

CENTRO MEDITERRÁNEO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y AMBIENTALES

**INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR
UNIDAD DE TECNOLOGÍA MARINA**



MINISTERIO
DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



Consejo Superior
de Investigaciones
Científicas

CENTRO MEDITERRÁNEO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y AMBIENTALES



Bienvenidos al Centro Mediterráneo de Investigaciones Marinas y Ambientales (CMIMA). El centro, situado en el Passeig Marítim de Barcelona, junto al nuevo Parque de Investigación Biomédica, pertenece al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y alberga el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (ICM) y la Unidad de Tecnología Marina (UTM). El objetivo del CMIMA, que fue oficialmente inaugurado en otoño del 2001, es profundizar y avanzar en el conocimiento científico de los mares y océanos y descubrir qué papel juegan en el contexto del planeta. Como centro público, el CMIMA asume, además, el compromiso de comunicar y difundir a la sociedad los conocimientos adquiridos mediante su actividad.

El CMIMA nace a partir del núcleo científico y estructural del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (ICM), creado en 1951 con la denominación de Instituto de Investigaciones Pesqueras, y establecido más tarde en la llamada playa de Sant Sebastià, en el barrio de la Barceloneta. Durante sus más de cincuenta años de funcionamiento, el ICM ha mantenido una trayectoria de expansión y de progreso a la vez que experimentaba renovaciones y transformaciones, como la del cambio de nombre en 1986 con la incorporación del grupo de Geología Marina y el actual traslado a la nueva sede, para formar parte del CMIMA. El ICM actual se dedica a estudiar, de forma integrada y con voluntad pluridisciplinar, el medio marino y los organismos que en él habitan. La larga experiencia del Instituto y de su equipo humano, formado por más de 150 personas especializadas en distintos aspectos de la investigación oceanográfica: física, química, geología y biología, conlleva una visión global del ecosistema





marino, así como capacidad para valorar el impacto humano sobre dicho medio y buscar soluciones al respecto.

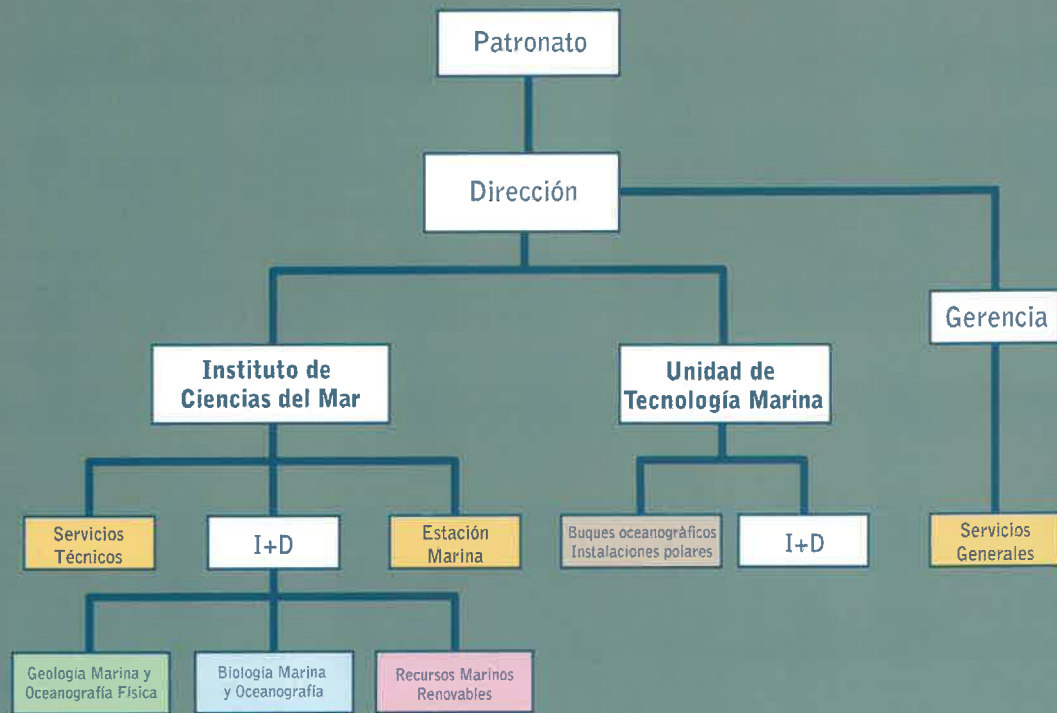
La Unidad de Tecnología Marina (UTM), creada por el CSIC en el año 2000, lleva a cabo actividades de I+D y de soporte logístico y tecnológico en investigación oceanográfica. Bajo la responsabilidad de la UTM se encuentra la gestión técnica de diversas Grandes Instalaciones Científicas del país, como el Buque de Investigación Oceanográfica *Hespérides* y la Base Antártica Española "Juan Carlos I".

La unión del ICM y la UTM sitúa al Centro Mediterráneo de Investigaciones Marinas y Ambientales como uno de los principales centros de España dedicado a la investigación marina, así como dentro de la región mediterránea. Los investigadores del CMIMA participan en proyectos internacionales y en campañas oceanográficas en prácticamente todos los mares y océanos del mundo. Su presupuesto anual, en los últimos años, es de diez millones de euros, de los cuales más de un tercio son ingresos procedentes de fuentes externas como pueden ser los Planes Nacionales de Investigación, Programas de la Unión Europea, contratos con la Generalitat de Catalunya y convenios con empresas públicas y privadas.

Una infraestructura para toda la comunidad científica

El CMIMA proporciona a la comunidad investigadora oceanográfica distintos servicios: una Biblioteca Pública que, con unos 7000 volúmenes especializados en ciencias marinas y 1400 publicaciones periódicas, es de las más importantes del Mediterráneo en su especialidad; una Zona de Acuarios Experimentales (ZAE), de las mejores de España y del Mediterráneo en su clase; un Tanque de Experimentación y Calibración de instrumentos oceanográficos; un Laboratorio de Observación de Procesos Costeros mediante imágenes de video ARGUS, único en España y segundo de Europa; y una Estación Receptora de datos de Satélite. El ICM también mantiene valiosas colecciones de referencia como: una Colección Biológica de Referencia





de peces y crustáceos de todo el mundo, especialmente del Mar Mediterráneo; una Colección de Testigos de Sedimentos Marinos, con más de 1000 testigos almacenados; y una Colección de Perfiles de Sismica de Reflexión recogidos en el Mediterráneo, el Atlántico y en la Antártida durante más de veinte años. A lo largo de su actividad, además, el ICM ha recogido un gran volumen de datos oceanográficos de todo tipo que están siendo almacenados en una Base de Datos Oceanográficos. Mediante una nueva Estación Marina que integra algunos de estos servicios, el CMIMA aspira a convertirse en un núcleo de atracción para estancias de investigadores de todo el mundo, y para la organización de reuniones, congresos y cursos. Con el fomento de la cooperación con otras instituciones y organismos tanto públicos como privados, se intenta potenciar la investigación interdisciplinar y se ofrece a investigadores de otros centros la posibilidad de utilizar infraestructuras relacionadas con la investigación marina.

El Centro mantiene relaciones con gran parte de los centros dedicados a Ciencias y Tecnologías Marinas de todo el mundo y, en particular, del Mediterráneo. Actualmente acoge a un importante número de estudiantes de distintos países, que en muchos casos elaboran sus tesis doctorales bajo la dirección de científicos del Centro.

El CMIMA es, en definitiva, un centro de referencia para el estudio científico y el asesoramiento de la gestión de los ecosistemas marinos, en particular del Mediterráneo. A lo largo de este documento se encontrará una descripción más detallada de los principales ejes o líneas de investigación que se están llevando a cabo, así como de las instalaciones y servicios que ofrece a la comunidad científica.

