

Las Ciencias y Tecnologías Marinas en España

Carlos M. Duarte (coord.)

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INFORMES CSIC

Las Ciencias y Tecnologías Marinas en España



Madrid 2006

La colección INFORMES CSIC pretende cumplir con una de las principales funciones de la institución: la comunicación social de la ciencia. De esta manera, los ciudadanos tienen acceso al estado actual de la investigación científica en los temas que más les afectan. El CSIC es referente nacional e internacional en la producción de artículos científicos y libros especializados; con esta colección, además, se ofrecen análisis y opiniones rigurosas sobre temas científicos de relevancia y actualidad.

COMITÉ EDITORIAL

Pilar Tígeras Sánchez, directora
Susana Asensio Llamas, secretaria
Javier Rey Campos
Martín Martínez Ripoll
Miguel Ángel Puig-Samper Mulero
Jaime Pérez del Val
Rafael Martínez Cáceres
Carmen Guerrero Martínez



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA



© CSIC, 2006

© Carlos M. Duarte Quesada (coord.), José Luis Acuña Fernández, X. Antón Álvarez Salgado, Dolors Blasco Font de Rubinat, María Bordons Gangas, Rodrigo Costas Comesaña, Juan José Dañobeitia, Santiago Hernández León, Íñigo J. Losada Rodríguez, Beatriz Morales Nin, Miguel Ángel Nombela, Javier Ruiz Segura y Silvia Zanuy Doste, 2006

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright* y bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y su distribución

ISBN: 978-84-00-08454-7

NIPO: 653-06-074-2

Edición a cargo de Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.

Índice

Agradecimientos	9
Sobre los autores	11
1. Presentación	13
2. Introducción y objetivos	17
3. Dimensión social del océano	21
3.1. Océano y cultura	23
3.2. Servicios del océano a la sociedad	25
3.3. Riesgos en el océano	29
4. Papel y estructura de la investigación en ciencias y tecnologías marinas en España	41
4.1. Función de las ciencias y tecnologías marinas	43
4.2. Estructura de las ciencias y tecnologías marinas en España	47
4.3. Breve recorrido histórico por las ciencias y tecnologías marinas en España	59
4.4. Interacción con los agentes sociales	83
5. Recursos para la investigación en ciencias y tecnologías marinas en España	87
5.1. Recursos humanos	89
5.2. Formación	91
5.3. Financiación	105
5.4. Flota oceanográfica	127

5.5. Grandes infraestructuras marinas	149
5.6. Redes de observación y predicción. Fuentes y bases de datos	163
6. Productos de la investigación en ciencias y tecnologías marinas en España	185
6.1. Producción científica española en ciencias y tecnologías marinas (1994-2004)	187
6.2. Empresas de ámbito marino con sectores I+D	219
6.3. Patentes	227
6.4. Divulgación de las ciencias y tecnologías marinas en España	231
7. Las ciencias y tecnologías marinas españolas en el contexto europeo e internacional	235
8. Distribución de género en las ciencias y tecnologías marinas españolas. El largo camino hacia la igualdad	263
9. Diagnóstico del estado de las ciencias y tecnologías marinas en España	275
9.1. Fortalezas	277
9.2. Debilidades y amenazas	279
9.3. Retos del siglo XXI	285
10. Recomendaciones	289

Agradecimientos

Xavier Bellés (coordinador del Área de Recursos Naturales del CSIC) y Uxío Labarta (CSIC) leyeron críticamente el documento completo, realizando valiosas aportaciones al mismo.

Los siguientes expertos han enriquecido con sus comentarios distintas secciones del documento: Enrique Álvarez Fanjul (Puertos del Estado), Luis Ansorena Pérez (CSIC), Pablo Carrera (Museo do Mar de Galicia), Arturo Castellón (CSIC), Jerónimo Corral (IEO), Fidel Echevarría (Universidad Cádiz), Marta Estrada Miyares (CSIC), Luís Fariña Busto (Universidad Vigo), Antonio Figueras Huerta (CSIC), Josep M. Gili (CSIC), Jerónimo Hernández (Secretaría General de Pesca Marítima del MAPA), Alicia Lavín Montero (IEO), Carlos Massó (IEO), Raúl Medina Santamaría (Universidad Cantabria), Pere Oliver (IEO), Gregorio Parrilla (IEO), Pilar Pereda (IEO), Juan Pérez Rubín (IEO), Francisco Saborido Rey (CSIC), Carmen Sarasquete (CSIC), Joaquín Tintoré Subirana (CSIC-Universidad Illes Balears).

Agradecemos a José L. Garrido (CSIC) las ideas aportadas, a María Sánchez Camacho (CSIC-Universidad Illes Balears) su ayuda en la adquisición de datos, a Carlos García Delgado (CDTI) por facilitar los datos de participación en el Programa Marco de la UE, a Emma Huertas (CSIC) por proporcionar la información sobre contratados por el programa Ramón y Cajal, a Vanesa Vieitez dos Santos (CSIC) por informatizar el catálogo de investigadores del IEO del año 1994 y a Silvia López Bens (DXID, Xunta de Galicia) por facilitar los datos estadísticos del Programa de Recursos Marinos de la Comunidad Autónoma de Galicia.

Sobre los autores

- Carlos M. Duarte, IMEDEA, CSIC-Universidad Illes Balears, coordinador del estudio, es profesor de Investigación del CSIC y miembro del Comité Científico Asesor de este organismo. Su investigación se centra en ecología marina y ciclos biogeoquímicos en el océano. En 2006 ha sido elegido presidente de la Asociación Americana de Limnología y Oceanografía.
- José Luis Acuña, Universidad de Oviedo, es profesor titular de Ecología en el Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, y vicedecano de la Facultad de Biología. Su interés se centra en la ecología trófica y evolutiva del plancton gelatinoso y la biología de las proliferaciones de fitoplancton.
- X. Antón Álvarez, IIM, CSIC, es investigador científico del CSIC y representante del organismo en el Marine Board de la European Science Foundation. Su investigación se centra en el estudio de los ciclos biogeoquímicos en ecosistemas marinos, con especial referencia al sistema de afloramiento costero de Galicia.
- Dolors Blasco, ICM, CSIC, es investigadora científica del CSIC y directora del ICM. Su investigación se centra en la ecología y fisiología del fitoplancton, en especial la dinámica a mesoscala en regiones costeras y sistemas de afloramiento.
- María Bordons, CINDOC, CSIC, es científica titular del CSIC y miembro de la Comisión de Área de Humanidades y Ciencias Sociales de este organismo. Su investigación se centra en los estudios cuantitativos de la ciencia y, en especial, en el uso de los indicadores bibliométricos para el estudio de la ciencia y la evaluación científica.
- Rodrigo Costas, CINDOC, CSIC, es becario predoctoral (I3P). Está realizando su tesis doctoral sobre el uso de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad investigadora del CSIC.
- Juan José Dañobeitia, UTM, CSIC, es profesor de investigación del CSIC, director de la UTM y miembro de la Comisión del Área de Recursos Naturales de este organismo. Su investigación se centra en geofísica marina en procesos en márgenes y cuencas oceánicas, además está impulsando la tecnología marina en el ámbito de los sensores marinos.

- Santiago Hernández, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, es catedrático de Universidad y decano de la Facultad de Ciencias del Mar. Su línea de investigación se centra en la oceanografía biológica.
- Íñigo J. Losada, Universidad de Cantabria, es catedrático de Ingeniería Hidráulica de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos. Su actividad investigadora y de desarrollo tecnológico se enmarca en el campo de la ingeniería oceanográfica y de costas.
- Beatriz Morales, IMEDEA, CSIC-Universidad Illes Balears, es profesora de Investigación del CSIC y gestora del Subprograma de Ciencias y Tecnologías Marinas del MEC. Su investigación se centra en la ecobiología de peces y en los efectos de la pesca sobre el ecosistema.
- Miguel Ángel Nombela, Universidad de Vigo, es profesor titular y decano de la Facultad de Ciencias del Mar. Es el investigador responsable del grupo XM1 de “Oceanografía Geológica y Biogeoquímica”. Su actividad investigadora se centra en procesos sedimentarios litorales y estratigrafía del Holoceno.
- Javier Ruiz Segura, ICMAN, CSIC, es investigador científico del CSIC y miembro de la Comisión del Área de Recursos Naturales de este organismo y miembro del equipo gestor del subprograma de Recursos Marinos del MEC. Su investigación se centra en conocer la respuesta del ecosistema pelágico ante forzamientos a diversas escalas espacio-temporales.
- Silvia Zanuy, IATS, CSIC, es profesora de investigación del CSIC, adjunta para el Área de Ganadería y Pesca de la ANEP. Su investigación se centra en acuicultura marina, específicamente en el estudio del proceso reproductor de los peces teleósteos.

1

Presentación



Puerto de Cabrera. (C. M. Duarte)

En un país como el nuestro, con más de 7.800 km de línea de costa y una historia, cultura y economía íntimamente vinculadas al océano, las ciencias y tecnologías marinas están llamadas a jugar un importante papel. La investigación marina cuenta con una gran tradición en nuestro país y un contingente de investigadores que, desde distintas instituciones, realizan una labor de investigación que destaca, por su calidad, entre las aportaciones científicas españolas.

La investigación en ciencias y tecnologías marinas es compleja ya que implica una comunidad científica interdisciplinar, incluyendo un núcleo de investigadores que hacen de la investigación marina el eje de su actividad científica, aunque con una importante presencia de investigadores cuya actividad se ubica en otras áreas, pero que realizan aportaciones puntuales a las ciencias y tecnologías marinas. La investigación marina requiere también de grandes plataformas de investigación, como son los buques oceanográficos, vehículos submarinos y vehículos autónomos de exploración, sensores instalados en satélites y estaciones de recepción, las estaciones de investigación costera, e instalaciones experimentales como canales de flujo y sistemas de grandes acuarios de ambiente controlado para la investigación con organismos.

Muchos son los desafíos que las ciencias y tecnologías marinas han de afrontar en el siglo XXI, como el papel del océano en la regulación del clima y los cambios climáticos que la actividad humana están forzando, la conservación y recuperación de los *stocks* pesqueros, diezmados durante el siglo XX, la exploración de la biodiversidad marina y desarrollo de las oportunidades biotecnológicas que ésta ofrece, la progresión del crecimiento de la acuicultura como una fuente emergente de alimento, el aprovechamiento de la enorme energía que el océano contiene, la comprensión y observación de los riesgos naturales asociados al océano, como tsunamis, y la gestión sostenible de la zona costera. Parafraseando a Isaac Newton, los desafíos son de tal magnitud que pareciese que la ciencia hasta ahora hubiese sido como un niño que juega en la orilla del mar y se divierte de tanto en tanto encontrando un guijarro más pulido o una concha más hermosa, mientras el inmenso océano de la verdad se extendía, inexplorado frente a nosotros.

Todos estos desafíos requieren de una comunidad científica capaz y dotada de suficientes medios económicos, humanos e infraestructuras. Parece pues oportuno pasar revista al



estado de nuestra comunidad científica marina a fin de destacar sus logros y progresión y evidenciar carencias que deberán ser atendidas. La visión de las ciencias y tecnologías marinas en España que aquí se presenta conforma un panorama alentador, pero contiene también algunas señales y avisos que nos deben de invitar a la reflexión, huyendo de la autocomplacencia, para relanzar, tendiendo puentes entre instituciones y grupos de investigación, la investigación marina al nivel de calidad y progresión que nuestro país necesita.

CARLOS MARTÍNEZ
*Presidente del Consejo Superior
de Investigaciones Científicas*

2

Introducción y objetivos



Playa de Ladeira en la ensenada de Baiona. (M. Nombela)

Las ciencias y tecnologías marinas son un ejemplo paradigmático del rápido progreso de la investigación científica en España a lo largo de las tres últimas décadas, pues han experimentado un notable progreso en recursos humanos y materiales y en su papel en el contexto internacional (Delgado *et al.*, 1999). Este progreso resultó de la concurrencia de un número de acciones importantes, entre ellas, el crecimiento de la inversión pública en I+D y de las universidades como principal actor en la I+D española, incluyendo cinco facultades que ofrecen currículos de Ciencias del Mar, así como de nuestra adhesión a la Unión Europea, incluyendo la participación en los Programas Marco de I+D y una importante ayuda financiera para la construcción de infraestructuras de investigación, incluyendo buques oceanográficos.

Las ciencias y tecnologías marinas se han beneficiado de forma importante de estos progresos, creciendo hasta convertirse en el sector de I+D con el mayor éxito en la participación en un programa temático (MAST, *Marine Science and Technology*) dentro de los programas marco de la UE (Duarte *et al.*, 1999).

El estado de la investigación marina en España se evaluó cuantitativamente en 1999 (Delgado *et al.*, 1999), en un ejercicio que arrojó un retrato muy optimista de las tendencias en ciencias y tecnologías marinas en España a finales del siglo XX. Sin embargo este ejercicio también advirtió de una serie de debilidades que requerían actuaciones inmediatas, como la carencia de masa crítica en los grupos de investigación, la ausencia de coordinación y liderazgo dentro de la comunidad científica en ciencias y tecnologías marinas de nuestro país y una tendencia hacia una reducción relativa en los recursos, infraestructuras y personal técnico, para lo que se recomendaban actuaciones urgentes (Delgado *et al.*, 1999).

