades operacionales mediante el avance científico y tecnológico y son un elemento imprescindible en el esquema de implementación de sistemas complejos y de alto coste en los que se debe superar una etapa demostrativa de la viabilidad del sistema (Fig. 4.1).

El Archipiélago Balear reúne ciertas características que lo hacen idónea como zona piloto:

- Insularidad. Es una de las comunidades autónomas con mayor extensión costera en donde confluyen gran parte de las problemáticas a afrontar en otras zonas.
- Dependencia de las actividades en el mar (trafico marítimo, pesca, turismo) y sensibilidad medioambiental
- Presencia de las principales instituciones de investigación marina (CSIC, IEO, Universidad)
- Capacidad científica. Experiencia en oceanografía operacional, modelización numérica y gestión de datos mediante SIG (sistemas de información geográfica)
- Capacidad tecnológica. En distintos proyectos en los que participa el IMEDEA (SEED, UGICZ) se obtienen datos oceanográficos en tiempo real. Más aún, el grupo tecnologías marinas es uno de los tres únicos grupos en Europa que opera con gliders, los vehículos autónomos de observación oceánica más innovadores.
- Apoyo institucional y privado (UGIZ, faro BBVA, otro)

PLATLIB proporcionará, en el entorno del litoral balear, aquellos datos continuos y de alta frecuencia a las escalas espaciales necesarias para definir las relaciones entre las variables físicas, químicas, biológicas y geológicas en el océano.

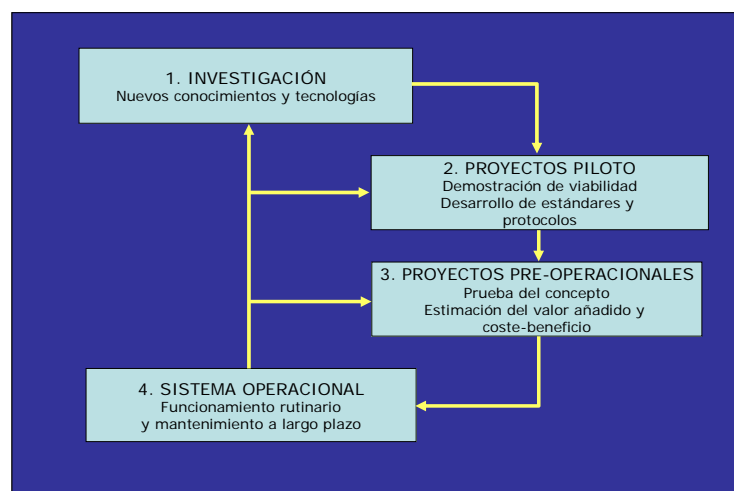


Figura 3.1. Etapas de desarrollo de una red operacional de monitorización del medio marino.

En lo relativo a la utilidad social, el propósito del observatorio costero es el de mejorar la eficiencia en la gestión y optimizar el uso de los recursos existentes. En este sentido, la información proporcionada debe contribuir a:

- Mejorar la seguridad y la eficacia de las operaciones marinas.
- Controlar y mitigar de manera más eficaz los efectos de los peligros naturales.
- Mejorar la capacidad de identificar y predecir los efectos del cambio climático mundial en los ecosistemas costeros.

Además, las observaciones deberán proporcionar datos espacialmente coherentes mediante los que se puedan analizar distintos procesos costeros y que permitan su eficiente asimilación en modelos. Mediante estas características se tratarán de abordar temas de interés científico como:

- El papel de los eventos episódicos en el océano
- La relación entre procesos seculares (no cíclicos) y cíclicos y su papel sobre el control de la variabilidad en el océano
- Las interacciones entre las aguas costeras y la dinámica general del Mediterráneo así como sus consecuencias.
- El control físico y químico de los ecosistemas costeros y funcionamiento.
- El efecto que produce la actividad humana en las aguas costeras (e.g. HABs, erosión de playas, contaminación bacteriana, contaminación química, pérdida de praderas de *Posidonia oceanica*, etc.).Reducir los riesgos de salud pública.
- Proteger y restaurar de forma más eficaz los ecosistemas saludables
- Restaurar y sustentar de forma más eficaz los recursos marinos vivos.

Fin – pàgina en blanco de forma intencionada.