ICM - LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

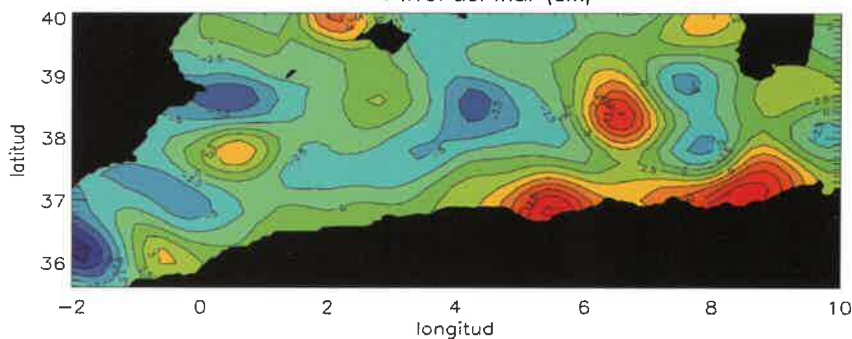
Estructura y dinámica del océano a distintas escalas

El océano es dinámico, lo cual tiene sus consecuencias en la estructura de masas de agua y en los procesos biogeoquímicos marinos. El análisis de la estructura y de la dinámica del océano puede efectuarse a escalas distintas:

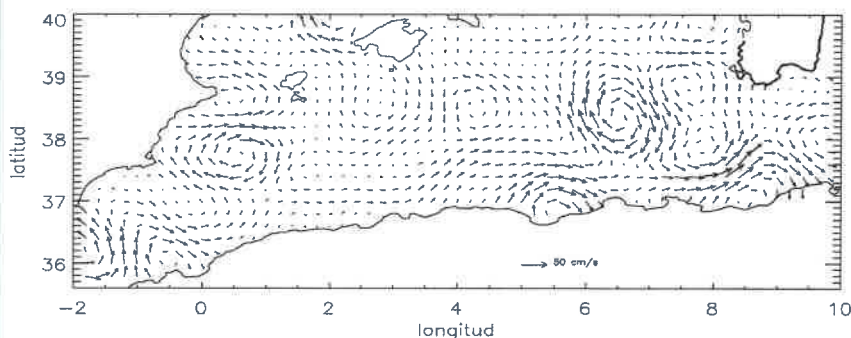
por ejemplo, a escala global se estudian la circulación general y los procesos de formación y distribución de masas de agua, y se evalúa el papel que juega el océano dentro de la evolución del clima. El CMIMA tiene especial interés en el Mediterráneo, que, a pesar de sus reducidas dimensiones, puede ser considerado, desde el punto de vista dinámico, como un modelo reducido del océano. La circulación dominante de tipo termohalino, y algunos de los procesos que intervienen en la dinámica mediterránea, avalan esta comparación. La formación de agua profunda es un buen ejemplo de ello ya que se trata del mismo proceso presente en algunos océanos pero con un alcance mucho más reducido y más asequible operacionalmente.

La dinámica de mesoescala abarca procesos que tienen lugar entre pocos días y pocos meses, y a una escala espacial de decenas a escasos centenares de kilómetros. La termoclina estacional, los frentes de densidad, la circulación inducida por el viento, los remolinos, las inestabilidades de la circulación por efecto de la topografía del fondo, de los aportes continentales o del viento, etc. son procesos que

Nivel del mar (cm)



Corrientes marinas



Nivel del mar correspondiente a la zona comprendida entre las islas Baleares y la costa africana (gráfico superior) medido con altímetro desde satélite, y las corrientes marinas superficiales calculadas a partir de las variaciones de este nivel (gráfico inferior). Se puede observar que la zona está dominada por grandes remolinos anticiclónicos, observables como pequeñas elevaciones del nivel del mar.

tienen lugar a estas escalas. Los procesos de advección y difusión, como el reparto de material disuelto (contaminantes, nutrientes, etc.) o en suspensión (seston, plancton) dependen de la dinámica de mesoescala. Su papel es particularmente significativo en zonas costeras, de plataforma y márgenes continentales, debido a la interacción con el fondo y el litoral. La dinámica de mesoescala juega un papel destacado en la distribución, estructura y funcionamiento de los ecosistemas planctónicos y bentónicos, en la dinámica del seston y en los procesos sedimentarios. Las observaciones necesarias para estudios de mesoescala suelen obtenerse mediante campañas oceanográficas de ámbito regional y, en ocasiones, local. Esta información se complementa con series temporales de observación en puntos fijos (anclajes) y la recopilación de información sinóptica procedente de sensores remotos (en satélites). Además se desarrollan modelos de circulación y de estructuras de mesoescala o procesos asociados que, combinados con las observaciones, permiten hacer simulaciones sobre la respuesta que podrían tener las perturbaciones sobre la dinámica marina a dicha escala.

La microescala comprende estructuras cuya duración es inferior al día y que se presentan a una escala de pocos metros. Incluye, entre otros, los procesos de doble difusión, las ondas capilares y la turbulencia. De momento, el estudio de microescala en el CMIMA se hace experimentalmente (en el laboratorio) o con modelos numéricos. Un ejemplo de esta aproximación son los experimentos de laboratorio (microcosmos y mesocosmos) que estudian los efectos de la turbulencia sobre las comunidades planctónicas.

Las investigaciones en esta línea en el CMIMA se incluyen en varios programas internacionales que implican, por un lado, una movilización de recursos observacionales (*in situ* y remotos) para establecer una red permanente de observación del océano (GOOS) o para estudiar su circulación y clima (WOCE, CLIVAR). De forma paralela se está realizando un esfuerzo conjunto de observación, experimentación y modelización numérica con el fin de acoplar la dinámica oceánica con la atmosférica (JGOFs), o con la de las aguas costeras (LOICZ).



Boya diseñada en el ICM para poder medir la temperatura y salinidad del mar muy cerca de la superficie, utilizando un sensor de gran precisión y fiabilidad. Los datos, transmitidos por radio, permiten hacer un seguimiento de la evolución de las condiciones de la capa superficial en una zona sometida a variaciones a escalas distintas, desde pocos minutos hasta meses (Foto: M. Moll, EMS Sistemas de Monitorización Ambiental S.L.).

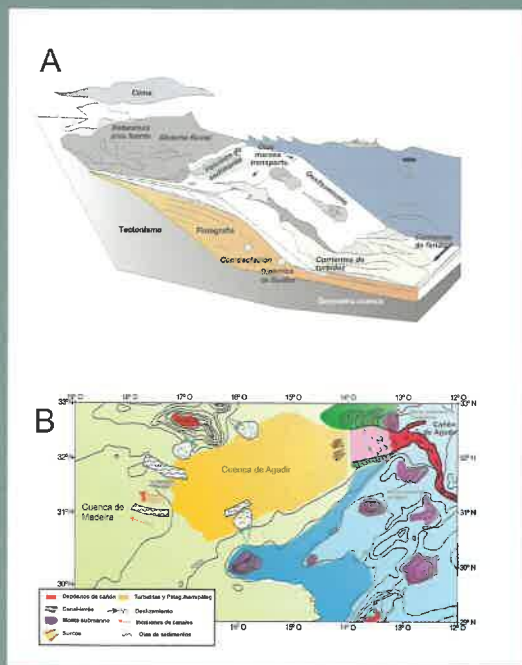


El CMIMA participa en los estudios científicos de preparación de la misión espacial SMOS de la Agencia Europea del Espacio. Este satélite, cuyo lanzamiento está previsto para el año 2006, permitirá por primera vez medir la salinidad de los océanos desde el espacio. Esto supondrá un avance importante en la mejora del sistema global de observación del océano (GOOS) y una fuente de información de primer orden para estudios climáticos (Foto: SMOS - Agencia Europea del Espacio).

Registro sedimentario marino y edificación de márgenes continentales y cuencas

Los sedimentos acumulados en los márgenes continentales y cuencas oceánicas constituyen un testimonio único en el cual han quedado registrados, de forma continuada, los cambios y la evolución geológica, climática y ambiental de nuestro planeta; tanto los recientes como los ocurridos en el pasado geológico. El conocimiento de la estratigrafía y arquitectura sedimentaria, y también de los procesos sedimentarios y la naturaleza y componentes fisicoquímicos y biológicos de los depósitos actuales y recientes de los márgenes continentales y cuencas oceánicas es, por lo tanto, fundamental para entender el pasado de nuestro planeta, para predecir posibles cambios y sus efectos en el futuro.

En los márgenes continentales se produce la mayor transferencia de materia y energía desde el continente hasta las cuencas oceánicas, donde se acumula un gran volumen de sedimentos y donde quedan almacenados la mayor parte de los recursos naturales, no renovables, de naturaleza geológica, con un indudable interés socioeconómico. La plataforma continental es interesante no sólo por los recursos que contiene, sino también porque recibe gran cantidad de aportes de origen fluvial. Éstos incluyen vertidos antropogénicos, que pueden ser transferidos hasta las zonas oceánicas a través de cañones y valles submarinos excavados en los taludes continentales. La plataforma continental es también el medio en el cual, de modo preferente, quedan registrados los efectos de los cambios climáticos y sus consecuencias en forma de ascensos y descensos en el nivel del mar, por lo cual es un ambiente altamente sensible a procesos relacionados con el Cambio Global. Las zonas profundas comprenden sistemas sedimentarios activos, controlados en parte por la dinámica oceanográfica global, que constituyen ambientes en los cuales se desarrollan complejos ecosistemas de organismos

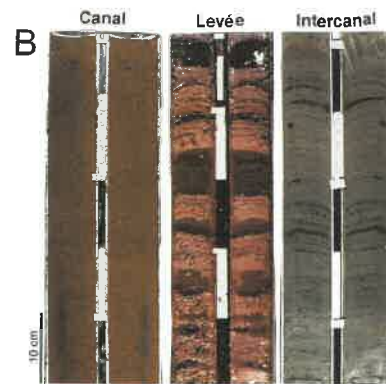
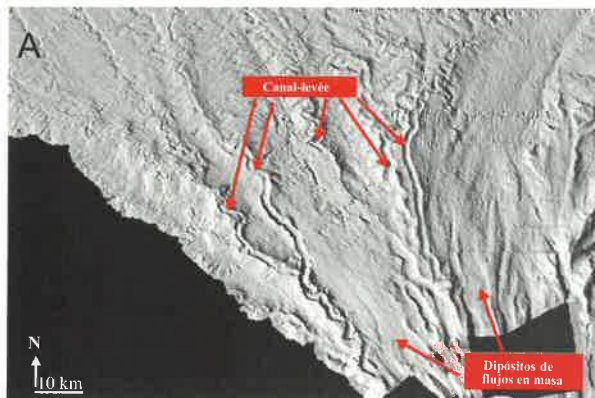


FACTORES Y MODELOS GEOLÓGICOS

Modelo geológico del margen continental y de la cuenca de Agadir, en el Atlántico marroquí, que representa los distintos elementos morfosedimentarios (Gráfico A redibujado de COMPLEX, 1999).