Lejos de adoptar tales recomendaciones, un número de circunstancias adversas se concatenaron desde entonces para agravar los problemas. Estos factores incluyen (1) la desaparición del programa temático específico sobre ciencias marinas en el V Programa Marco de la UE, desaparición que continuó en el VI y que se prolongará en el VII; (2) la desaparición, por acto reflejo de lo acontecido en el Programa Marco, del programa temático en ciencias y tecnologías marinas del Plan Nacional de I+D; (3) el colapso en la disponibilidad de buques oceanográficos para ejecutar proyectos de investigación oceanográficos debido al estancamiento de la flota frente a una demanda creciente y la prolongada (1 año) baja, por

reparaciones de vida media, del buque de investigación oceanográfica *Hespérides*, que soportaba el peso de la investigación oceanográfica, y (4) el fracaso del Ministerio de Ciencia y Tecnología, creado en el año 2000, en la coordinación de la investigación entre ministerios, que la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología había ejercido en el pasado. Fracaso del que las estructuras actuales no se han recuperado a pesar de la desaparición del Ministerio de Ciencia y Tecnología en el año 2004.

Las consecuencias de esta secuencia de eventos negativos se pusieron abruptamente de manifiesto durante la catástrofe del petrolero *Prestige* en noviembre de 2002, en la que las comunidades científicas de los países vecinos (Francia y Portugal) demostraron estar mejor capacitadas, en infraestructuras y coordinación interna, para responder a emergencias y catástrofes que la comunidad científica española, y donde las disputas entre instituciones ofrecieron a la sociedad una imagen de discrepancias y falta de coordinación. La catástrofe del *Prestige* dejó en evidencia la rápida pérdida de capacidades de la comunidad científica española, como resultado de la fragmentación de la comunidad científica, disolución de grandes consorcios de investigación, pérdida de los marcos cooperativos existentes y la merma de acceso a grandes instalaciones, como buques oceanográficos. Aunque se implementaron algunas respuestas, tales como la Acción Estratégica de Investigación sobre Vertidos Tóxicos Marinos, del Plan Nacional de I+D, que pueden ayudar a afrontar posibles accidentes en el futuro, los problemas expuestos por la catástrofe del *Prestige* persisten y en gran medida han aumentado, generando una percepción de crisis y pesimismo entre los investigadores marinos españoles. Mientras que los diferentes actores en ciencias y tecnologías marinas en España son conscientes de esta situación, la fragmentación de esfuerzos, la falta de coordinación interna de la comunidad científica y la pérdida de visibilidad de las ciencias y tecnologías marinas en el sistema español de I+D, han impedido que se adopten medidas efectivas.

El objetivo de este documento es examinar y analizar, sobre la base de una compilación de indicadores objetivos, el estado actual de las ciencias y tecnologías marinas en España en relación a la situación reflejada en 1999 (Delgado *et al.*, 1999). No es ésta una tarea fácil, dada la carencia de datos objetivos en muchas áreas fundamentales y las dificultades, en muchos casos, de encontrar los datos existentes. Aún así, de los indicadores que se han compilado en este estudio emerge un diagnóstico sobre fortalezas y debilidades de las ciencias y tecnologías marinas españolas que ayuda a formular una serie de recomendaciones para afrontar las debilidades y apoyar las fortalezas de la investigación marina en España.

Referencias

- Delgado, M. J.; Duarte, C. M.; Tintoré, J. y Parrila, G. 1999. *El pulso de las Ciencias Marinas en España*. Dirección Gral. de Enseñanza Superior e Investigación Científica. Ministerio de Educación y Cultura. ISBN 84-00-07963-9. Madrid, 134 p.
- Duarte, C. M.; Delgado, M. J.; Tintoré, J. y Parrila, G. 1999. "El programa de Ciencias y Tecnologías Marinas (MAST III)". En: Delgado, M. J.; Duarte, C. M.; Tintoré, J. y Parrila, G. 1999 (eds.). *El pulso de las Ciencias Marinas en España*. Dirección Gral. de Enseñanza Superior e Investigación Científica. Ministerio de Educación y Cultura. ISBN 84-00-07963-9. Madrid, pp. 32-45.

3

Dimensión social del océano



Faro de Cap Ses Salines, Mallorca. (C.M. Duarte)

3.1. Océano y cultura



Más allá de las consideraciones económicas que frecuentemente se aducen para resaltar la importancia del océano para nuestra sociedad, su mayor relevancia reside en ser un elemento esencial de nuestra propia cultura.

Más aún, el océano es la cuna de nuestra cultura, pues las distintas civilizaciones que la han conformado han llegado habitualmente a través del mar. Nuestra propia especie también llegó a la Península Ibérica a través del mar, y remontándonos a nuestros orígenes se ha sugerido que la evolución del *Homo sapiens* se asocia al uso del hábitat costero y al alimento de origen marino, en forma de moluscos recogidos en hábitats similares a los bosques de manglar actuales (Morgan, 1997).

El agua, elemento vital para el hombre, fue determinante para el desarrollo de sus formas de vida. Así, los primeros grupos humanos se asentaron en las márgenes de ríos, lagos o del mar, a fin de asegurar su supervivencia. Este hombre primitivo halló en el mar una fuente de alimento, pescaba con arpón, con trampas y con redes a lo largo de las playas o recogía moluscos que eran abundantes, y no requería de más herramienta para abrirlos que una piedra. Al principio el mar representaba una barrera. Sin embargo, debido a que el transporte por tierra no era fácil, las montañas y los desiertos bloqueaban los caminos, y las tribus hostiles negaban el paso o exigían tributo a los viajeros, los hombres que vivían al lado del mar se percataron de que si eran capaces de construir una embarcación, el mar dejaba de ser un obstáculo para convertirse en una senda abierta y nexo de unión entre asentamientos humanos. Es por ello que, al revisar la evolución de las culturas que se establecieron cerca de algún cuerpo de agua navegable, se encuentra que construir embarcaciones era una inquietud innata y que las culturas que lograron avanzar en este arte florecieron y desarrollaron grandes civilizaciones. Así, en el Mediterráneo surgió una de las primeras grandes culturas en suelo europeo: la cultura cretense (2000 a.C. al 1425 a.C.), y en la isla de Creta se estableció un auténtico imperio marítimo, basado en la riqueza proporcionada por el comercio y en su poderío naval indiscutible en el Mediterráneo. La civilización griega clásica, y más tarde la romana, hunden sus raíces en esta civilización cretense, si bien es cierto que se nutre de muchos otros influjos procedentes de diversos pueblos (Micenas o Cícladas). No obstante, la conquista del mar abierto la consiguió el pueblo fenicio, que aprendió de los cretenses el arte

de navegar e implementó la técnica de construcción de barcos incorporando los métodos egipcios, e incluso organizaron la primera marina de guerra para proteger a sus buques mercantes en sus largos viajes. Así, los fenicios dominaron las rutas comerciales y establecieron colonias en los más diversos lugares, y desde el siglo XV al VIII a.C. fueron la única potencia marítima del Mediterráneo, que llegaba a las costas de toda la cuenca.

Es incontestable que nuestra especie mantiene una relación especial con el océano. Así, se sabe desde hace décadas que la contemplación y el sonido del mar genera bienestar y provoca la liberación de endorfinas en nuestro cerebro (e.g. Hyde 1924). No es sorprendente pues que optemos por pasar gran parte de nuestro tiempo libre a la orilla del océano, o que estemos dispuestos a desembolsar grandes sumas de dinero por contemplar el mar desde nuestras casas o los hoteles en los que nos alojamos temporalmente, y que la contemplación de acuarios marinos nos reporte tranquilidad. El océano es también una parte importante de nuestra gastronomía, que es una parte importante de nuestra cultura, estando la nuestra entre las sociedades que más alimento de origen marino, y más variado, consume per cápita. La importancia del océano como fuente de alimento se amplifica por los importantes beneficios de una dieta de origen marino en la salud humana, que repercuten en una mayor salud cardiovascular y reproductiva. Por este motivo, la Organización Mundial de la Salud recomienda tres comidas de productos marinos semanales.

Nuestra historia está también fuertemente asociada al océano, plataforma de los descubrimientos y exploraciones que lideró nuestro país, y escenario también de gran parte de las guerras que sostuvo por el control del comercio y mejora de nuestra situación geoestratégica. Nuestro lenguaje también refleja la importancia del mar en nuestra cultura, con gran cantidad de giros y refranes que hacen referencia al mar y un vocabulario marinero plagado de términos y voces que, en sí mismo, es un importante patrimonio cultural. El océano ha sido una fuente de inspiración para artistas a lo largo de la historia: pintores, escritores, poetas y músicos se han inspirado en el océano, y más recientemente, fotógrafos y directores de cine. Así, el oleaje, las caletas, puertos, fauna marina son tema emblemático de pinturas, grabados y otras expresiones plásticas, desde los mosaicos romanos hasta los pintores clásicos.



Playa de Es Caragol. (C. M. Duarte)

Referencias

- Morgan, E. (1997). "The Aquatic Ape Hypothesis", 1997, *Souvenir Press*.
Hyde, IM. (1924). "Effects of Music on Electrocardiograms and Blood Pressure", *Journal of Experimental Psychology*, 7: 213-214.

3.2. Servicios del océano a la sociedad

El océano no sólo es la parte más importante del planeta Tierra, hasta el punto de que lo diferencia del resto en aspecto y capacidad para mantener vida, sino que también regula el clima y la habitabilidad de las tierras emergidas. El intercambio de gases y calor entre el agua y la atmósfera amortigua las oscilaciones estacionales de la temperatura, determina el régimen de lluvias y atenúa el efecto invernadero.

Además de estos efectos a escala planetaria, que hacen posible la vida humana, los océanos proporcionan un conjunto muy diverso de ecosistemas y servicios. Uno muy obvio, por ejemplo, es posibilitar la comunicación. La humanidad ha navegado desde tiempos muy remotos y todavía depende del mar para el transporte de pasajeros y mercancías. Considerando la geografía, la historia y la globalización, la Unión Europea (UE) todavía es muy dependiente del transporte marítimo. Cerca del 90% del comercio exterior y más del 40% del interior se hace a través del mar, de manera que en total, cada año, se cargan y descargan casi dos billones de toneladas de mercancías en los puertos de la UE. Las compañías marítimas pertenecientes a nacionalidades de la UE controlan casi el 40% de la flota mundial y una gran parte del comercio de la UE se transporta por barcos controlados, de alguna manera, por la UE. Finalmente, el sector del transporte marítimo, también incluye la construcción de barcos, los puertos, la pesca y los servicios e industrias relacionados, que en la UE emplea a más de 3 millones de personas.

Otros recursos ligados al océano, son el petróleo y el gas que se extraen del fondo del mar, además de algunos minerales de alto valor. La flora y la fauna, consideradas como recursos renovables, proveen también de una riqueza de servicios que se pueden organizar en una escala temporal de uso, como las pesquerías, la acuicultura y la explotación de la biodiversidad para la biotecnología.

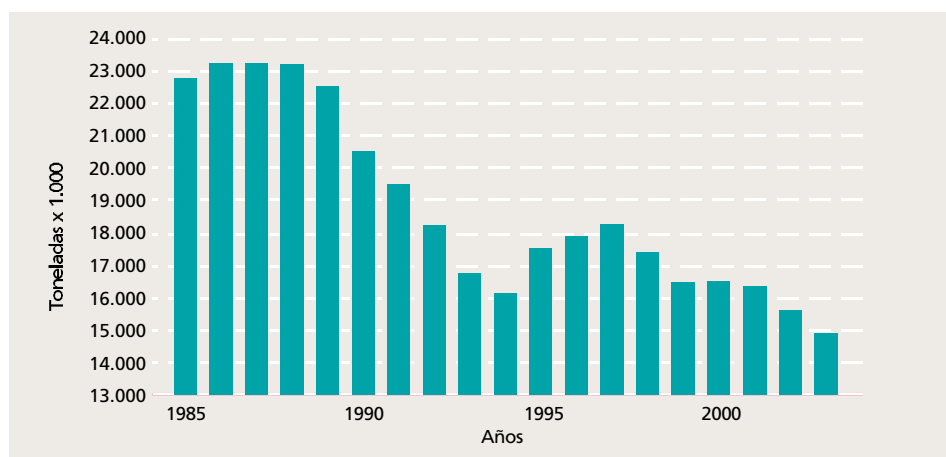
Los recursos marinos se han explotado desde tiempos muy antiguos; hay evidencias de pesca costera y recolección de moluscos de hace 6.000 años a.C. El rápido desarrollo tecnológico ha conducido a una explotación intensa de los mares, que a nivel mundial, produjo 93 millones de toneladas de peces, cefalópodos y moluscos en el 2003 (FAO; <http://www.fao.org/fi/default.asp>). Las descargas de la flota española, aunque más reducidas, representan una fuente muy importante de proteínas (figura 3.2.1.) y generan una tasa de

empleo alta en pesca e industrias relacionadas (por ejemplo, astilleros, equipamientos, tratamiento y proceso de alimento y mercado).

El cultivo en las aguas costeras es una actividad antigua. Existen citas que mencionan la existencia de estanques prehistóricos en Hawaii, y Aristóteles y Plinio aluden al cultivo de ostras en la antigua Grecia y Roma, respectivamente. El cultivo real de peces y mariscos empezó en el siglo XIX, aunque las bases de la acuicultura moderna se iniciaron en Japón en la década de 1930. Actualmente, la obtención de productos marinos a través de acuicultura representa el 31,7% de la producción acuática en el mundo. En España la acuicultura empezó en la década de 1940 con el cultivo de mejillones, que constituye el 91% de la producción española por acuicultura. El gran impulso del cultivo de peces empieza en la década de 1980. Desde entonces, gracias a los avances científicos y tecnológicos, el cultivo de peces (principalmente dorada, lubina, rodaballo y atún) se ha incrementado de forma espectacular y representa un 9% de los productos marinos obtenidos a través de la maricultura (figura 3.2.2.).

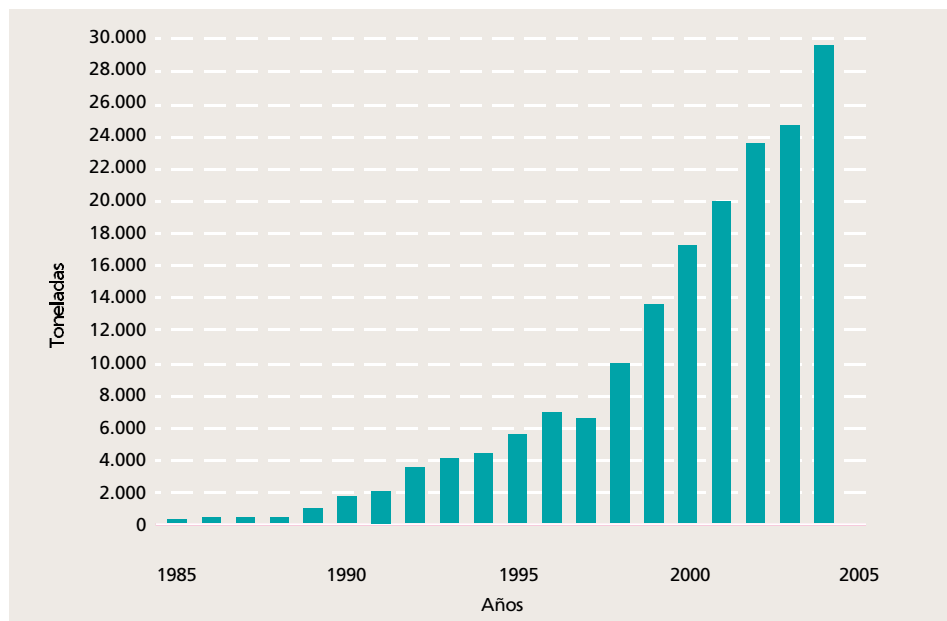
Más allá de la provisión de alimento, los ecosistemas marinos reportan una serie de importantes de servicios a la sociedad, como son la regulación de gases y eventualmente el clima. Destaca también el reciclado de contaminantes y vertidos, sorprendiendo, por ejemplo, la velocidad con la que los procesos naturales han conseguido reducir los restos derivados del accidente del *Prestige*. Los ecosistemas marinos, sobre todo la vegetación de marismas, manglares, praderas submarinas y arrecifes de coral, protegen las costas y disipan la energía del oleaje. La importancia de este servicio ha quedado patente en la acen- tuación de los daños del tsunami del 26 de diciembre de 2004 en el sureste Asiático por la desaparición de bosques de manglar y de los daños causados por el Huracán Kathrina en agosto de 2005 por la desaparición de marismas en el río Mississippi. Además, muchos de estos

Figura 3.2.1. Serie temporal de las descargas de la flota pesquera española desde 1985 hasta 2003



Fuente: Según FAO; <http://www.fao.org/fi/default.asp>.

Figura 3.2.2. Incremento de la producción de peces marinos por cultivo en los últimos veinte años



Fuente: Según FAO; <http://www.fao.org/fi/default.asp>.

ecosistemas costeros producen carbonatos que eventualmente forman depósitos y playas que constituyen un importante recurso para la sociedad.

En el océano existe una gran riqueza de biodiversidad como consecuencia de millones de años de historia. Todos los filums descritos actualmente excepto uno (Norse, 1993) están presentes en el océano, mientras que sólo la mitad se encuentran representados en la tierra. Por tanto, los organismos marinos presentan una diversidad filética mucho mayor que los terrestres (Ray, 1988). Las criaturas del océano tienen gran variedad de estrategias de supervivencia que no se encuentran en la tierra y puede que ostenten una diversidad funcional muy alta. Por tanto, es posible que el ambiente marino tenga no sólo una alta diversidad filética y todo el conocimiento científico básico que ello proporciona, sino que esta diversidad genética única puede ser una fuente de biofactorías y aplicaciones futuras. Se han desarrollado varios fármacos procedentes de organismos marinos que están en proceso de aplicación humana para ser usados como antivirales y en tratamientos para el cáncer, el VIH, la inmuno-depresión y los trasplantes. Existen hábitats extremos, como las chimeneas hidrotermales del océano, donde los microorganismos han desarrollado una maquinaria bioquímica capaz de funcionar a altas temperaturas, que se ha usado ya, con un aumento de eficiencia, en numerosas aplicaciones en biotecnología. La biodiversidad marina es una importante fuente de oportunidades en biotecnología y farmacia aún por explorar.

A medida que los recursos de agua dulce se van limitando, la atención mundial se dirige hacia los océanos y hacia los mares como un recurso inmediato de agua dulce. Los océanos y los mares representan el 97,4% de toda el agua de la tierra y este recurso está siendo desalinizado, a gran escala, para proveer de agua para uso doméstico (8%), requerimientos industriales (22%) y agricultura (70%) (Hashim y Hajjaj, 2005). En España, las primeras plantas de desalinización se instalaron en los años sesenta. Actualmente hay más de 700 plantas situadas en las Islas Canarias y en el área mediterránea, que producen más de 800.000 m³ de agua dulce al día, 47,1% procedente del agua del mar (fuente, Ministerio de Medio Ambiente). La energía requerida para este proceso y el impacto de la salmuera producida son los cuellos de botella de esta industria.

Finalmente, un uso importante del océano está relacionado con la utilización de la zona costera. La posibilidad de vivir en la proximidad del mar resulta sumamente atractiva, reflejándose en el aumento del coste de la vivienda hacia primera línea de mar, pero que conlleva el uso del territorio para residencias humanas, infraestructuras civiles y militares, y zonas de recreo. La percepción de un medio ambiente marino adecuado tiene un valor económico intrínseco y esto es especialmente cierto en un país como España, en el que una gran parte del PIB proviene del turismo y del desarrollo en áreas costeras.



Bañistas. (C. M. Duarte)

Referencias

- Hashim, A.; Hajjaj, M. (2005). "Impact of desalination plants fluid effluents on the integrity of seawater, with the Arabian Gulf in perspective". *Desalination* 182: 373-393.
- Norse, E. A.(1993). *Global marine biological diversity: A strategy for building conservation into decision making*. Island Press, Washington D.C. 383 pp.
- Ray, G. C. (1988). "Ecological diversity in coastal zones and oceans". In E.O. Willson (ed), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 36-50.

3.3. Riesgos en el océano



En general, asociamos el concepto de riesgo en el océano a todos aquellos eventos de origen natural o antrópico susceptibles de originar cambios importantes en el océano o muy especialmente en las zonas costeras. Estos cambios pueden producirse en los procesos físicos, geológicos, químicos y/o biológicos, así como socioeconómicos; afectar tanto a escalas espaciales microscópicas como macroscópicas, y actuar en escalas temporales muy diversas. El efecto de dichos riesgos depende de las características locales y regionales y, muy especialmente, de la capacidad del medio afectado para adecuarse a los cambios sin variar su estructura y funcionalidad (resiliencia).

Lamentablemente, la actividad del hombre ha modulado sustancialmente los riesgos dado que modifica, obstruye o fomenta los cambios naturales directa o indirectamente e induce de forma directa cambios debido a diferentes actividades en el océano o en la costa.

Los riesgos de origen natural en la costa más comunes son los derivados de ciclones tropicales (huracanes y tifones), la inundación por temporales, la erosión costera, los tsunamis, la penetración de cuñas salinas o el cambio climático. Sin embargo, existen muchos otros riesgos de origen antrópico, como el derrame de hidrocarburos, la contaminación, la construcción de barreras para el transporte de sedimentos, los dragados, la consolidación y ocupación de la costa, o la salinización o eutrofización de zonas costeras. Como ya se ha dicho anteriormente, algunos de los riesgos de origen natural pueden ser promovidos o fortalecidos por la actuación del hombre. Los riesgos pueden ser también biológicos, incluyendo especies invasoras, que causan daños al ecosistema y a los servicios que presta a la sociedad, especies tóxicas o agresivas que generan riesgos para la salud, y especies que dañan los materiales, que causan deterioro de los mismos y riesgo de fallos en las estructuras que estos materiales soportan.

En general, tendemos a asociar el concepto de riesgo en el océano con la probabilidad de que suceda una catástrofe de origen natural o antrópico. Sin embargo, la probabilidad o frecuencia de que ocurra dicha catástrofe sólo es uno de los elementos que es necesario tener en cuenta a la hora de realizar una correcta evaluación del riesgo.

En este sentido, podríamos pensar que, por ejemplo, el riesgo de catástrofe debido a tsunamis en el litoral español, generalmente llamado peligrosidad, es muy pequeño, dado que

prácticamente no tenemos datos históricos de este tipo de eventos en nuestras latitudes. Sin embargo, la correcta evaluación del riesgo implica tener en cuenta no sólo la probabilidad de ocurrencia o frecuencia. Es necesario añadir: la intensidad o magnitud del tsunami en la costa, la vulnerabilidad de la zona expuesta y finalmente el valor económico y social de la zona potencialmente afectada. Muchas veces la peligrosidad y la magnitud van unidas, y el valor económico y social se integra en el concepto de vulnerabilidad, pero lo que hay que tener en cuenta es que el concepto de riesgo resulta de la integración de estos diferentes elementos. Este tipo de análisis es extensible a cualquier otro de los riesgos anteriormente citados.



Bioremediación del *Prestige* en la Isla de Salvora. (J. Miron)

3.3.1. Riesgos de inundación de la costa

Las excepcionales condiciones del litoral para el desarrollo de múltiples actividades humanas han propiciado una continua migración de habitantes, industrias y servicios a las zonas costeras. Los motivos de dicha migración han evolucionado en el tiempo, siendo históricamente el comercio, la actividad portuaria y los asentamientos agrícolas en los fértiles deltas y llanuras aluviales las causas de dicha migración, mientras que en la actualidad lo son el turismo asociado al ocio y el disfrute del litoral.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), cerca de un 50% de la población mundial vive en la zona costera. Sólo en Europa, más de 70 millones de habitantes residen en municipios costeros, siendo el valor total de los bienes situados en una banda de 500 metros de la costa europea, incluidas las viviendas, terrenos agrícolas y las instalaciones industriales, cercano al billón de euros (Proyecto Eurosión: <http://www.eurosion.org>).

Todos estos habitantes y bienes materiales se encuentran amenazados por la inundación costera debida a la dinámica marina. Según las predicciones del IPCC, el riesgo de inundación aumenta cada año para infraestructuras urbanas, turísticas e industriales, tierras de cultivo, áreas de recreo y habitats naturales. Dicho Panel Intergubernamental estima que el número anual de víctimas debido a la inundación costera alcanzará las 158.000 en 2020, y que más de la mitad de los humedales desaparecerán como consecuencia de dicha inundación.

El coste económico de las acciones de mitigación de los efectos frente a la inundación costera, íntimamente relacionados con la erosión litoral, va en aumento. De acuerdo con los

resultados del Proyecto Eurosión, en 2001 los fondos dedicados a la protección de las costas en Europa ascendió a 3.200 millones de euros, un 30% más que en 1986. Es importante señalar que dicho coste solo refleja las inversiones realizadas para proteger los bienes expuestos a un riesgo inminente, pero no los costes inducidos en las actividades humanas. Según estudios previos del IPCC dichos gastos representan una media anual de unos 5.400 millones de euros.

3.3.2. Causas de la inundación costera

Los riesgos asociados a la inundación costera tienen su origen fundamentalmente en: ciclones tropicales (huracanes y tifones), tsunamis, temporales (oleaje, marea astronómica y meteorológica) y el cambio climático (variación del nivel del mar, oleaje y marea meteorológica). Aunque su origen, escala temporal y espacial de actuación varían, sus efectos son, con mayor o menor intensidad, conducentes a una inundación de la zona costera.

Ciclones tropicales

Los huracanes y tifones son, en muchas costas del mundo, la causa fundamental de riesgos asociados al océano. Las costas del Golfo de México, Caribe, este de Estados Unidos y muchas otras se ven afectadas anualmente por huracanes de diferente intensidad. Análogamente, las costas japonesas se ven sometidas con frecuencia al azote de tifones que generan grandes problemas de inundaciones. Indudablemente, Katrina, un huracán con rachas de hasta 250 km/h es uno de los ejemplos más claros de este tipo de riesgo. En este caso, además de una alta peligrosidad y debido a la localización de la zona afectada en la trayectoria habitual de huracanes, hay que añadir una alta intensidad, que llevó a que el huracán alcanzara la costa con magnitud 4. Si además tenemos en cuenta la altísima vulnerabilidad de la zona afectada (terreno por debajo del nivel del mar, altísima ocupación, grandes infraestructuras e industrias y elevadísima superficie de humedales), el resultado final lleva a unos índices de riesgo que sólo pueden tener como resultado la catástrofe vivida.

En España no estamos, por el momento, en la trayectoria de huracanes o ciclones. Sin embargo, recientemente hemos podido observar las importantes consecuencias que la tormenta tropical Delta ha tenido sobre el archipiélago canario, dejando a 200.000 personas sin luz, y causando cuantiosos daños materiales y económicos en los núcleos urbanos y en la agricultura. Parece que en los últimos años, la peligrosidad debida a este tipo de eventos ha aumentado, lo que implica un aumento del riesgo.