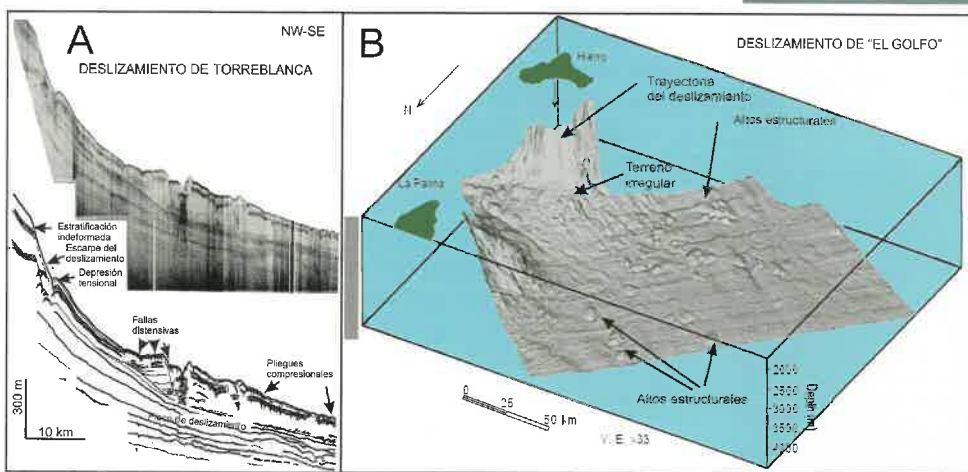
adaptados a condiciones extremas.

Finalmente, la geodinámica terrestre es responsable de fenómenos, ocasionalmente violentos, que de manera continuada modifican la morfología, estructura y naturaleza de los fondos marinos. Terremotos, vulcanismo y grandes desprendimientos sedimentarios son especialmente activos en determinados sectores de los márgenes continentales y de las cuencas. El estudio y comprensión de estos fenómenos de riesgo geológico natural, y la cuantificación de los factores y procesos que actúan sobre ellos, son fundamentales para poder predecir y evitar futuras catástrofes o daños para una gran variedad de actividades humanas. Todos estos elementos son considerados como problemas científicos de primer orden a escala internacional, tal como demuestra la longevidad de programas internacionales como el *Ocean Drilling Program* (ODP) y la vitalidad de otros más nuevos, como los **MARGINS, PAGES, IMAGES** o **ANTOSTRAT**.



MARGEN CONTINENTAL DISTAL

A. Mapa batimétrico sombreado que muestra la trayectoria de numerosos canales turbidíticos y la distribución de depósitos de flujos en masa en el talud continental de Colombia, entre 100 y 3.500 metros de profundidad.
 B. Muestras continuas de sedimento recuperadas en el fondo de un canal turbidítico, en el dique y en la zona más lejana del canal. Los depósitos de canal están formados por arenas homogéneas. En los diques se encuentran alternancias de lodos (niveles claros) y arenas (niveles oscuros), y los depósitos de intercanal están representados por lodos con arenas finas



RIESGOS GEOLÓGICOS

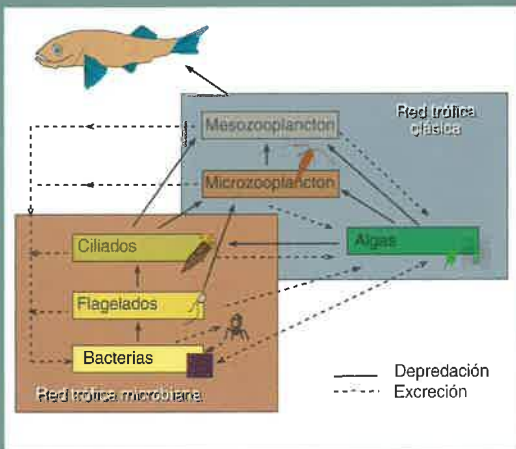
A. Registro acústico e interpretación del desprendimiento de Torreblanca que afecta al talud y ascenso continental del Ebro. La génesis de este desprendimiento se relaciona con un terremoto.
 B. Mapa batimétrico sombreado que muestra el desprendimiento del Golfo, al NO de la isla del Hierro. Su origen se relaciona con la actividad volcánica de la isla.

Flujos de materia y energía en el mar

Las interacciones entre circulación oceánica y procesos físicos, químicos, biológicos y sedimentarios regulan los intercambios de materia y energía y configuran los ciclos biogeoquímicos del océano. Hay que tener en cuenta que gran parte de estas interacciones tienen lugar en la columna de agua, entre el medio costero y el océano profundo, donde las interfases océano/atmósfera, océano/sedimentos y océano/continentes juegan un papel fundamental en el funcionamiento biogeoquímico del océano.

La vida marina implica un continuo trasvase de sustancias, impulsado principalmente por aportes de energía lumínica y mecánica. Las biomásas de los distintos componentes vivos de un ecosistema marino, y los flujos de materia y energía entre ellos, dependen de una serie de factores entre los cuales se encuentran el forzamiento físico (luz, temperatura, circulación de agua, turbulencia), los flujos de material alóctono, particulado y disuelto, y la disponibilidad de elementos esenciales para la producción primaria (N, P, Si, Fe y otros metales) y la luz. Los organismos fotosintéticos del plancton y del bentos, situados en la zona eufótica del medio marino, utilizan la energía solar para producir materia orgánica que es transferida, mediante una red de interacciones tróficas, hasta los últimos niveles de consumidores.

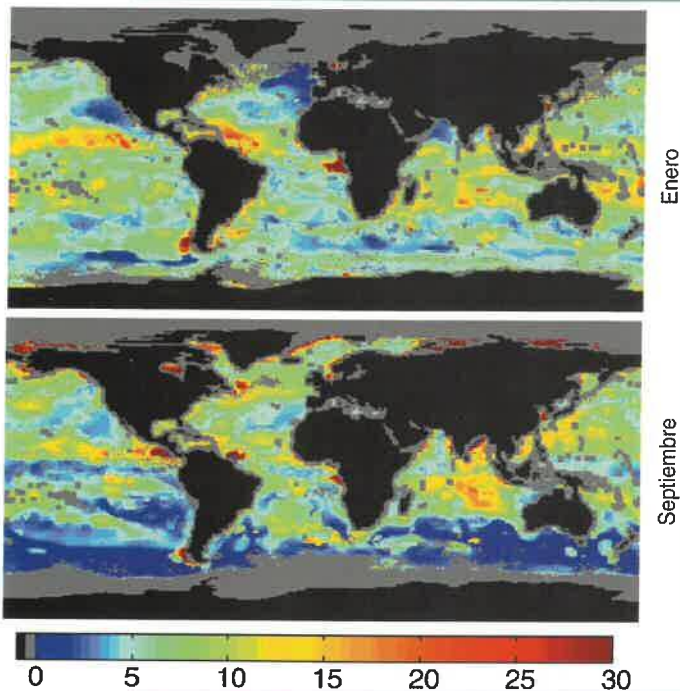
El medio marino recibe material particulado por vía eólica o a través de descargas fluviales. Las características de este material, que puede contener materia orgánica y elementos biogénicos, afectan a la distribución de los organismos y a la biodiversidad de las comunidades planctónicas y bentónicas. Al mismo tiempo, los organismos interactúan con el material particulado formando agregados en los flujos de sedimento y la resuspensión de las partículas. Estas interacciones determinan, en último término, los índices de acumulación de sedimento en el fondo marino y los balances en las transformaciones biogeoquímicas del océano.



Las redes tróficas marinas están formadas por organismos que van desde las formas más pequeñas (virus, bacterias, flagelados, ciliados, copépodos) hasta los mayores cetáceos.