Tsunamis

El fenómeno que conocemos como tsunami es un conjunto de olas de longitud de onda extremadamente grande y largo periodo, cuyo origen es cualquier tipo de perturbación que se produzca en el océano. A diferencia de las olas que estamos acostumbrados a ver en la

playa generadas por el viento, con periodos de hasta 30 segundos y longitudes de onda de centenares de metros, los tsunamis tienen periodos entre 10 minutos y 2 horas y longitudes de onda de centenares de kilómetros. Estas ondas tan largas tienen además como característica fundamental su capacidad de hacer penetrar el movimiento prácticamente en toda la columna de agua.

El mecanismo más frecuente de generación de tsunamis es un terremoto, ya tenga su origen en el fondo marino o en la costa. Sin embargo, puede haber otros mecanismos de generación, como deslizamientos submarinos o en zonas costeras, erupciones volcánicas, explosiones nucleares o cualquier otra circunstancia, como la caída de un meteorito o asteroide que pueda producir el desplazamiento de un gran volumen de agua en un intervalo muy corto de tiempo.

Otra característica muy importante a tener en cuenta es la grandísima velocidad de desplazamiento que logran alcanzar, lo que condiciona enormemente cualquier sistema de alerta frente a tsunamis. Su velocidad de propagación o celeridad, (C), depende únicamente de la aceleración de la gravedad (g) y de la profundidad (h), tal que $C = (gh)^{1/2}$, por lo que, por ejemplo, a 5.000 metros de profundidad alcanzan velocidades de hasta 800 km/h. Esto explica que el reciente tsunami de Asia, cruzara el océano Índico desde Indonesia hasta Somalia en aproximadamente siete horas.

Aunque en España la peligrosidad de tsunami no es elevada, existen amplias zonas del litoral donde, sin embargo, la magnitud del tsunami en la costa, la vulnerabilidad o el valor socio-económico hacen que el riesgo sea muy elevado. En 1996, el Instituto Geográfico Nacional cuantificó de forma conjunta la vulnerabilidad y el valor económico y social asociado a un tsunami equivalente al que se produjo en Lisboa en 1755 que afectó a las costas de Huelva, por entonces prácticamente despobladas. El resultado del estudio valoró las pérdidas en la industria en 2.000 millones de euros, en el comercio en 85 millones y en daños a vehículos a motor en 5 millones. Además, se cuantificó que la población afectada sería de 113.000 personas, 35.000 viviendas afectadas y el área inundada total de 23.000 hectáreas, de las cuales 427 corresponden a áreas de comercio e industria, 147 a la Autoridad Portuaria de Huelva y 7.000 a áreas de alto valor ecológico. Si tenemos en cuenta el inmenso desarrollo turístico que ha tenido lugar durante esta última década en las zonas bajas de Huelva, es evidente que el riesgo hoy en día sería todavía mayor.

Pero, ¿cuál es el origen de la peligrosidad de tsunamis en nuestro litoral? Indudablemente la institución que ha hecho una más amplia labor en el establecimiento de la peligrosidad de tsunamis en la costa española ha sido el Instituto Geográfico Nacional (IGN). De su trabajo se deriva que existen dos áreas tsunamigénicas fundamentales.

La primera está localizada en la zona atlántica, más concretamente en la fractura Azores-Gibraltar en dirección a la Península Ibérica, en especial la parte suroeste del cabo San Vicente. Asimismo, en la zona suroeste de la interacción entre las placas Nubia y Eurasia. La más destacable es la zona localizada al norte del banco de Gorridge, origen del tsunami de Lisboa.

En estas zonas se han generado grandes terremotos que, aunque han originado tsunamis con relativa baja frecuencia, cuando lo han hecho han tenido consecuencias desastrosas.

El IGN ha elaborado un importante catálogo recopilando tsunamis históricos desde el año 40 a.C. y en él se registran, entre otros, grandes tsunamis en los años 1531, 1722 y el famoso tsunami de Lisboa de 1755.

Cualquiera de los tsunamis generados en estas áreas afectará fundamentalmente a la costa sur occidental española. Respecto a la frecuencia de ocurrencia, el IGN ha hecho una evaluación aproximada, concluyendo que en el área atlántica se producen unos ocho tsunamis cada 450 años.

La segunda zona de peligrosidad se localiza en la cuenca mediterránea. Más concretamente en el norte de África, donde existe un área de elevada actividad que puede dar lugar a tsunamis de origen cercano que afectan a las costas de Levante e Islas Baleares y una segunda zona, en el Mar de Alborán de moderada actividad pero con potencial impacto en las mismas zonas de nuestro litoral. Frente a una mayor probabilidad de ocurrencia con respecto a los tsunamis de origen lejano detectados en el Atlántico, los tsunamis del Mediterráneo español son de intensidad mucha más baja. El más reciente tuvo lugar en mayo de 2003 (fig. 3.3.2.), cuando un tsunami generado en Argelia afectó a varios puertos de la costa balear, produciendo el hundimiento de varias embarcaciones y el cese de la actividad portuaria. La frecuencia de ocurrencia de tsunamis en la costa mediterránea es mayor que en la atlántica. En este caso, el IGN ha estimado que la frecuencia media de ocurrencia en esta zona es de aproximadamente un tsunami cada 25 años.

Figura 3.3.1. Localización de las fallas tsunamigénicas más importantes en el litoral mediterráneo



Terremotos y peligrosidad de tsunamis en España (2001), Instituto Geográfico Nacional, CD, ISBN 84-7819-094-5.

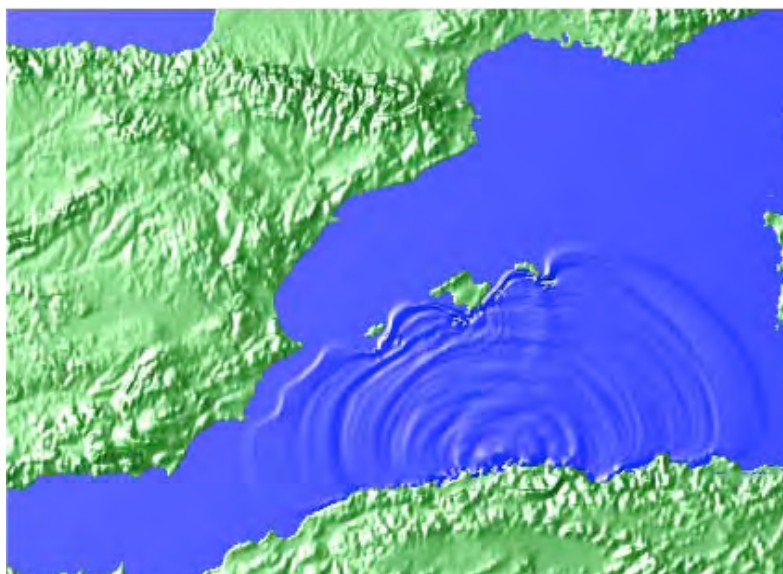
Finalmente, es necesario hacer constar que existen otras fuentes de generación de tsunamis asociadas a deslizamientos costeros causados por los propios terremotos, como es el caso de las costas Argelinas o a grandes deslizamientos submarinos. Son conocidas las hipótesis aparecidas recientemente en la prensa sobre posibles mega-tsunamis generados por grandes deslizamientos submarinos en el Atlántico o por el deslizamiento de laderas de volcanes en las Islas

Canarias, producto de potenciales erupciones volcánicas. Aunque existe una peligrosidad potencial asociada, las especiales circunstancias que deben confluír para que se produzca este tipo de evento geológico, ha llevado al IGN a no considerar los mismos dentro de una evaluación sistemática del riesgo de tsunamis en nuestro litoral.

Finalmente, es necesario decir que la magnitud o intensidad del tsunami en la costa depende fundamentalmente del resultado de la propagación del tsunami. Así, durante el tsunami de Indonesia, en un mismo tramo de la costa de Sri Lanka de unos 200 km de longitud se evaluaron alturas de olas del tsunami desde 4 a 11 metros, producto de la focalización de la energía en algunos puntos con respecto a otros cercanos.

La intensidad del tsunami en la costa prácticamente sólo puede ser determinada mediante simulación numérica. Hoy en día los modelos numéricos de última generación incluyen el proceso de generación a partir de sismos o deslizamientos, la propagación del tsunami en el océano, introduciendo todos los fenómenos de transformación asociados y principalmente el efecto de la batimetría, y finalmente la interacción del tsunami con la morfología costera. Los modelos son muy útiles tanto para realizar estudios de retro-análisis en los que se puede hacer un estudio forense del proceso de generación, propagación y de los efectos del tsunami en una zona concreta del litoral, mediante la comparación con registros instrumentales, como mareógrafos u otro tipo de observaciones. Por ejemplo, los modelos son muy importantes para definir con precisión la fuente y mecanismos focales en la zona de generación de eventos históricos de los que sólo disponemos de información sobre los efectos.

Figura 3.3.2. Simulación numérica de la propagación del tsunami de Argelia (mayo de 2003)



Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, Universidad de Cantabria.

Temporales (oleaje, marea astronómica y meteorológica)

El nivel del mar sufre continuas variaciones en respuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos, marinos, tectónicos y planetarios, siendo habitual clasificar dichas oscilaciones por la escala temporal de la oscilación. Al margen de los tsunamis, tratados anteriormente, las oscilaciones más relevantes en términos de inundación costera son el oleaje, las ondas infragravitatorias, la marea meteorológica, la marea astronómica y la variación del nivel del mar de largo periodo.

El oleaje es, sin lugar a dudas, la oscilación del mar más comúnmente conocida y también la más relevante en términos de erosión litoral e inundación costera. El oleaje, generado por la acción del viento sobre la superficie del mar, es una oscilación del nivel del mar con periodos entre 3-30 segundos cuya magnitud, en un periodo de retorno de 50 años, supera los 9 metros de altura de ola significativa en las costas atlánticas españolas y los 6 metros en las costas mediterráneas.

La marea meteorológica es una oscilación del nivel del mar debida a la acción conjunta de la presión atmosférica y al arrastre del viento, y su periodo puede ser desde varios minutos a días. Las bajas presiones atmosféricas asociadas al paso de las borrascas generan un ascenso del nivel del mar asociado a la depresión barométrica de la misma. Las grandes borrascas extra-tropicales que afectan al litoral español generan, de modo habitual, sobre-elevaciones del orden de 30-40 cm y pueden llegar a generar sobre-elevaciones del orden de un metro. El viento, por su capacidad de arrastrar agua, es otro factor que puede dar lugar a la sobre elevación del nivel del mar en la costa. Para que la acción del viento genere una elevación del nivel del mar de entidad es necesario que la magnitud del viento sea importante, por encima de los 20 m/s, y, fundamentalmente, que se den determinadas condiciones de geometría de la costa y de poco calado. En España, y particularmente en el Mediterráneo, se producen eventos de marea meteorológica importantes, con la consiguiente inundación costera.

La marea astronómica es una oscilación del nivel del mar de carácter determinista, producida por la atracción gravitatoria de la Luna y el Sol sobre las aguas marinas, cuyo periodo de oscilación varía entre las 12 horas y los 19 años. La magnitud de la misma a lo largo del litoral español es muy variable con un máximo de carrera de marea en Santander, donde se superan los 5 metros, y un mínimo en Gerona donde apenas si se alcanzan los 40 cm en las mareas vivas equinocciales. Contrariamente a lo que pudiera parecer, la marea astronómica juega un papel de “laminación” de los eventos extraordinarios de inundación costera puesto que la coincidencia de un evento de oleaje y marea meteorológica extremos coincidiendo con una marea viva equinoccial tiene un periodo de ocurrencia mayor. Lo habitual es que dichos eventos extremos sucedan con mareas medias y, por tanto, se atenúen los efectos de la sobre-elevación meteorológica.

De todo lo anterior se deduce que la inundación costera, en este caso, es un fenómeno aleatorio fruto de la combinación de diferentes procesos de la dinámica marina. De una manera simplificada, el fenómeno de la inundación costera puede ser representado mediante los siguientes componentes. En un instante determinado, un punto del litoral

está caracterizado por un nivel de marea (NM) compuesto por la marea astronómica y la marea meteorológica (MA+MM) y una batimetría. Sobre dicho nivel de marea se encuentra el oleaje que, en función de sus características y de la batimetría de la playa, se propaga hacia la costa. Al alcanzar la costa, el oleaje rompe (en la playa, dique de escollera, paseo marítimo...) produciéndose un movimiento de ascenso de la masa de agua a lo largo del perfil de la costa denominado *run-up* (RU). Todos estos factores están relacionados entre sí. Además de la interacción entre los elementos (oleaje-batimetría-nivel de marea-ascenso), el fenómeno de la inundación presenta la complicación añadida de que algunos de los factores (oleaje, viento...) son variables aleatorias y, por tanto, su presentación está sujeta a una determinada probabilidad.

Por consiguiente, la determinación de la cota de inundación es un problema estocástico de extremos. Una de las consecuencias de que sea un problema estocástico, es que no existe un "límite determinista al que llegan las olas durante el peor temporal", sino que cada nivel tendrá "una probabilidad de ser sobrepasado en un temporal determinado".

Debido a la importancia que tiene el conocimiento de la inundación del litoral, en 1999 la Dirección General de Costas, adelantándose a lo que hoy en día es la propuesta de directiva del parlamento europeo y del consejo relativa a la evaluación y gestión de las inundaciones (SEC 2006-66) que establece la necesidad de que los países miembros realicen una evaluación preliminar del riesgo de inundación en sus costas, consideró necesario disponer de una herramienta que predijera, desde una óptica estadística, el nivel de marea (marea astronómica + marea meteorológica) y la cota de inundación en playas (nivel de marea + *run-up*).

El método estadístico utilizado se basó en una simulación temporal de las variables que intervienen en el proceso de inundación. Dicho método tiene la ventaja de que se modelan temporalmente los procesos físicos tal y como ocurren en la naturaleza. Las funciones de distribución de las variables aleatorias, la correlación entre las mismas y su distribución temporal se obtuvieron a partir de datos instrumentales disponibles en la Península (datos de RED-MAR y de REMRO de Puertos del Estado y datos del Instituto Español de Oceanografía).

Cambio climático

En general, se viene asumiendo que el riesgo de inundación por efecto del cambio climático está única y exclusivamente asociado a la sobre-elevación del nivel medio del mar. Sin embargo, una vez vistos los diferentes elementos que pueden contribuir a la inundación de la costa, es evidente que cualquier variación inducida por efecto del cambio climático sobre las características del oleaje o la marea meteorológica, darán lugar a aumentos potenciales del riesgo de inundación.

Recientemente la Oficina Española de Cambio Climático (Ministerio de Medio Ambiente) ha llevado a cabo un conjunto de trabajos destinados a evaluar los impactos en la costa por efecto del cambio climático. En dicho trabajo, y con base en los datos medidos en los diferentes bancos de datos oceanográficos y atmosféricos existentes en España, se analizaron las tendencias de las diferentes causas que dan lugar a la inundación costera.

En relación con dichos resultados se pueden extraer las siguientes conclusiones que se describen a continuación:

A nivel global se puede estimar que la tendencia actual de variación del nivel medio del mar en el litoral español es de 2,5 mm/año, por lo que extrapolando al año 2050, se tendría un ascenso del nivel medio de +0,125 m. Esta información ha sido complementada con los modelos globales contemplados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en su tercer informe, que establecen una variación del nivel del mar comprendida entre 9 y 88 cm en el intervalo correspondiente a 1990-2100. En el trabajo realizado por la Oficina Española de Cambio Climático, el valor medio de los escenarios presentados oscila en el entorno de +0,15 m, con una banda de confianza entre +0,1 m y +0,25 m. Con relación a estos resultados, se asume en el año horizonte 2050 un ascenso del nivel del mar de +0,2 m en el litoral español.

En la costa cantábrica se observa un aumento de la energía del oleaje que llega a la misma. Este aumento es mayor para la rama alta de régimen medio, sin embargo, la magnitud del incremento es menor para los sucesos más extremos. La dirección predominante del oleaje tiende a ser del oeste, con mayor intensidad en la costa occidental. Las tendencias que se obtienen para las variables de viento y marea meteorológica, tanto de régimen medio como extremal, son negativas (reducción), exceptuando el viento extremal en la costa oeste de Asturias, donde se produce un incremento. Aún así, estas últimas variaciones son mínimas.

En la costa gallega se observa una zonación importante en la magnitud de las variables de estudio y sus tendencias marcadas por el cabo Finisterre, lo que genera un clima marítimo más suave en las Rías Bajas. La energía del oleaje tiende a aumentar, especialmente para los eventos extremos, entre Estaca de Bares y Finisterre.

En la costa mediterránea no se aprecian cambios relevantes en la magnitud de la energía del oleaje, aunque sí destacables peculiaridades en Cabo de la Nao, debidas a su situación geográfica, y en la Costa Brava, dada su cercanía al Golfo de León. Las duraciones de existencia de altura de ola estimadas tienden a aumentar ligeramente a lo largo de la costa, lo que implica un aumento en la duración de las inundaciones costeras.

En la Costa Brava, donde se detectan tendencias con un comportamiento similar al noreste balear, se observa una disminución energética del oleaje medio. Respecto a la dirección predominante del oleaje, se han producido variaciones en las Islas Baleares y en la Costa Brava se ha detectado una tendencia de giro horario en los oleajes, de forma que la dirección predominante tiende a ser más oriental.

El régimen medio del viento y marea meteorológica presenta una tendencia negativa (reducción), pero de muy pequeña escala.

El Golfo de Cádiz presenta una tendencia negativa muy clara en energía del oleaje para todas las variables de oleaje estudiadas, lo que confirma la tendencia a un clima marítimo más suave.

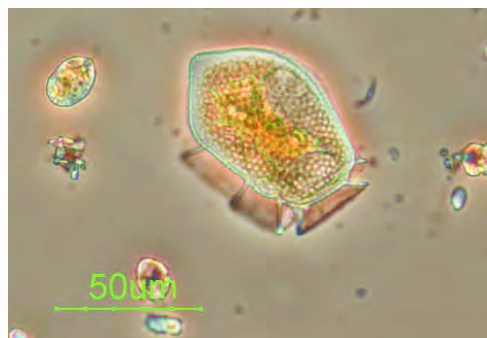
En Canarias, se detecta una zonación norte-sur clara en la tendencia de cambio de los temporales. Este hecho se explica dada la distinta naturaleza de generación de oleaje en el

norte (oleajes generados en el Atlántico Norte con un fetch de generación muy extenso), respecto al sur (oleajes generados en un área más próxima al archipiélago).

Los resultados de variación a largo plazo indican que se ha producido un incremento de los temporales en el norte y una tendencia a la disminución energética y giro horario de las direcciones del oleaje en el sur.

3.3.3. Riesgos biológicos

Los riesgos asociados al océano no son solamente de tipo geofísico, sino que incluyen riesgos asociados a los organismos. Así, por ejemplo, las especies invasoras, introducidas accidentalmente por el hombre, pueden causar graves daños al ecosistema e importantes pérdidas económicas. Un ejemplo de estos riesgos fue la introducción de una pequeña medusa, el ctenóforo *Mnemiopsis leidyi* (originaria de las costas americanas), en el Mar Negro, que colapsó las redes de los pescadores y además depredó a las larvas de los peces, causando una drástica caída de las capturas pesqueras en este mar. El cambio climático aumenta la vulnerabilidad de nuestras cosas frente a estos eventos, ya que está aumentando la incidencia de episodios de invasión por organismos de origen tropical. Estos cambios, junto con la acción del hombre, han llevado hasta nuestras costas mediterráneas a las algas tropicales *Caulerpa taxifolia*, introducida accidentalmente en el Mediterráneo, y *Caulerpa racemosa*, que ha colonizado el Mediterráneo desde el Índico a través del Canal de Suez, y que, puntualmente, han causado daños en los ecosistemas. Las especies tóxicas también interfieren con el uso del océano e implican riesgos para la salud humana. Estos riesgos incluyen la intoxicación tras la ingestión de alimentos marinos derivados de las proliferaciones de dinoflagelados tóxicos que forman las mareas rojas, que obligan a poner en cuarentena pesquerías y explotaciones de moluscos bivalvos. Son también tóxicas algunas medusas que interfieren, con su presencia, con el uso recreativo de la zona costera y cuya prevalencia parece estar aumentando en todas las costas del planeta debido al efecto combinado del calentamiento global y la sobrepesca, que ha eliminado predadores y competidores de las medusas. En estuarios de la costa este de EE.UU. de América, las proliferaciones de un protozoo, *Phisteria*, han causado episodios de mortalidad de peces y episodios de daños neurológicos a humanos (como pérdidas severas de memoria), daños que se pueden vehicular a través de la atmósfera, ya que *Phisteria* emite toxinas volátiles. La carga de parásitos que pueden llevar los peces también genera riesgos para la salud, derivados principalmente de reacciones



Dinophysis acuta. (F. G. Figueiras)

alérgicas, particularmente cuando se ingiere pescado crudo, como cebiches o sushi. El océano contiene también organismos agresivos que pueden causar daños e incluso la muerte al hombre. Entre éstos destacan los tiburones, particularmente el tiburón blanco y el tiburón tigre, responsables de una gran parte de las muertes y ataques causadas por organismos marinos. En los primeros cinco meses de 2006 se han registrado 17 ataques de tiburones a humanos (www.sharkattackfile.com). Finalmente, muchos organismos marinos son incrustantes y perforadores y dañan los materiales y estructuras sobre los que se asientan. Particularmente importantes son los daños sobre cascos de embarcaciones, que requieren su limpieza periódica, y que han llegado a causar el hundimiento de embarcaciones.

3.3.4. La respuesta de las ciencias y tecnologías marinas ante los riesgos en el océano

La respuesta de las ciencias y tecnologías marinas ante los riesgos en el océano debe centrarse en detectar, cuantificar y predecir los riesgos y en apoyar la definición de estrategias de actuación.

La detección y cuantificación de los riesgos se fundamenta en un profundo conocimiento de los procesos involucrados en todas las disciplinas, escalas espaciales y temporales, lo que a su vez requiere una gran capacidad de observar el océano.

La predicción solamente es posible a partir de la construcción de modelos conceptuales y modelos numéricos que permitan dotarnos de la capacidad de ofrecer una respuesta en el tiempo requerido para poder poner en marcha estrategias de actuación. En este sentido, el desarrollo e implementación de sistemas operacionales es absolutamente necesario.

Finalmente, es necesario transferir el conocimiento y la tecnología a aquellos que tienen que definir las estrategias de actuación, lo que requiere un compromiso importante por parte de los investigadores en ciencias y tecnologías marinas.

4

Papel y estructura de la
investigación en ciencias y
tecnologías marinas en España



Espectrómetro de masa. (M. E. Garci)

4.1. Función de las ciencias y tecnologías marinas

Las ciencias y tecnologías marinas no constituyen un cuerpo homogéneo de conocimiento. Al contrario, están integradas por un amplio espectro de disciplinas que concurren a fin de comprender mejor el funcionamiento del océano y la vida que contiene, su papel en el funcionamiento del sistema Tierra, su interacción con otros componentes (criosfera, atmósfera, corteza terrestre y tierras emergidas) de este sistema y con la sociedad como agente que transforma y explota el océano. Las ciencias y tecnologías marinas trascienden el ámbito de la Oceanografía,



Trampa de sedimentación. (M. Nombela)

como ciencia específicamente marina, para recabar el concurso de un gran número de disciplinas. Así, por ejemplo, los investigadores marinos españoles publicaron artículos científicos clasificados en 130 de las 240 disciplinas en las que el *Institute for Scientific Information* cataloga todo el conocimiento científico (tabla 4.1.1.). No es pues exagerado afirmar que en las ciencias y tecnologías marinas concurren la mitad de todas las disciplinas en las que se cataloga el conocimiento humano.

Las ciencias y tecnologías marinas son, por tanto, esencialmente multidisciplinarias (i.e., en cuya elaboración concurren muchas disciplinas), donde la investigación interdisciplinar (i.e., que se desarrolla a caballo entre varias disciplinas) juega un papel creciente y la investigación transdisciplinar (i.e. que aborda los problemas a partir de propuestas que trascienden el ámbito de una disciplina cualquiera) tendrá, sin duda, un papel clave en el futuro.

Además de ampliar el marco de nuestro conocimiento, las ciencias y tecnologías marinas contribuyen a resolver importantes problemas a la sociedad, que se relaciona con el océano de múltiples formas y que requiere del conocimiento aportado por aquellas para guiar esa relación de forma sostenible. Dada la notable importancia del océano como fuente de bienes y servicios, así como riesgos, para nuestra sociedad, la investigación marina ha jugado y está llamada a continuar jugando un papel destacado en el sistema español de I+D.

Tabla 4.1.1. Relación del número de documentos en distintas disciplinas publicados por investigadores españoles en el ámbito de las ciencias y tecnologías marinas entre 1994 y 2004, extraídos del *Institute for Scientific Information* (ver sección 6.1.)

Disciplina	Número de publicaciones	Disciplina	Número de publicaciones
Biología Marina y de Agua Dulce	2.817	Conservación de la Biodiversidad	79
Oceanografía	879	Inmunología	78
Ecología	751	Neurociencias	76
Pesquerías	726	Agricultura	72
Ciencias Ambientales	589	Ingeniería Civil	72
Geociencias	436	Química Orgánica	68
Ciencias Vegetales	355	Metabolismo y Endocrinología	61
Biotechnología y Microbiología Aplicada	306	Química Interdisciplinar	59
Zoología	299	Biología Evolutiva	52
Química Analítica	298	Espectroscopía	51
Bioquímica y Biología Molecular	280	Oncología	50
Ciencias y Tecnologías de los Alimentos	249	Biología	49
Microbiología	228	Ciencia Interdisciplinar	49
Toxicología	206	Parasitología	49
Geoquímica y Geofísica	157	Farmacia	41
Genética	134	Anatomía y Morfología	37
Ciencias Veterinarias	130	Biofísica	36
Química Aplicada	129	Teledetección	36
Geografía Física	129	Ingeniería Química	33
Recursos Acuáticos	129	Biología del Desarrollo	31
Biología Celular	126	Nutrición y Dietética	31
Métodos Bioquímicos	124	Ciencias del Comportamiento	25
Paleontología	121	Química Médica	24
Limnología	117	Ciencia y Tecnología Nuclear	24
Ciencias Meteorológicas y Atmosféricas	114	Patología	24
Fisiología	110	Química Inorgánica	23
Geología	92	Ingeniería Agrícola	22
Ingeniería Ambiental	91	Estudios Ambientales	22
Ingeniería Marina	80	Ciencias de la Imagen	22
		Energía y Combustibles	20