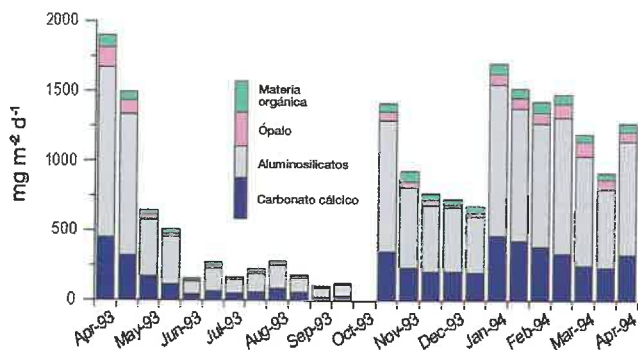
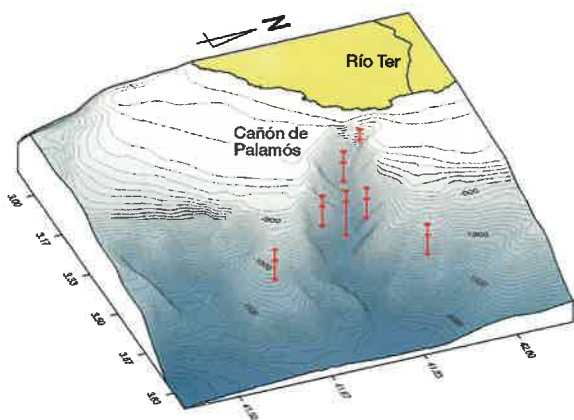
El océano intercambia con la atmósfera gran variedad de sustancias con influencia sobre el clima. El papel del medio marino como fuente o sumidero de compuestos atmosféricos climáticamente activos está determinado por una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que, a su vez, dependen de las interacciones entre océano y atmósfera y, en último término, del clima. Es esta vía de doble sentido la que configura la importante contribución que los océanos hacen a la regulación del clima de la Tierra. El conocimiento del papel del océano en los grandes ciclos biogeoquímicos globales, y el de su respuesta a cambios climáticos de escala global, ha sido y es el objetivo fundamental de grandes programas internacionales como JGOFS, SOLAS y PAGES.

El estudio de los ciclos biogeoquímicos oceánicos requiere una visión interdisciplinar que abarque desde los fenómenos de entrada de energía en el sistema hasta las características del ecosistema que determinan la reactividad y movilidad de diversos elementos y compuestos. Sin olvidar visiones globales e integradoras, hay que prestar especial atención al estudio de los distintos procesos que intervienen en ellos y de las interfases entre compartimentos (agua-partícula, agua-organismo, agua-aire, agua-sedimento), que es donde tienen lugar gran parte de los flujos de materia y energía.



Emisión de azufre volátil de los océanos a la atmósfera ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$), calculada a partir de datos de satélite y de climatologías oceanográficas mediante un algoritmo desarrollado en el Instituto de Ciencias del Mar.

Estudio de los flujos de material particulado y sus constituyentes (carbono, ópalo, litogénicos, etc.), y de los procesos de transporte, sedimentación y resuspensión que los controlan.



Biodiversidad y dinámica de ecosistemas marinos



Modelo conceptual propuesto por Margalef, que ordena los tipos biológicos de fitoplancton en un espacio ecológico definido por la concentración de nutrientes, que se relaciona con el índice de crecimiento de los organismos (r) y la intensidad de la turbulencia en el medio.



Ejemplos de estudio de diversidad y función en organismos de filiación desconocida, como los flagelados de entre 1 y 10 μm que se observan en las figuras superiores. En la parte de abajo, flagelado marino de unos 2 μm de diámetro, teñido con una sonda filogenética molecular dirigida al rRNA ribosómico (color rojo), con una tinción de DNA (que tiñe el núcleo de color azul). El flagelado se ha alimentado de bacterias (de color amarillo) que le hemos proporcionado. En la última imagen se ve todo a la vez. La sonda molecular ha sido diseñada a partir del estudio del material retenido en la fracción de 0.2 a 3 μm de diámetro. (Imagen superior derecha: K. Jürgens).

Uno de los objetivos más importantes del estudio de los ecosistemas marinos es el conocimiento de su Biodiversidad, entendida como el conjunto de elementos (secuencias genéticas, especies, comunidades, ecosistemas) potencialmente presentes en un hábitat determinado. La variabilidad estructural y funcional de toda la biosfera es lo que mantiene la biodiversidad.

El estudio de la diversidad biológica, es decir, la fracción de la Biodiversidad potencial que se manifiesta en cada caso particular, es necesario para comprender la dinámica de las comunidades naturales y es fundamental para evaluar y gestionar de forma sostenible los recursos naturales, especialmente en el marco de retos como el del Cambio Global. Además, la complejidad natural de los ecosistemas actúa como amortiguador de los efectos de los riesgos naturales y de aquéllos inducidos por la actividad humana. Está documentado que la pérdida de Biodiversidad biológica (de especies y su herencia genética, de comunidades y ecosistemas) se está acelerando en muchas partes del océano. No obstante, todavía es muy incompleta la comprensión de los mecanismos que contribuyen a aumentar, mantener o disminuir la Biodiversidad y la diversidad en los distintos niveles de organización. En los últimos años la incorporación de técnicas de biología molecular a los estudios ecológicos ha permitido obtener información trascendental y muy valiosa sobre la estructura genética de especies y poblaciones de numerosos organismos marinos, tales como los microorganismos, que no presentan gran diversidad morfológica.

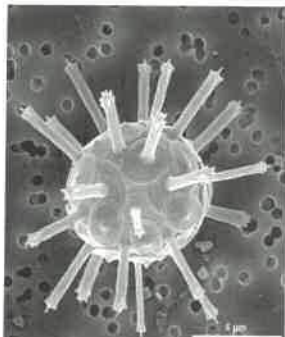
Durante estos últimos años se ha producido una disminución alarmante de la disponibilidad de "taxónomos tradicionales", es decir, especialistas capaces de recoger, identificar e inventariar organismos marinos según criterios morfológicos. Sabemos que muchos fenómenos naturales

(cambios climáticos, inundaciones, etc.) o inducidos por la actividad humana tienen impactos adversos sobre la Biodiversidad. Sin embargo, a menudo se desconocen los mecanismos causantes de estos impactos, y en la mayoría de ocasiones no se pueden evaluar las pérdidas de Biodiversidad, ya que ni tan sólo se conoce el estado inicial.

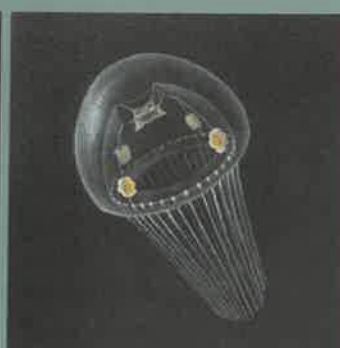
Debido a que algunos organismos marinos presentan un interesante potencial como fuente de biomoléculas con aplicaciones en las industrias farmacéuticas, la extinción de especies aún no descritas o conocidas puede representar una considerable pérdida económica.

La estructura y dinámica de las comunidades marinas están íntimamente ligadas a las características y variabilidad de las propiedades físicas del hábitat. La mayor parte de la producción primaria marina se basa en la utilización de energía solar a través de la fotosíntesis. Sin embargo, hay otras formas de energía que pueden interactuar con los organismos. Por ejemplo, el movimiento del agua, desde la circulación de gran escala hasta la turbulencia de pequeña escala, tiene una importancia básica en la selección de las formas dominantes de fitoplancton e influye en las vías de transferencia de energía a través de la red trófica. Asimismo, la mejora en los métodos de determinación de biomasa y actividades, la consideración de aspectos cuantitativos de la dinámica de poblaciones y el desarrollo de modelos adecuados son fundamentales para una mejor comprensión del funcionamiento de los ecosistemas marinos.

El reconocimiento internacional de los desafíos científicos relacionados con esta línea de investigación ha dado lugar a programas de actuación como GLOBEC, patrocinado por SCOR, COI y IGBP, y "Diversitas", patrocinado por IUBS, SCOPE, UNESCO y otras entidades.



Fitoplancton marino: Coccolitoforal (izquierda), diatomea (centro) y dinoflagelada (derecha).



Barcino foixensis y *Foersteria aratae*, dos medusas endémicas descubiertas en el Cañón del Foix (costa catalana). El número de endemismos y el número de especies y de individuos de los cañones submarinos es proporcional a la cantidad de material sedimentado. (Dibujo: J. Corbera).



Los crustáceos presentan una gran diversidad de formas y adaptaciones a la práctica totalidad de ambientes marinos. Algunas especies son explotadas activamente, sobre todo los decápodos (gambas, langostas, cangrejos...) y los estomatópodos o galeras. Muchas de ellas constituyen elementos claves dentro de las redes tróficas de los ecosistemas marinos.

Biología de especies y poblaciones marinas

Uno de los objetivos fundamentales de la investigación biológica marina es la comprensión de la estructura y la fisiología de los organismos marinos, desde seres unicelulares hasta vertebrados, en relación con el medio en el que habitan. Por ese motivo, realizamos estudios en los que se consideran diversos aspectos de su biología a diferentes escalas de organización, desde el subcelular hasta el individual y poblacional y, también, los cambios espacio-temporales que experimentan.