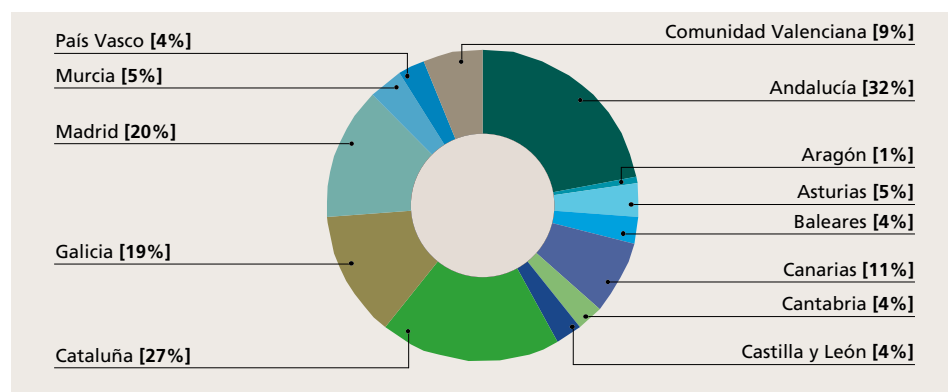
Disciplina	Número de publicaciones	Disciplina	Número de publicaciones
Relaciones Internacionales	18	Matemática Interdisciplinar	3
Salud Ambiental	18	Medicina Experimental	3
Electrónica	17	Alergología	2
Silvicultura	16	Química-Física	2
Biología Reproductiva	15	Enfermedades Infecciosas	2
Ornitología	14	Matemáticas	2
Virología	13	Oftalmología	2
Mineralogía	12	Desarrollo y Planificación	2
Ciencias Animales	11	Telecomunicaciones	2
Psicología Biológica	11	Termodinámica	2
Astronomía	9	Agricultura Económica	1
Ciencia de los Materiales	9	Arqueología	1
Mecánica	9	Control de Sistemas	1
Metalurgia	9	Ciencias Empresariales	1
Ciencias Computacionales	8	Finanzas	1
Economía	8	Cibernética	1
Instrumentación	8	Ciencia de la Computación	1
Física Interdisciplinar	8	Cristalografía	1
Micología	7	Pedagogía	1
Psicología Interdisciplinar	7	Ingeniería Biomédica	1
Radiología	7	Historia	1
Matemáticas Aplicadas	6	Humanidades	1
Microscopía	6	Gestión	1
Minería	6	Informática Médica	1
Física Atómica	6	Tecnología Médica	1
Entomología	5	Medicina General	1
Física de Fluidos	5	Ciencia Operacional	1
Pedología	4	Óptica	1
Inteligencia Artificial	4	Otorrinolaringología	1
Ingeniería Geológica	4	Física Aplicada	1
Hematología	4	Física de la Materia	
Acústica	3	Condensada	1
Agronomía	3	Ciencia de Polímeros	1
Electroquímica	3	Psicología	1
Ingeniería Mecánica	3	Psicología Experimental	1
Ingeniería del Petróleo	3	Administración Pública	1

4.2. Estructura de las ciencias y tecnologías marinas en España

4.2.1. Sector público

En España hay 590 centros públicos que han publicado algún artículo sobre ciencia y tecnología marina en revistas internacionales indexadas por el Instituto Thomson-ISI entre 1994 y 2004 (ver listado completo de centros en el capítulo 6). De estos 590 centros, 445 han publicado 10 trabajos o menos. En este grupo se encuentran centros públicos predominantemente administrativos, Organismos Públicos de Investigación (OPIs) con una relación tangencial con las ciencias y tecnologías marinas y OPIs directamente relacionados con las ciencias y tecnologías marinas pero que han sido inaugurados recientemente (dentro de esta última categoría encontramos a las facultades de Ciencias del Mar de Alicante y Valencia). Por lo tanto, centraremos nuestra descripción en los 145 centros que han producido más de 10 artículos de investigación y que, presumiblemente, contienen grupos cuya actividad fundamental es la investigación marina (fig. 4.2.1.).

Figura 4.2.1. Distribución por comunidades autónomas de centros que han contribuido con más de 10 publicaciones ISI en el periodo 1994-2004¹



¹ Las facultades universitarias, centros del IEO e institutos del CSIC se consignan como centros distintos.

Universidades

De acuerdo con este criterio de agrupación, existen en España 31 universidades que comprenden al menos 67 facultades, 10 escuelas técnicas superiores y al menos 6 institutos universitarios que mantienen un cierto nivel de producción científica en ciencias y tecnologías marinas (tabla 4.2.1., fig. 4.2.1.). En general, puede decirse que el tamaño de los grupos varía enormemente, desde centros con unas pocas personas hasta centros como las facultades de Ciencias del Mar en las que todos los investigadores se dedican a la investigación marina (en este listado hay 3: Las Palmas, Vigo y Cádiz, a las que hay que añadir la Facultad de Ciencias del Mar de Alicante y la de la Universidad Católica de Valencia, que es privada). Existen además 5 institutos mixtos CSIC-Universidad entre los que destaca por su producción el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, CSIC-Universidad des Illes Balears (tabla 4.2.1.).

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

EL CSIC es el mayor OPI de España, pertenece al Ministerio de Educación y Ciencia y es multidisciplinar. Hay 18 centros pertenecientes al CSIC que desarrollan investigación en ciencias y tecnologías marinas destacando por su producción el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (36 investigadores en plantilla en 2005), el Instituto de Investigaciones Marinas en Vigo (30 investigadores en plantilla en 2005), el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía, en Cádiz (10 investigadores en plantilla en 2005), el Centro de Estudios Avanzados de Blanes, el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados de Mallorca y el Instituto de Acuicultura Torre de la Sal de Castellón (tabla 4.2.1.). Además, la Unidad de Tecnología Marina de Barcelona está capacitada para proporcionar apoyo técnico, logístico y desarrollo tecnológico a la investigación española en el ámbito marino (buques oceanográficos) y polar (bases antárticas).

Instituto Español de Oceanografía (IEO)

Creado en 1914 y actualmente dependiente del Ministerio de Educación y Ciencia, es un organismo investigador y asesor en relación con la política sectorial pesquera del Gobierno. El IEO se dedica al estudio multidisciplinar del mar, su explotación y su salud ambiental, y sus resultados sirven para el asesoramiento de la Administración Pública con respecto a la utilización racional y a la protección de los recursos marinos. El Instituto Español de Oceanografía posee 9 centros oceanográficos, siendo los más importantes en cuanto a producción científica los de A Coruña (16 científicos), Vigo (más de 50 científicos) y Málaga (28 científicos) (figura 4.2.2.).

Figura 4.2.2. Centros del Instituto Español de Oceanografía. Se incluye la estación biológica costera de Cádiz, dependiente del centro del IEO en Málaga



Administraciones centrales y autonómicas

Hay 11 centros dependientes de la administración central o autonómicas con una producción significativa aunque limitada en investigación marina, destacando entre todas las administraciones la gallega y la canaria. Aunque no se encuentran entre los centros más productivos en ciencias y tecnologías marinas, Puertos del Estado (Ministerio de Fomento), el Instituto Nacional de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente) y el Ministerio de Defensa prestan un apoyo fundamental a la investigación marina, particularmente en el campo de la Oceanografía a través de sus sistemas de observación y predicción.

Otros Organismos Públicos de Investigación

Otros OPIS destacables son el Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario vasco (AZTI) con un centro (el de Guipúzcoa, aunque posee otro centro en Vizcaya), y 2 centros con carácter autónomo, el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y el Instituto Geológico y Minero (IGME) (tabla 4.2.1.).

Tabla 4.2.1. Relación de centros públicos de investigación en Ciencias Marinas en España. Se consigna únicamente los centros con más de 10 documentos publicados en el periodo 1994-2004 en revistas registradas en el ISI

Nº doc. ISI	CC.AA.	Organismo	Centros
168	Andalucía	CSIC	I. Ciencias y Tecnologías Marinas CSIC, Cádiz
22	Andalucía	CSIC	E. Biolog. Doñana CSIC, Sevilla
14	Andalucía	CSIC	I. Rec. Nat. Agrob. CSIC, Sevilla
63	Andalucía	CSIC-Univ. de Granada	I. A. Ciencias Tierr. CSIC-Univ. Granada
16	Andalucía	CSIC-Univ. de Sevilla	I. Bioq. Veg. Fot. CSIC-Univ. Sevilla
53	Andalucía	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, Málaga
14	Andalucía	Junta de Andalucía	Junta Andalucía, Cádiz
11	Andalucía	Ministerios	Ministerios (varios), Cádiz
163	Andalucía	Univ. de Granada	Fac. Ciencias Univ. Granada
20	Andalucía	Univ. de Granada	I. Agua. Univ. Granada
19	Andalucía	Univ. de Granada	Fac. Farmacia, Univ. Granada
12	Andalucía	Univ. de Granada	Univ. Granada (varios)
86	Andalucía	Univ. de Almería	Fac. CC. Exp. Univ. Almería
23	Andalucía	Univ. de Almería	Esc. Polit. Sup. Univ. Almería
317	Andalucía	Univ. de Cádiz	C. And. Sup. Estud. Mar Univ. Cádiz
27	Andalucía	Univ. de Cádiz	Fac. Ciencias Univ. Cádiz
14	Andalucía	Univ. de Cádiz	Fac. Medicina, Univ. Cádiz
14	Andalucía	Univ. de Cádiz	Univ. Cádiz (varios)
29	Andalucía	Univ. de Córdoba	Fac. Ciencias, Univ. Córdoba
22	Andalucía	Univ. de Córdoba	Fac. Veterinaria, Univ. Córdoba
52	Andalucía	Univ. de Huelva	Fac. CC. Experimentales Univ. Huelva
31	Andalucía	Univ. de Huelva	E. Politec. Sup. Univ. Huelva
28	Andalucía	Univ. de Jaén	Fac. CC. Experimentales Univ. Jaén
347	Andalucía	Univ. de Málaga	Fac. Ciencias, Univ. Málaga
16	Andalucía	Univ. de Málaga	Univ. Málaga (varios)
14	Andalucía	Univ. de Sevilla	Univ. Sevilla (varios)
123	Andalucía	Univ. de Sevilla	Fac. Biología, Univ. Sevilla
18	Andalucía	Univ. de Sevilla	Fac. Química, Univ. Sevilla
16	Andalucía	Univ. de Sevilla	ETS. Arquitectura Univ. Sevilla
16	Andalucía	Univ. de Sevilla	Fac. Física, Univ. Sevilla
14	Andalucía	Univ. de Sevilla	EUIT. Agrícola Univ. Sevilla
14	Andalucía	Univ. de Sevilla	Fac. Farmacia, Univ. Sevilla
29	Aragón	Univ. de Zaragoza	Fac. Ciencias, Univ. Zaragoza

Nº doc. ISI	CC.AA.	Organismo	Centros
12	Asturias	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, Asturias
118	Asturias	Univ. Oviedo	Fac. Biología, Univ. Oviedo
51	Asturias	Univ. Oviedo	Fac. Medicina, Univ. Oviedo
14	Asturias	Univ. Oviedo	Fac. Química, Univ. Oviedo
13	Asturias	Univ. Oviedo	Fac. Geología, Univ. Oviedo
199	Baleares	CSIC-Univ. Illes Balears	I. M. Est. Avanz. CSIC-U.I. Balears
15	Baleares	Gobierno Balear	Gobierno Balear, Mallorca
51	Baleares	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, P. Mallorca
56	Baleares	Univ. Illes Balears	Fac. Ciencias, U.I. Balears
36	Canarias	Cabildo Insular de Gran Canaria	Cabildo Insular de Gran Canaria
25	Canarias	CSIC	I. Prod. Nat. Agrob. CSIC, Tenerife
31	Canarias	Gobierno de Canarias	Inst. Canario de Ciencias Mar
41	Canarias	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, S. C. Tenerife
85	Canarias	Univ. de La Laguna	Fac. Biología, Univ. La Laguna
25	Canarias	Univ. de La Laguna	Fac. Química Univ. La Laguna
17	Canarias	Univ. de La Laguna	Fac. Física, Univ. La Laguna
15	Canarias	Univ. de La Laguna	I. Bio-Orgánica, La Laguna
197	Canarias	Univ. de Las Palmas	Fac. CC. Mar. Univ. Las Palmas
43	Canarias	Univ. de Las Palmas	Univ. Las Palmas (varios)
20	Canarias	Univ. de Las Palmas	Fac. Veterinaria, Univ. Las Palmas
39	Cantabria	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, Santander
46	Cantabria	Univ. Cantabria	ETSI. Caminos Univ. Cantabria
11	Cantabria	Univ. Cantabria	Fac. Medicina, Univ. Cantabria
11	Cantabria	Univ. Cantabria	Univ. Cantabria (varios)
26	Castilla y León	Univ. de León	Fac. Veterinaria, Univ. León
17	Castilla y León	Univ. de León	Fac. Biología, Univ. León
58	Castilla y León	Univ. de Salamanca	Fac. Ciencias, Univ. Salamanca
15	Castilla y León	Univ. de Salamanca	Fac. Medicina, Univ. Salamanca
548	Cataluña	CSIC	I. Ciencias del Mar CSIC, Barcelona
258	Cataluña	CSIC	C. Est. Avanz. Blanes CSIC, Girona
112	Cataluña	CSIC	C. Inv. Desarr. CSIC, Barcelona
97	Cataluña	CSIC	I. Inv. Química, Amb. CSIC, Barcelona ¹
80	Cataluña	CSIC	I. Ciencias Tierra. CSIC, Barcelona
13	Cataluña	CSIC	I. Ciencias Mater., CSIC, Barcelona
	Cataluña	CSIC	Univ. Tecnol. Marinas, Barcelona
15	Cataluña	Generalitat de Catalunya	Generalitat de Catalunya, Barcelona

Nº doc. ISI	CC.AA.	Organismo	Centros
15	Cataluña	Generalitat de Catalunya	I. Rec. Tecnol. Agroalim., Tarragona
102	Cataluña	Univ. Autónoma de Barcelona	Fac. Ciencias, UAB
33	Cataluña	Univ. Autónoma de Barcelona	Fac. Vet. UAB
23	Cataluña	Univ. Autónoma de Barcelona	Univ. Aut. Barcelona (varios)
417	Cataluña	Univ. de Barcelona	Fac. Biología, Univ. Barcelona
119	Cataluña	Univ. de Barcelona	Fac. Geología Univ. Barcelona
39	Cataluña	Univ. de Barcelona	Fac. Farmacia, Univ. Barcelona
28	Cataluña	Univ. de Barcelona	Univ. Barcelona (varios)
27	Cataluña	Univ. de Barcelona	Fac. Química, Univ. Barcelona
14	Cataluña	Univ. de Barcelona	Fac. Medicina, Univ. Barcelona
11	Cataluña	Univ. de Barcelona	Fac. Física, Univ. Barcelona
71	Cataluña	Univ. de Girona	Fac. Ciencias, Univ. Girona
34	Cataluña	Univ. de Girona	Inst. Ecol. Aquat., Univ. Girona
34	Cataluña	Univ. Politec. Cataluña	ETSI, Caminos Barcelona, UPC
31	Cataluña	Univ. Politec. Cataluña	UPC, Barcelona (varios)
19	Cataluña	Univ. Politec. Cataluña	ETSI. Teleco. Barcelona, UPC
11	Cataluña	Univ. Politec. Cataluña	ETSI. Indust. Barcelona, UPC
11	Cataluña	Univ. Politec. Cataluña	I. Univ. (varios), UPC
12	Cataluña	Univ. Rovira i Virgili	Fac. Medicina, Univ. Rovira I Virgili
391	Galicia	CSIC	I. Inv. Marinas CSIC, Vigo
	Galicia	CSIC	Univ. Tecnol. Marinas, Vigo
101	Galicia	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, A Coruña
56	Galicia	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, Vigo
138	Galicia	Univ. de La Coruña	Fac. Ciencias, Univ. La Coruña
219	Galicia	Univ. de Santiago	Fac. Biol. Univ. Santiago
81	Galicia	Univ. de Santiago	Fac. Farmacia, Univ. Santiago
77	Galicia	Univ. de Santiago	Fac. Química, Univ. Santiago
58	Galicia	Univ. de Santiago	Fac. Veterinaria, Univ. Santiago Compostela, Lugo
24	Galicia	Univ. de Santiago	Inst. Acuicultura, Univ. Santiago
17	Galicia	Univ. de Santiago	I. Inv. Anal. Aliment., Univ. Santiago
14	Galicia	Univ. de Santiago	Fac. Ciencias, Univ. Santiago Compostela, Lugo
247	Galicia	Univ. de Vigo	Edif. Ciencias Exper. Univ. Vigo ²
57	Galicia	Univ. de Vigo	Fac. Ciencias del Mar, Univ. Vigo
21	Galicia	Univ. de Vigo	Fac. Ciencias, Univ. Vigo, Orense

Nº doc. ISI	CC.AA.	Organismo	Centros
19	Galicia	Univ. de Vigo	Univ. Vigo (varios)
36	Galicia	Xunta Galicia	C. Cont. Calid. Mariño, Pontevedra
17	Galicia	Xunta Galicia	C. Inv. Mariñas (CIMA), Pontevedra
14	Galicia	Xunta Galicia	Consell. Pesc. Maris., Pontevedra
14	Galicia	Xunta Galicia	Xunta Galicia (varios)
80	Madrid	CSIC	Museo Nac. Ciencias Naturales, CSIC, Madrid
61	Madrid	CSIC	I. Frío CSIC, Madrid
24	Madrid	CSIC	C. Ciencias Medioamb. CSIC, Madrid
17	Madrid	CSIC	C. Inv. Biológicas (CIB) CSIC, Madrid
12	Madrid	CSIC	I. Químicaicaica Orgánica General CSIC, Madrid
13	Madrid	CSIC-Univ. Autónoma de Madrid	C. Biología Mol. (CBM) CSIC-UAM, Madrid
12	Madrid	CSIC-Univ. Complutense	I. Geología Econom. CSIC-UCM, Madrid
26	Madrid	I. Geológico y Minero, Madrid	I. Geológico y Minero, Madrid
32	Madrid	INIA, Madrid	INIA, Madrid
23	Madrid	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, Madrid
71	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Fac. Ciencias, UAM
69	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Fac. Biología, UCM
60	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Fac. Veterinaria, UCM
37	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Fac. Geología, UCM
19	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Fac. Física, UCM
18	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Fac. Química, UCM
14	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Fac. Farmacia, UCM
14	Madrid	Univ. Complutense de Madrid	Univ. Complutense de Madrid
14	Madrid	Univ. de Alcalá	Univ. Alcalá (varios), Madrid
11	Madrid	Univ. de Alcalá	Fac. CC. Ambientales, Madrid
15	Murcia	Instituto Español de Oceanografía	I. Esp. Oceanografía, Murcia
148	Murcia	Univ. de Murcia	Fac. Biología, Univ. Murcia
26	Murcia	Univ. de Murcia	Fac. Química, Univ. Murcia
13	Murcia	Univ. de Murcia	Fac. Medicina, Univ. Murcia
11	Murcia	Univ. de Murcia	Fac. Veterinaria, Univ. Murcia
23	País Vasco	AZTI	AZTI, Guipúzcoa
173	País Vasco	Univ. País Vasco	Fac. Ciencias Tecnol. Univ. P. Vasco, Bilbao

Nº doc. ISI	CC.AA.	Organismo	Centros
27	País Vasco	Univ. País Vasco	Univ. País Vasco (varios), Vizcaya
17	País Vasco	Univ. País Vasco	ETSI. Agron. UPV
167	Valencia	CSIC	I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón
19	Valencia	CSIC	I. Agroq. Tec. Alim. CSIC, Valencia
14	Valencia	Univ. Jaume I	E. Sup. Tecn. C. Exp. UJI. Castellón
162	Valencia	Univ. de Valencia	Fac. Biología, Univ. Valencia
55	Valencia	Univ. de Valencia	I. Cav. Biodi. Biol. Evol. Valencia
48	Valencia	Univ. de Valencia	Fac. Ciencias, Univ. Alicante
18	Valencia	Univ. de Valencia	Fac. Farmacia Univ. Valencia
18	Valencia	Univ. de Valencia	Fac. Física, Univ. Valencia
18	Valencia	Univ. de Valencia	Fac. Química, Univ. Valencia
14	Valencia	Univ. Miguel Hernández	Univ. M. Hernández (varios), Alicante

1. Este instituto está incluido en el C. Inv. Desarr. CSIC, de Barcelona.

2. A partir de 2003 estos autores firman como Fac. CC. Mar, Univ. Vigo.

4.2.2. Sector privado

La posición de España en empresas del sector marino, aunque es amplia, está centrada básicamente en la construcción naval, e industrias subsidiarias y transformadoras, con una baja implantación de I+D. Aunque algunas empresas privadas contribuyen significativamente publicando artículos científicos, su mayor contribución a las ciencias y tecnologías marinas en España se traduce en patentes (ver apartado 6.3.). En España existen 58 empresas o entidades privadas con actividad en ciencias y tecnologías marinas, 6 de ellas lo hacen publicando artículos y 52 patentando sus resultados (tabla 4.2.2.). En general, es llamativa la intensa actividad de I+D de las empresas gallegas, y los resultados de dos empresas privadas, en concreto, PharmaMar y ANFACO, que pueden ser indicativas del perfil típico de iniciativas privadas en I+D.

Pharma Mar, S.A. es una compañía biofarmacéutica que desarrolla fármacos anticancerígenos de origen marino. Han registrado más de 580 patentes desde su fundación en 1986 (de acuerdo con la página web de la propia empresa, en <http://www.pharmamar.com>) y han publicado 57 artículos científicos en el periodo 1994-2004. El equipo de PharmaMar está formado por unas 200 personas y la empresa está basada en una fuerte componente de I+D. La sede de PharmaMar se encuentra en Madrid (España), y tiene laboratorios adicionales en Cambridge (Massachusetts, EE.UU.). PharmaMar se ha convertido en una compañía líder en el campo de los fármacos contra el cáncer de origen marino, y cuenta con seis moléculas innovadoras en desarrollo clínico: Yondelis® en ensayos clínicos de fase III, Aplidin® y Kahalalide F en fase II, y ES-285, Zalypsis® y PM02734 en ensayos clínicos de fase I.

ANFACO es una asociación que integra más de 175 empresas vinculadas al sector industrial transformador y conservero de productos del mar, incluyendo algunas de otros países europeos y de Latinoamérica. Es miembro del Comité Consultivo de Pesca de España y de la UE, de la Comisión de Comercio Exterior Agroalimentaria del Ministerio de Economía y Hacienda y del Consejo General de Organizaciones Interprofesionales Agroalimentarias, entre otras, y colabora con diversas entidades públicas. Tiene reconocido el estatuto de entidad colaboradora de la Administración en temas de Comercio Exterior a través de la Dirección General de Comercio Exterior del Ministerio de Economía y Hacienda (Resolución de 17 de Febrero de 1992, publicada en BOE de 26 de marzo de 1992). Tiene constituida la “Cátedra ANFACO”, específicamente dedicada a la docencia, formación e investigación, así como a promover acuerdos específicos de colaboración, entre ANFACO y la Universidad de Vigo, según establece el Acuerdo Marco de Colaboración firmado por ambas entidades con fecha 15 de marzo de 1999. A través de su Centro Técnico Nacional de Conservación de Productos de la Pesca (CECOPESCA), posee diferentes certificaciones y reconocimientos públicos que avalan la calidad de los servicios que presta a su entorno empresarial (fuente: web de ANFACO, en <http://www.anfaco.es>).



Jaulas para cultivo de peces. (S. Zanuy)

Tabla 4.2.2. Empresas privadas con actividad en ciencias y tecnologías marinas¹

Nº artículos	Nº patentes	CC.AA.	Empresas	Año patente
7		Andalucía	Piscifactoría Sierra Nevada, Granada	
	1	Andalucía	Succipesca, S.A.	1982
	2	Andalucía	Telecomunicaciones Cosur, S.A.	1981, 1982
	1	Asturias	Molienda de Materiales, S.A.	1979
	1	Baleares	Ecopiro, S.L.	2005
	1	Baleares	Majorica, S.A.	1997
	1	Baleares	Probox Mallorca, S.L.	2005
	1	Canarias	Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.	2003
	1	Canarias	Polisolar Ibérica, S.A.	1979
	1	Canarias	Seaweed Canarias, S.L.	2005

Nº artículos	Nº patentes	CC.AA.	Empresas	Año patente
	1	Cataluña	Construcciones Navales del Mediterráneo y del Atlántico	1981
	1	Cataluña	Escofet 1886 S.A.	2001
	1	Cataluña	Europroject, S.A.	1996
	1	Cataluña	Gamatex, S.A.	2000
	1	Cataluña	Iberplásticos, S.A.	1983
	1	Cataluña	Innovaciones Tecnológicas, S.A.	2002
	1	Cataluña	Intermas Nets, S.A.	2003
	1	Cataluña	Pipo Systems, S.L.	2005
	1	Cataluña	Tecnoholding, S.A.	2002
	1	Galicia	Aislamientos Térmicos de Galicia, S.A.	2005
	1	Galicia	Aquacria Arousa, S.L.	2004
17		Galicia	Cecopesca, Anfaco, Vigo	
	1	Galicia	Dinak, S.A.	1989
	1	Galicia	Domínguez Serén, S.L.	2001
	1	Galicia	Domínguez Serén, S.L.	2001
	2	Galicia	Electrónica Eutimio S.L.	1997, 2005
	1	Galicia	Equinautic, S.L.	2001
	1	Galicia	Hermanos Rodríguez Gómez, S.A. Hermasa	1984
	1	Galicia	Insuia, S.L.	2005
6		Galicia	Insuiña S.L., Pontevedra	
	1	Galicia	Internacional de Servicios Industriales y Marítimo	1980
	1	Galicia	Mariscos Veiro, S.L.	2004
	1	Galicia	Oyaves, S.L.	1998
	1	Galicia	Quintas y Quintas España, S.L.	2004
	1	Galicia	Sinemar, S.L.	1994
	1	Galicia	Sistema Electrónicos y Comunicaciones, S.L.	1994
2		Galicia	Sistemas Olton, S.L., LA CORUÑA	
	1	Madrid	Dragados y Construcciones, S.A.	1999
2		Madrid	Grupo Repsol YPF S.A., MADRID	
57	>580*	Madrid	PharmaMar S.A., MADRID	
	2	Madrid	S A Producción Hielo Marino Saphim,	1982, 1983
	1	Madrid	Siemag Transplan GMBH	2004
	2	Murcia	Técnicas Cartagena, S.L.	2003, 2003
	1	Murcia	Tuna Farms of Mediterraneo, S.L.	1998
	1	Navarra	Maralda S.L.	1999
	1	Navarra	Pirotecnia Oroquieta, S.L.	1989
	1	País Vasco	Albacora, S.A.	2005
	1	País Vasco	Astilleros Luzuriaga, S.A.	1988

Nº artículos	Nº patentes	CC.AA.	Empresas	Año patente
	1	País Vasco	Azti Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario, S.A.	2000
	1	País Vasco	Mariscos Izardi, S.A.	1990
	1	Valencia	Munde, S.L.	1997
	1	nd	Astilleros Españoles, S.A.	1976
	2	nd	Astilleros Neumaticos Duarry, S.A.	1978, 1980
	1	nd	Barringer Research, Limited	1977
	1	nd	Industria Corchera Bertran, S.A.	1979
	1	nd	La Industrial Velera Marsal, S.A.	1976
	1	nd	Sener, Ingeniería y Sistemas, S.A.	1980
	1	nd	Sener, Técnica Industrial y Naval, S.A.	1976

Fuente: página web de la empresa.