El ambiente, al provocar una selección entre la variabilidad genética presente, condiciona las características de los organismos que habitan en él. El fruto de las respuestas de los seres vivos a las variaciones de los factores ambientales (bióticos y abióticos) está plasmado en las adaptaciones experimentadas a lo largo de la evolución. Debido a que los procesos fundamentales están compartidos por todas las especies

vivientes, estas adaptaciones evolutivas sirven para ilustrar cómo el reto que supone la vida en distintos ambientes ha sido realizado mediante la selección de especializaciones funcionales y ha permitido, así, la colonización de los heterogéneos hábitats marinos. Todo ello se traduce en la amplia diversidad de estructuras morfológicas y procesos fisiológicos de los organismos que se manifiestan de distinto modo y de forma precisa a lo largo de sus ciclos vitales. Las dotaciones genéticas repercuten en las poblaciones a las que

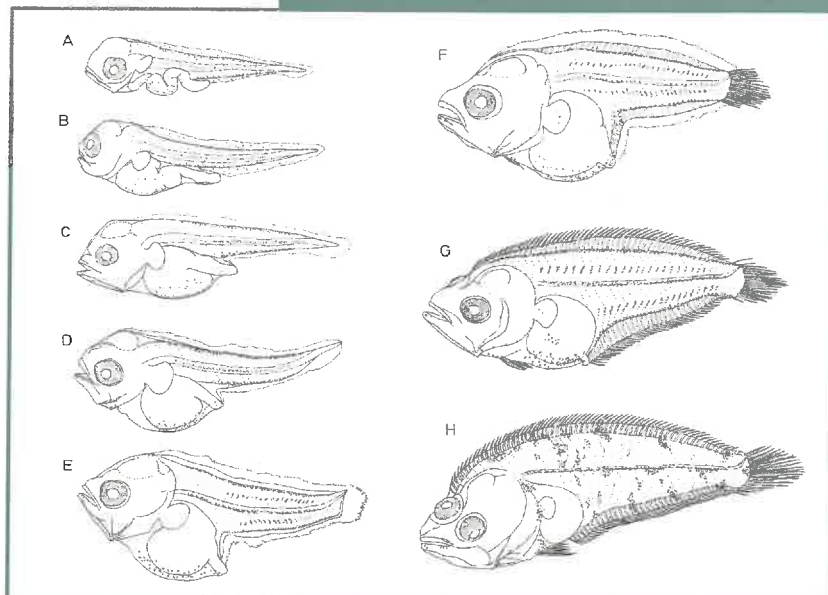
ESTEROIDES Y DIFERENCIACIÓN SEXUAL EN LOS PECES



En todos los vertebrados, los esteroides sexuales de 19 y 18 carbonos (andrógenos y estrógenos, respectivamente) están implicados en la diferenciación sexual de las gónadas embrionarias. En los peces, la diferenciación hacia un sexo u otro depende de la síntesis y balance relativo entre ambos tipos de esteroides, de lo cual es responsable fundamentalmente la actividad aromatasa y 11 β -hidroxilasa.

pertenecen y éstas, a su vez, condicionan la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas que las contienen. Así pues, el estudio a escala subcelular permite identificar mecanismos fundamentales, pautas comunes y procesos conservados; el estudio a escala de individuo permite comprender el rango de adaptaciones posible en toda su riqueza, mientras que el estudio a escala de poblaciones ecológicas permite captar el modo en que la respuesta estructural y funcional de las especies a las condiciones del medio se traduce en estrategias específicas.

Las investigaciones actuales sobre biología de especies marinas se realizan tanto *in situ*, a bordo de buques oceanográficos o mediante muestreos directos, como en condiciones controladas en el laboratorio, mediante la utilización de micro-, meso- o macrocosmos. Cualquiera de estas aproximaciones está determinada tanto por el nivel de organización o tamaño de los organismos estudiados, como por las escalas espacio-temporales en las que se enmarcan los procesos biológicos considerados. La experimentación en el laboratorio no es sólo complementaria a las investigaciones realizadas en el mar, sino que debe permitir generar información precisa sobre los procesos biológicos con el fin de mejorar la precisión de los modelos predictivos en oceanografía biológica. En consecuencia, los estudios, tanto *in situ* como en laboratorio, relacionados con el metabolismo basal, la alimentación, el crecimiento y la reproducción, en relación con los factores ambientales, constituyen una parte fundamental de la investigación marina.

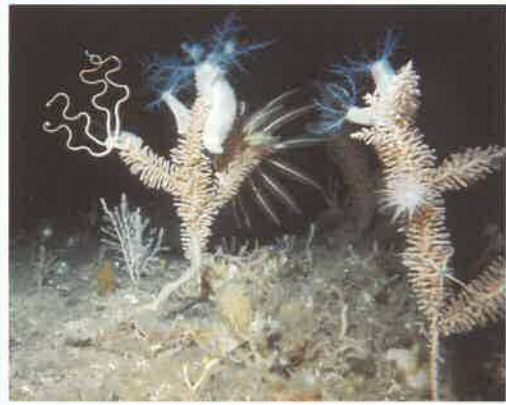
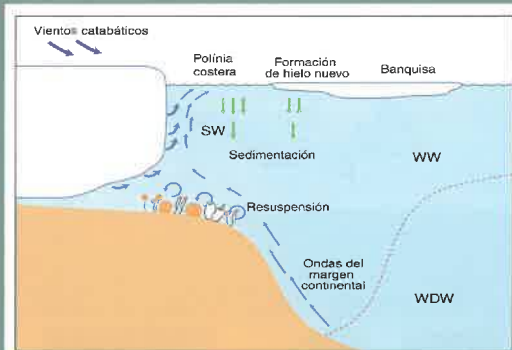


Desarrollo larvario de la solleta, *Citharus linguatula* (entre 2 y 19 mm de longitud), descrito a partir de ejemplares recolectados en la costa catalana, donde se aprecia la migración del ojo.



El ciclo de vida del pulpo común, *Octopus vulgaris*, tiene una fase inicial larvaria planctónica. Ya en el bentos, los juveniles adquieren en pocos meses la morfología del subadulto. Su rápido crecimiento y una elevada fertilidad hacen de esta especie un prometedor recurso por explotar en acuicultura.

Estudio integrado del sistema litoral



Modelo de funcionamiento, a mesoescala de las comunidades litorales antárticas, basado en la relación entre las corrientes y la abundancia y distribución de las comunidades de suspensivos bentónicos. Esquema de un modelo para las comunidades del Mar de Weddell (Antártida), fundamentado en los procesos de resuspensión causados por las corrientes de talud a costa, generadas por ondas internas (Foto: J. Gutt, AWI Bremenhaven).

El sistema litoral es la región donde la interacción entre la actividad humana y el ecosistema marino es más estrecha. Constituye la zona de intercambio por excelencia entre continente y océano. Los ecosistemas costeros, afectados por aportes continentales y por procesos físicos de alta energía (olas, vientos, mareas y corrientes), se caracterizan por una elevada productividad biológica, una dinámica sedimentaria muy activa y unas transformaciones químicas muy intensas y dinámicas.

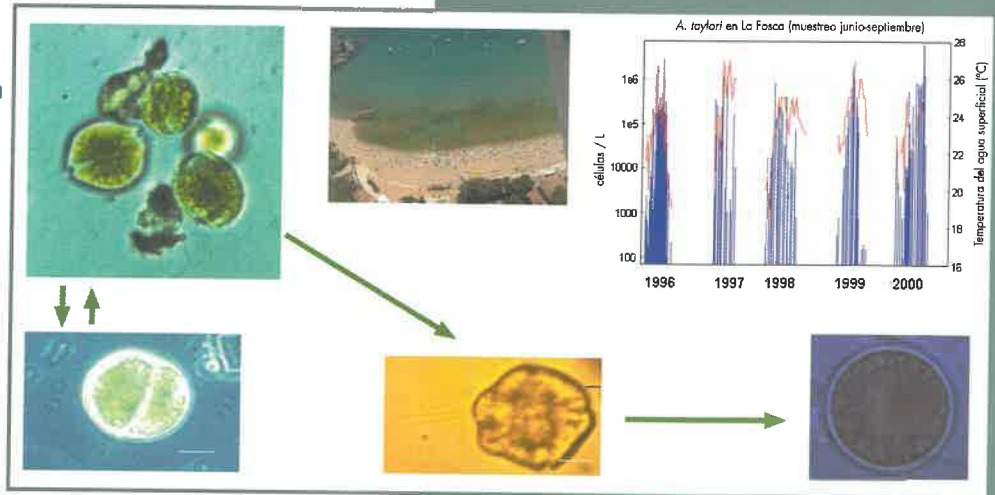
En la zona litoral, las interacciones entre la tierra, el mar y la atmósfera son muy acentuadas. Todo tipo de aportes, de naturaleza y composición diversa modifican su circulación y su estructura, así como la calidad del agua. El sistema litoral es la región marina más afectada por la acción directa del hombre: alteraciones de la línea de costa y de la circulación por la construcción de nuevas estructuras (puertos, diques, etc.), modificaciones del fondo mediante drenajes, modificaciones de los depósitos de playa por cambios en la dinámica de la arena (causadas por diques, presas, regeneraciones, etc.), establecimiento de instalaciones de acuicultura, descarga de aguas residuales, etc. Además, en la costa es donde el impacto de la contaminación y la eutrofización es más directo y más intenso. Es a través del litoral, y por medio de la circulación y el intercambio constante de masas de agua, que este impacto llega a los sistemas de mar abierto y aguas profundas.

El sistema litoral se caracteriza por una elevada heterogeneidad espacio-temporal, consecuencia de una gran variabilidad hidrodinámica, sedimentológica y morfológica que produce una extraordinaria diversidad de hábitats. Además, en la zona litoral, el ecosistema pelágico y bentónico están muy próximos, con lo cual muchas especies pasan parte de sus ciclos de vida en un sistema o en el otro. La complejidad característica del sistema litoral requiere

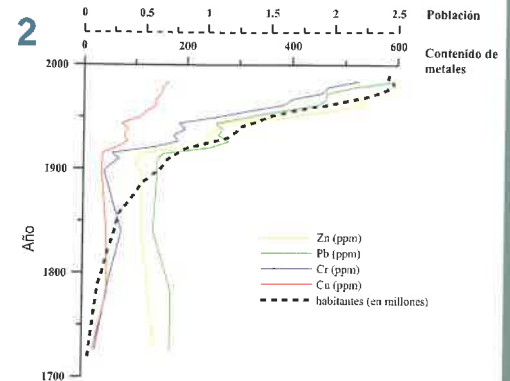
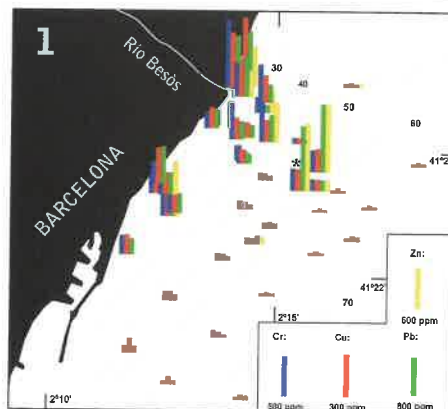
estudios pluridisciplinarios en los que sean posibles la sinopticidad y la integración de las distintas observaciones, la resolución de la variabilidad espacio-temporal a diferentes escalas, la obtención de largas series temporales de datos y la realización de observaciones intensivas durante perturbaciones repentinas.

La proximidad de la región litoral al continente, que por un lado la hace tan vulnerable, también la hace más accesible a nuevas y sofisticadas tecnologías que permiten investigar el medio marino de modo más global. Estas facilidades convierten al litoral en una región idónea para la observación *in situ* de organismos y ecosistemas en su contexto natural y, por lo tanto, hacen de él un punto de referencia importante para la investigación oceanográfica.

El estudio de la zona litoral y de sus procesos no sólo es fascinante desde el punto de vista científico, sino que además, debido a la creciente demanda social de las zonas costeras en toda el mundo, representa una prioridad fundamental para su correcta gestión. El interés del estudio integrado de la zona litoral ha sido recogido en programas internacionales como LOICZ, ELOISE y LMER. Existen, además, una serie de redes de trabajo internacionales, como Netcoast, en las que participan especialistas en distintas disciplinas.



Proliferación de la dinoflagelada *Alexandrium taylori* en la Fosca (Costa Brava) en verano del 2001. Estas proliferaciones de millones de células por litro que dan la característica coloración verde, están condicionadas por la temperatura y los índices de renovación del agua. Desde 1994, cuando se detectó *A. taylori* en el Mediterráneo por primera vez, el número de proliferaciones en este mar ha aumentado (Foto aérea: Agència Catalana de l'Aigua).



Contaminación por metales pesados en el sedimento superficial de la zona costera de Barcelona (1). Acumulación de metales pesados en el sedimento en una de las estaciones cercanas a la desembocadura del Besòs (2) (marcado con * en el mapa): se puede observar que el aumento de la contaminación (líneas de colores) ha ido en paralelo al de la población (línea discontinua) durante el último siglo.

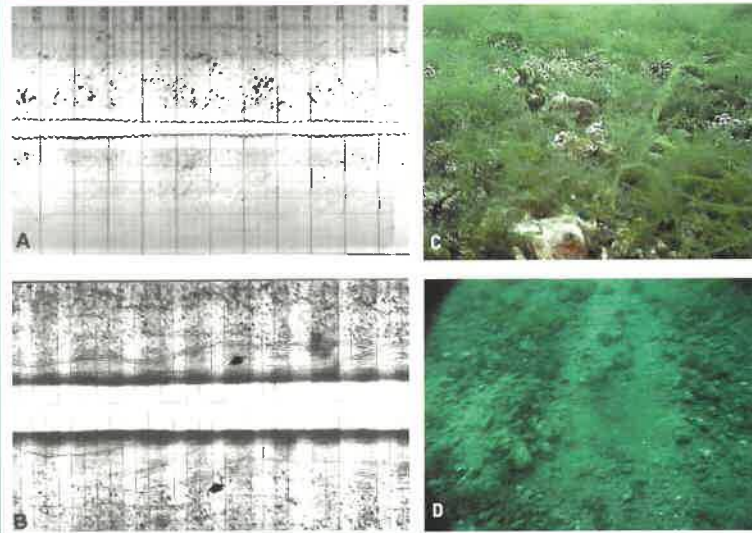
Sostenibilidad de los recursos marinos

La explotación pesquera es una actividad humana que desde muy antiguo repercute de manera muy importante en los ecosistemas marinos. Es, también, una actividad muy arraigada culturalmente y, por lo tanto, cargada de una fuerte significación social. El constante progreso tecnológico en los métodos de captura, junto con los elementos de tipo socioeconómico, tienden a sobreexplotar los caladeros de pesca poniendo en peligro la viabilidad de los recursos. Considerando que la explotación sostenible de un recurso renovable implica la extracción de una biomasa equivalente a la que se añade, por crecimiento o reclutamiento, hay que tender hacia una pesca responsable para mantener este equilibrio.

La pesca es una actividad generalmente no selectiva que afecta a una gran parte del ecosistema sobre el que actúa.

Otras muchas especies que no son objetivo de la pesca también resultan afectadas, no sólo debido a su captura directa o indirecta, sino también a través de las interrelaciones tróficas que existen entre especies. Así, la captura de una determinada especie repercute en todo el conjunto, provocando cambios importantes, a veces irreversibles, en la estructura de todo el ecosistema. Un problema añadido es el impacto que ciertos artes de pesca ejercen sobre el sustrato, dado que degradan el hábitat de muchas comunidades marinas, tanto por la erosión física que provocan sobre el sedimento, como por su efecto perturbador sobre los organismos bentónicos.

Por otro lado, muchos de los fenómenos observados en la evolución de las capturas (colapsos, sustituciones, fluctuaciones, etc.) no pueden explicarse teniendo en cuenta sólo la explotación pesquera y hay que enmarcarlos en un contexto ecológico global. Así, pues,



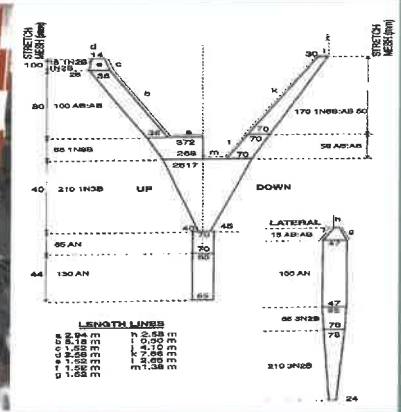
Imágenes de sónar de barrido lateral (SSS) (A) y de vídeo (C) de un fondo marino por donde no ha pasado ningún arte de arrastre. El mismo fondo marino, en imágenes de SSS (B) y de vídeo (D) tras sucesivas pescas con arte de arrastre (Fotos C y D: Mediterráneo Servicios Marinos).

las fluctuaciones ambientales son una de las fuentes que generan una mayor incertidumbre en la gestión de los recursos, dado que pueden influir en ellos tanto de forma positiva como negativa. Uno de los retos actuales de la biología pesquera es encontrar caminos para tratar dicha incertidumbre mediante el desarrollo de modelos multiespecíficos que incluyan interacciones entre las especies, la oceanografía y los aspectos socioeconómicos.

Un concepto que día a día cobra importancia como medida alternativa de gestión pesquera, frente a los siempre polémicos controles y reducciones de flotas, es el de las reservas marinas en las que la actividad pesquera no está permitida. Estas reservas, además de reducir la mortalidad por pesca, tienen la propiedad de conservar la Biodiversidad y proteger la integridad del sistema. Para definir sus características es necesaria una información exhaustiva sobre los hábitats de las especies consideradas, su abundancia y estructura demográfica y su capacidad de dispersión en las distintas fases de su ciclo vital.

Asimismo, el desarrollo de la acuicultura marina en los últimos años y las previsiones de futuro crecimiento de esta actividad son un reto hacia su explotación respetuosa con el medio. Si se quiere minimizar el impacto causado por efluentes y residuos, la acuicultura sostenible debe caracterizarse por el avance en el conocimiento de la biología de las especies explotadas, la conservación de los ecosistemas, la mejora y optimización de las tecnologías de cultivo y la diversificación de especies adecuadas al ambiente local y a su socioeconomía.

Se hace, pues, evidente que para llevar a cabo una gestión realmente sostenible de los recursos marinos, es necesaria una implicación interdisciplinaria y responsable entre los ámbitos científicos, sociales y administrativos, con las dotaciones y medios necesarios para profundizar en el conocimiento global de los sistemas explotados.



UTM

Unidad de Tecnología Marina



Desembarco de material frente a la Base Antártica Española "Juan Carlos I".

- La UTM es un instituto del CSIC que desarrolla actividades de I+D y de apoyo logístico y tecnológico en investigación oceanográfica. La UTM apuesta por una mayor implicación en el desarrollo tecnológico, lo cual supondrá un arranque definitivo de la investigación oceanográfica española. La UTM nace como un servicio de mantenimiento y apoyo a los buques oceanográficos *Hesperides* y *García del Cid*, ante

las crecientes necesidades tecnológicas y logísticas de la investigación marina y polar española. Posteriormente se incluyó también, entre sus funciones de apoyo logístico y tecnológico, la Base Antártica "Juan Carlos I".

La UTM ha colaborado mediante un significativo apoyo técnico y logístico a los destacados resultados científicos que la oceanografía española ha obtenido en los últimos años.

Los buques oceanográficos *Hespérides* y *García del Cid* son laboratorios interdisciplinares que deben estar operativos más de 300 días al año y 24 horas al día. Por otro lado, la base antártica "Juan Carlos I" es un laboratorio dedicado en exclusiva a la ciencia y en la que no sólo se da apoyo técnico y logístico a los proyectos científicos, sino que debe garantizar el funcionamiento de todos los servicios tras nueve meses de invernada.

El objetivo principal de la UTM es proporcionar al Ministerio de Ciencia y Tecnología el apoyo logístico y tecnológico necesario para la investigación marina y polar promovida por el "Plan Nacional de I+D+I", colaborando en la coordinación y apoyo de las actuaciones relativas a las Grandes Instalaciones científicas de carácter estatal.

La función básica es apoyar, con el equipo adecuado, a la realización de los proyectos de investigación. Por esa razón, es esencial que se ejecuten las siguientes funciones:

- Mantenimiento de las instalaciones científicas en buques y bases polares antárticas
- Mantenimiento, calibración y manipulación del instrumental científico
- Diseño, preparación y gestión del equipo
- Asistencia técnica en campañas oceanográficas
- Adquisición de datos oceanográficos en tránsitos
- Desarrollo tecnológico



Técnicos de la UTM realizando trabajos de mantenimiento y operación de diversos equipos científicos en el BIO *Hespérides*.



Buques oceanográficos

El BIO *Hespérides* fue construido en España (Cartagena) por la Empresa Nacional Bazán, hoy IZAR Construcciones Navales S.A., con financiación pública a través del CSIC. El buque está destinado a la investigación oceanográfica a través de proyectos de investigación evaluados en función de su calidad científica, y es gestionado por el CSIC.

Desde su botadura en marzo de 1990 y su posterior entrega a la Armada Española en 1991, el buque ha realizado más de 80 campañas oceanográficas en la Antártida, el Atlántico, el Pacífico Oriental y el Mediterráneo. Cada año ha visitado el continente austral con un doble objetivo: por un lado, el apoyo logístico y el suministro de las bases antárticas españolas y, por el otro, la realización de las campañas científicas.

El BIO *Hespérides* en el Estrecho de Gerlache (Península Antártica).



Los espacios del buque están distribuidos en diferentes niveles o cubiertas, numeradas en sentido descendente y ascendente desde la cubierta principal, o Nivel 1. La cubierta de trabajo, de 280 m², fue diseñada tomando en consideración la pluridisciplinariedad de las campañas oceanográficas y teniendo en cuenta la realización de campañas sucesivas en áreas remotas.

El buque cuenta con once laboratorios húmedos y secos con una dimensión total de 345 m² y situados en la cubierta principal e inferior, en un área donde el impacto de los movimientos del mar es menor. Estos laboratorios permiten investigaciones en hidroquímica, ecología, oceanografía, meteorología y geociencias marinas.

El buque oceanográfico *García del Cid* pertenece al CSIC y fue construido en Tarragona en 1977. Se trata de un buque diseñado específicamente para la investigación marina y está al servicio de científicos nacionales e internacionales que desarrollan investigaciones oceanográficas. Tiene su base en el puerto de Barcelona y está gestionado por la Unidad de Tecnología Marina del CSIC.

En sus más de veinte años de vida, el buque ha realizado más de 280 campañas oceanográficas en el Mediterráneo y en el Atlántico Oriental, lo que ha supuesto unos 3037 días de navegación dedicados a la investigación oceanográfica.

El B10 *García del Cid* fue diseñado originalmente para trabajar en oceanografía y, sobre todo, en pesquerías. Se dotó al buque de los elementos necesarios para trabajar con artes de arrastre, tanto de fondos como pelágicos o semipelágicos. En los años 80 fue modificado: se instaló un pórtico abatible, se amplió el laboratorio y se sustituyeron las dos maquinillas de pesca por una sola. Durante los últimos años se ha continuado con la actualización de sus instalaciones y equipos para permitir la realización de las campañas de investigación.



B10 *García del Cid*.

Bases antárticas



El monte Friesland (1.650 m) domina el paisaje de la isla Livingston donde se encuentra la Base Antártica "Juan Carlos I".

La Base Antártica Española "Juan Carlos I" está situada en la Península Hurd, en la isla Livingston (archipiélago de las Shetland del Sur).

La base ha experimentado modificaciones y ampliaciones desde sus inicios en 1988 y actualmente consta de cuatro áreas bien delimitadas y que definen sus usos:

Área de Habitabilidad. Formada por un conjunto de nueve módulos prefabricados panelables unidos, un almacén y un cuarto de radio más un soportal construido *in situ*. Además, se cuenta con dos iglúes del tipo *Igloo Satellite Cabin* para disponer de un espacio multifuncional adicional.

Área Científica. Compuesta por cinco módulos unidos y una área cerrada usada como almacén de material. Los laboratorios de meteorología, geología y biología (dedicado al Dr. Antoni Ballester, Profesor de Investigación del CSIC y fundador de la base) son módulos de 15 m² cada uno y están adecuadamente equipados.

Área de Servicios. Está formada por seis contenedores ISO 20' aislados con una superficie total de 90 m² y en los cuales se encuentran el taller y varios almacenes. También hay tres almacenes adicionales construidos durante las campañas del 2000 y 2001.



Área de Montaña. Situada al pie del glaciar Hurd, a 140 m de altitud y a unos treinta minutos caminando desde la base. Su objetivo es facilitar el trabajo de los grupos científicos, ofreciéndoles un lugar de protección cerca del glaciar y un lugar de almacenaje de material.

Desde los inicios de funcionamiento de la "BAE Juan Carlos I", se ha dedicado especial atención a la protección ambiental del entorno. Así, se han establecido procedimientos que aseguren el cumplimiento del Protocolo de Madrid. Tanto las actuaciones en la base como los proyectos de investigación que se realizan allí están obligados a presentar un estudio previo de impacto ambiental según la normativa española y que cumpla las recomendaciones del Tratado Antártico.

En la "BAE Juan Carlos I" se ha intentado, casi desde el principio, diversificar la generación *in situ* de energía, por medio de energías alternativas. En este sentido se cuenta con tres generadores eólicos de 1.000, 2.000 y 2.500 W en fase experimental, completado por un conjunto de placas fotovoltaicas de 1.000 W. De este modo se pretende conseguir la posibilidad de mantener operativos varios sensores durante el periodo invernal de nueve meses de duración.

Varias vistas de la BAE "Juan Carlos I" y de su entorno.



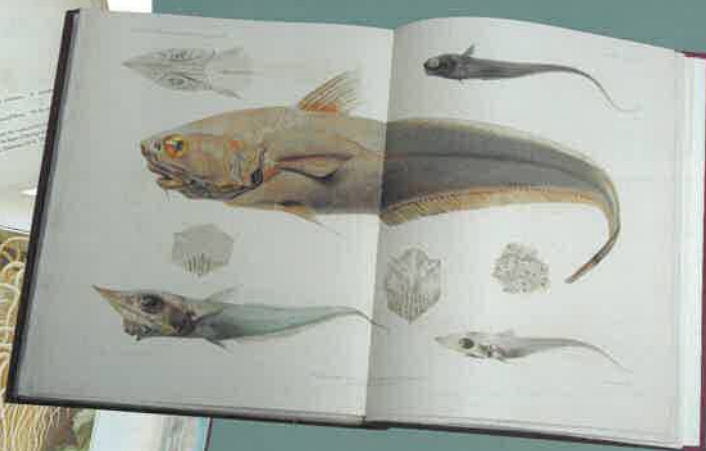
SERVICIOS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN

El CMIMA dispone de diversos Servicios Técnicos y de apoyo a la investigación, dirigidos a facilitar la tarea científica tanto del personal del Centro como de la comunidad científica en general.



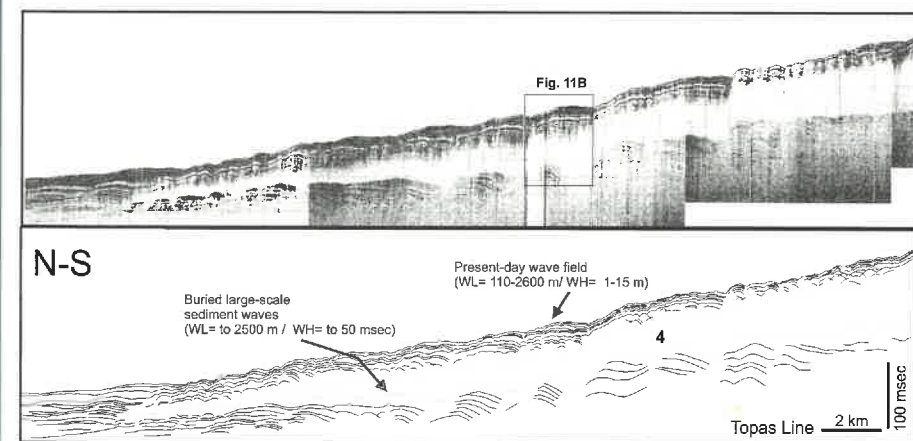
Análisis químicos básicos. El servicio lleva a cabo varias determinaciones habituales en Oceanografía Química y control de calidad de aguas.

Biblioteca. Abierta al público, forma parte de la red de bibliotecas del CSIC. Es la sede de una de las colecciones más importantes del Estado español sobre Oceanografía y Ciencias Marinas, con un depósito de cerca de 7.000 volúmenes de libros y 1.400 títulos de revistas, 500 de las cuales se reciben en la actualidad.





Colecciones Biológicas de Referencia. Estas colecciones permiten la identificación de más de 1.000 especies de peces procedentes de todo el mundo, crustáceos y moluscos cefalópodos. El servicio facilita la realización de consultas *in situ* o mediante internet, de todas las especies inventariadas.



Colección de Perfiles de Sísmica de Reflexión. Se han obtenido a lo largo de más de veinte años, mediante distintos sistemas (perfiladores de sedimento, *sparker*, *boomer*, cañones de aire y sónar de barrido lateral). Proceden de la totalidad del margen continental catalano-balear y de las regiones de Alborán, Golfo de Cádiz, Canarias, Atlántico Ecuatorial, Caribe y Antártida.



Colección de Testigos de Sedimento Marino. Son muestras procedentes de márgenes continentales y cuencas de alrededor de la Península Ibérica y áreas insulares. Los más de 1.000 testigos almacenados hacen un total de varios miles de metros de longitud de columnas sedimentarias.

Estación de imágenes de satélite. Dispone de sistema de recepción de imágenes de satélite HPRT en tiempo real. Tiene como objetivo proporcionar imágenes de temperatura y color de las zonas de interés oceanográfico para los estudios científicos del CMIMA.

Sistema de monitorización del litoral por imágenes (ARGUS). Este sistema está integrado por cinco cámaras de vídeo que graban imágenes automáticamente cada hora, lo cual permite el seguimiento en continuo de la zona costera.

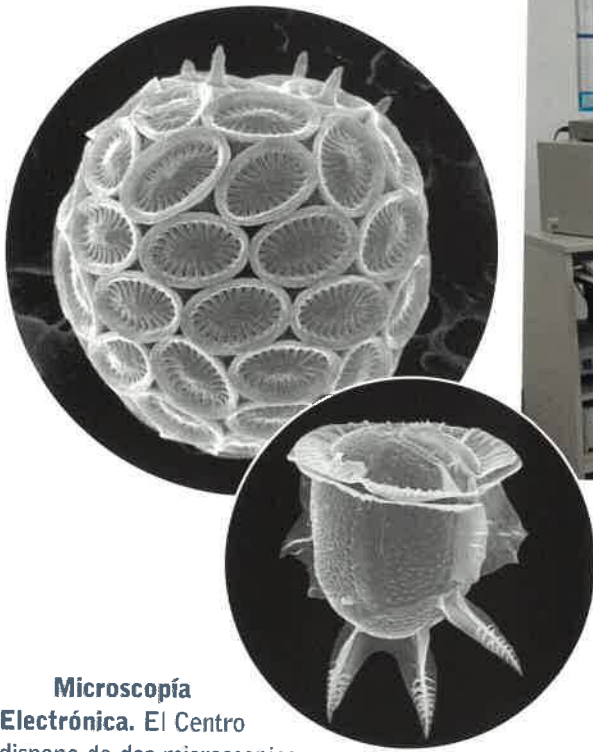




Informática. Su labor es proporcionar servicios informáticos al personal del CMIMA dentro del área de las comunicaciones (Intranet e Internet), y aplicaciones orientadas al procesamiento de datos científicos. También ofrece asesoramiento y apoyo técnico en la planificación y ejecución de la informática institucional y la informática personal básica.

Instrumentación. Asesora a los distintos grupos de trabajo del centro en la adquisición e instalación de instrumentos científicos, así como en el diseño o la construcción de los instrumentos necesarios para llevar a cabo sus actividades. Por otro lado, realiza el mantenimiento de los equipos existentes y los controles de calibración de los instrumentos de medida, utilizando un tanque de agua de mar de 70.000 litros.





Microscopía Electrónica. El Centro dispone de dos microscopios electrónicos de barrido, uno convencional (SEM) y otro de presión variable (VPSEM). El primero está equipado con detectores de electrones retrodispersados y secundarios. El VPSEM está equipado con detectores de electrones secundarios, retrodispersados y detector de electrones secundarios para la observación a presión variable, disponiendo, también, de un espectrómetro dispersivo en energía (EDS) para la realización de microanálisis de rayos X con una **resolución de 129 eV** y detección de elementos, desde el Boro en adelante. El laboratorio dispone, además, de los equipos necesarios para la preparación de muestras y ofrece asesoramiento a los usuarios en la preparación de éstas y en la utilización de los distintos equipos.

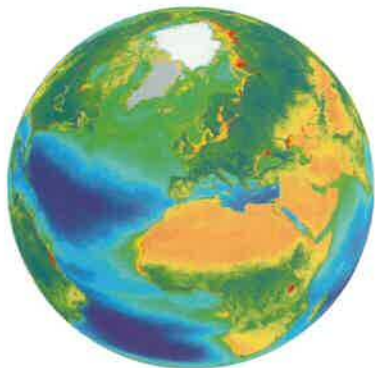
MAGELLAN - ANTARCTIC ECOSYSTEMS THAT DRIFTED APART

Edited by
W.E. Arntz and C. Ríos



A MARINE SCIENCE ODYSSEY INTO THE 21st CENTURY

Edited by
J.M. Gili, J.L. Pretus and T.T. Packard



Scientia Marina. Revista internacional de ciencias marinas (antes *Investigación Pesquera*) editada por el ICM-CSIC desde 1955 y que actualmente es la única revista publicada en España en el área de ciencias marinas y recursos naturales que se encuentra reseñada en el SCI. Publica trabajos originales de investigación marina y varias monografías en los siguientes ámbitos: oceanografía física y química, geología, biología y ecología, ingeniería, gestión de zonas costeras y pesquerías.





La Zona de Acuarios y Cámaras Experimentales (ZAE) es una infraestructura moderna en el área del Mediterráneo, diseñada para mantener diferentes tipos de organismos acuáticos. Su objetivo es facilitar la investigación de varios aspectos de la biología de estos organismos, tales como relaciones interespecíficas, estructura y dinámica de comunidades, ciclos vitales, bioquímica y fisiología, comportamiento, reproducción, nutrición, ecología y acuicultura. Ocupa una superficie de 650 m² y la componen una sala de máquinas, salas con acuarios, once cámaras termostreguladas, un laboratorio húmedo y un laboratorio seco. El agua se obtiene mediante una toma submarina a 300 m de la costa y 10 m de profundidad. Se dispone,



también, de un tanque de almacenaje que permite trabajar con agua obtenida en otras zonas. La sala de máquinas contiene un sistema de tratamiento del agua que incluye bombas, filtros de arena, carbón, membrana, biológicos y de rayos UV, así como intercambiadores de calor. Muchos de sus componentes están duplicados para salvaguardar la vida de los organismos. La instalación está controlada por ordenador y vigilada las 24 horas por un sistema de sondas conectadas a alarmas. Un total de nueve regímenes de agua se pueden suministrar a 150 acuarios, con capacidades de 15 a 5.000 litros. Las variables ambientales controlables son la intensidad de la luz y el fotoperíodo, la temperatura y salinidad del agua, el oxígeno disuelto y los nutrientes. Todo ello permite la simulación de un gran abanico de hábitats acuáticos, desde los subpolares hasta los tropicales. En la ZAE trabajan científicos del ICM, pero está a disposición de científicos de todo el mundo, organizaciones y empresas. Puede proporcionar acuarios y cámaras, un espacio de investigación a la medida de las necesidades y servicios de estabulación.



(Todas las imágenes y figuras han sido realizadas por el personal del CMIMA, excepto cuando se indique lo contrario)



Centro Mediterráneo de Investigaciones Marinas y Ambientales
Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49
08003 Barcelona
Tel.: +34 932 309 500
www.cmima.csic.es