¹ Listado de empresas que han publicado algún artículo en revistas indexadas por el ISI en el periodo 1994-2004, o que han registrado alguna patente desde 1976 hasta 2005. Se indica el número de artículos (ver el apartado 6.1. para el método de búsqueda empleado para los artículos) y de patentes producidas por la empresa (ver apartado 6.3. para el método de búsqueda empleado para las patentes), la Comunidad Autónoma a la que pertenece, así como el año de publicación de la concesión de la patente.

4.2.3. Estructuras cooperativas y redes

A nivel nacional, las ciencias y tecnologías marinas en España no se caracterizan por su tendencia al asociacionismo. En la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE, <http://www.cosce.org/>) no está registrada ninguna sociedad cuyo ámbito sean las ciencias y tecnologías marinas o parte de ellas. Sin embargo, sí existen algunas sociedades y fundaciones de interés, particularmente en el campo de la acuicultura (tabla 4.2.3.). Esto no implica que la comunidad de científicos y tecnólogos marinos españoles no esté profundamente imbricada en el tejido de asociaciones y redes internacionales más significativas de esta área temática (por ejemplo, American Society of Limnology and Oceanography, European Aquaculture Society, Federación Europea de Productores de Acuicultura, Marine Genomics - Europe, Euroceans, Marbef).

Sin embargo, destaca el déficit de estructuras cooperativas (sociedades científicas, colegios profesionales, etc.) y redes en las ciencias marinas en España. Déficit que ayuda a explicar la fragmentación de la comunidad científica.

Tabla 4.2.3. Sociedades y redes de investigadores en ciencias y tecnologías marinas en España (no incluye las de ámbito internacional, excepto aquellas radicadas en España)

Acrónimo	Nombre completo	Web/Teléfono/Fax
ACA	Asociación Catalana de Acuicultura	Tlf: 937 958 321 / 82 44
ACEAC	Asociación Canaria de Empresas de Acuicultura	Tlf. 928 360 474; Fax. 928 381 293
AGACOME	Asociación de Productores de Mejillón de Galicia	Tlf: 986 508 660; Fax: 986 508 660

Acrónimo	Nombre completo	Web/Teléfono/Fax
AGADE	Asociación de Productores de Mejillón de Galicia	Tlf: 986 506 561; Fax: 986 506 584
APROMAR	Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos	http://www.apromar.es/
ASEMA	Asociación de Empresas de Acuicultura Marina de Andalucía	http://www.asemaonline.com/
ASESOMA	Asociación de Estudios sobre el Mar (Ceuta)	http://es.geocities.com/asesoma/
CETMAR	Centro Tecnológico del Mar	http://www.cetmar.org
COCMAR	Asociación Profesional Gallega de Licenciados en Ciencias del Mar	http://www.uvigo.es/servidores/cocmar
FOMAR	Fundación Iberoamericana para el Fomento de la Cultura y Ciencias del Mar	http://www.fomar.org
INNOVAMAR	Fundación Instituto Tecnológico para el Desarrollo de las Industrias Marítimas	http://www.innovamar.org
MARINET	Foro de Investigaciones Marinas (ámbito iberoamericano)	http://tierra.rediris.es/marinet/
OESA	Observatorio Español de Acuicultura	http://www.observatorio-acuicultura.org/
OPP-22	Organización de Productores Piscicultores	http://www.asemaonline.com/
PROVIGO	Observatorio Medioambiental de la Ría de Vigo (Fundación POVIGO)	
RIAD	Red de Investigación en Acuicultura del CSIC	http://www.cva.iim.csic.es;
SEA	Sociedad Española de Acuicultura	http://www.sea.org.es/

4.3. Breve recorrido histórico por las ciencias y tecnologías marinas en España

El estado actual de las ciencias y tecnologías marinas en España no puede entenderse sin conocer sus orígenes y desarrollo y sus hitos más relevantes. Con este espíritu se ha confeccionado esta sección, acercándonos a la historia de la investigación marina en España, no con el rigor ni la profundidad del historiador profesional sino con la curiosidad de quienes, formando parte de la comunidad actual de científicos y tecnólogos marinos españoles, quieren saber de sus antecesores, para aprender de sus aciertos y esquivar, en lo posible, sus errores.

4.3.1. Los cartógrafos

Los inicios de las ciencias y tecnologías marinas en España se remontan a la Baja Edad Media y están ligados a la necesidad de disponer de cartas náuticas que facilitasen la navegación por los distintos reinos marítimos de la Península Ibérica. Así, en 1339 Angelino Dulcert confeccionó el primer portulano de la escuela de Mallorca, donde se representan por primera vez las Islas Canarias. En los portulanos sólo se mostraba el litoral costero con los puertos, cabos y peligros para la navegación, con algún detalle del interior, como ríos y montes que pudieran servir como referencia a los navegantes y las líneas de rumbo o rosa de los vientos. Destacados cartógrafos mallorquines fueron también Abraham Cresques (1325-1387) y su hijo Jafuda Cresques (Palma, 1350-Barcelona, 1410), de origen judío. Por encargo de los reyes catalano-aragoneses, Pedro IV y Juan I, trabajaron durante trece años en el Atlas Catalán, que cubría todo el mundo conocido en la época (desde Portugal a China y de Escandinavia al norte de África), concluyendo su trabajo en 1375. Actualmente se conserva en la Bibliothèque Nationale de París y está considerado la obra cumbre de la escuela de cartografía mallorquina (Oliver, 2004).

El descubrimiento del Nuevo Mundo en 1492 dio un nuevo impulso a la cartografía por la necesidad de disponer de cartas náuticas transatlánticas. El navegante Juan de la Cosa (Santoña, 1460-Turbaco, América, 1510) participó como cartógrafo en el segundo viaje de Colón (1493-1496), y en 1499 organizó su propia expedición hacia América partiendo de Cádiz y recorriendo y cartografiando minuciosamente toda la costa sudamericana entre el río

Esequibo y el Cabo de la Vela. Juan de la Cosa regresó a Cádiz en 1500 y, ese mismo año, elaboró para los Reyes Católicos el primer mapamundi en el que aparece el continente americano.

Tres años después, se creó en Sevilla, por real cédula de los Reyes Católicos de 20 de enero de 1503, la Casa de Contratación, que hasta 1717 dirigió el descubrimiento, colonización y comercio del Nuevo Mundo. En la Casa de Contratación se confeccionaban las cartas completas de la tierra, pudiendo ser considerada, además de la primera universidad náutica, el primer organismo coordinador y productor de cartografía náutica de forma oficial y organizada.

En 1789, Vicente Tofiño San Miguel (Cádiz, 1732-San Fernando, 1795), impulsor del curso de Estudios Mayores en el Observatorio de San Fernando (1783) y autor de diversos compendios sobre geometría y derroteros de las costas de la Península y África, publicó el *Atlas Marítimo de España*, obra cumbre de la cartografía española. Con la desaparición oficial en 1790 de la Casa de Contratación, por aquel entonces ya en Cádiz, se observó la necesidad de crear una entidad que coordinase y sistematizase los trabajos hidrográficos y la producción cartográfica. Así nació en 1797 la Dirección de Hidrografía, entre cuyos primeros trabajos hay que destacar la publicación de las cartas de la célebre Expedición Malaspina (1789-1794).

Ya en el siglo XX, en 1908, se reconoció oficialmente la Especialidad de Hidrografía en la Armada, estableciéndose en el vapor *Urania* la Academia para su enseñanza. En 1927 se creó el Servicio Hidrográfico de la Armada, comenzando la construcción de los buques cartográficos *Tofiño* y *Malaspina*, que desarrollaron una extensa labor en las Islas Canarias y las colonias africanas hasta la década de 1970. En 1943 el Servicio Hidrográfico de la Armada se separó del Observatorio de Marina, pasando a denominarse Instituto Hidrográfico de la Marina, con sede en Cádiz y dependiente del Estado Mayor de la Armada, para dar impulso a la cartografía y conseguir una más amplia acción en las funciones relativas a la hidrografía y la navegación.

4.3.2. Los ilustrados

El interés por la investigación marina como parte de las ciencias naturales empezó a institucionalizarse en España en la época de la Ilustración. En 1772 se creó el Real Gabinete de Historia Natural (RGHN) que, promovido por el Rey Carlos III, impulsó la realización de expediciones marítimas cuyos principales productos fueron colecciones de organismos marinos y publicaciones ilustradas (Guerra y Prego, 2003). En 1913 el RGHN pasó a denominarse Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN).

El ilustrado más destacado de la época en el ámbito de las ciencias marinas fue José Andrés Cornide y Saavedra (A Coruña, 1734-Madrid, 1803), a quien puede considerarse el padre de la ictiología en España. En 1774 publicó *Memoria sobre la pesca de la sardina en las costas de Galicia* y en 1788 *Ensayo de una historia de los peces y otras producciones marinas de las costas de Galicia, arreglado al sistema del caballero Linneo*, paradigma del saber ilustrado

sobre el tema en España. En la misma línea del saber ilustrado, el ictiólogo y escritor Antonio Sáñez Reguart (Cataluña, siglos XVIII-XIX), que fue Comisario de Pesca, publicó en 1791 el *Diccionario histórico de los artes de pesca nacional*, en el que se presentaban un total de 347 láminas, algunas de ellas desplegadas, muy didácticas ya que no se limitaban a mostrar los aparejos y embarcaciones pesqueras tal y como eran en los años finales del siglo XVIII, sino que describían la manera de confeccionar estas artes de una forma artesanal.

En el contexto de la Ilustración debe enmarcarse también al oficial de la Marina y explorador español Alejandro Malaspina (Mulazzo, 1754-Pontremoli, 1810) que, comisionado por los reyes, inició el 30 de julio de 1789 la primera y única expedición científica española de circunnavegación zarpando del puerto de Cádiz en las corbetas *Descubierta* y *Atrevida*, punto al que retornó cinco años después. Malaspina realizó estudios hidrográficos en el océano Pacífico y la costa oeste de las posesiones españolas en Norteamérica pero, desafortunadamente, no logró circunnavegar el globo. En 1785 volvió a hacer estudios hidrográficos en la costa española, y de 1786 a 1788 se resarcó de su intento fallido de circunnavegación en una comisión comercial de la Real Compañía de Filipinas (Manfredi, 2001).

4.3.3. Las primeras estaciones costeras de investigación marina

Casi un siglo después, en el último tercio del XIX, despertó en España un gran interés político por la investigación marina, en un intento de avanzar en el desarrollo de las actividades marítimas, a la par que los países europeos, especialmente Italia y Francia. En el año 1885, Joaquín María de Castellarnau i Lleopart (Tarragona, 1848-Segovia, 1943) publicó *La Estación Zoológica de Nápoles y sus Procedimientos para el Examen Microscópico*, donde defendía la necesidad de crear estaciones costeras para desarrollar la Biología Marina en España. Ese mismo año, el Ministerio de Fomento envió a Augusto González de Linares (Cabuerniga, 1845-Santander, 1904) a la Estación Zoológica de Nápoles, fundada por Antón Dohrn (Universidad de Munich) en 1872, con el encargo de comprobar cuáles eran los requerimientos básicos para establecer un laboratorio similar en España. Tras su retorno, en 1886, fundó la Estación Marítima de Zoología y Botánica Experimental de Santander. Si bien la estación se creó por Real Decreto de 20 mayo de 1886, González de Linares fue nombrado director el 21 de junio de 1887 y no empezó a funcionar hasta 1889, cuando se la dota de un emplazamiento y de recursos materiales y humanos. La estación, que fue el primer centro de estudios marinos fundado en España, fue dirigida por González de Linares hasta su muerte en 1904. Además, entre 1888 y 1893, distintos oficiales del Ministerio de la Marina visitaron Nápoles para especializarse en Biología Marina con el objetivo de aportar el necesario enfoque científico a la legislación pesquera. Entre ellos estaba el teniente de navío Adolfo Navarrete y de Alcázar (La Habana, Cuba, 1861-Madrid, 1925), artífice de la *Liga Marítima Española* (1900), que redactó dos manuales complementarios de Oceanografía (1896) y de Biología Marina aplicada a la pesca (1898), que son los primeros textos españoles modernos sobre ambas materias (Pérez Rubín, 2005). En este contexto es imprescindible destacar el

papel de la Armada en la investigación oceanográfica y pesquera de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, hasta la creación del Instituto Español de Oceanografía (IEO) en 1914, primer organismo público de investigación civil en esta materia. Baste decir que la primera campaña oceanográfica del IEO se llevó a cabo en agosto de 1914 con el cañonero *Núñez de Balboa*, al que siguieron otros buques de guerra tales como el *Hernán Cortés*, *Río de la Plata*, *Primero de Meira*, *Giralda*, *Almirante Lobo*, *Marqués de la Victoria*, *Eduardo Dato*, *Laya*, *Proserpina*, *Legazpi*, *Segura*, *Malaspina*, *Tofiño*, *Navia* y *Xauen* (Pérez-Rubín, 2005).

En contraposición a la visión novedosa de crear estaciones de Biología Marina en España, estaba la visión más tradicional del naturalista Mariano de la Paz Graells y Agüera (Logroño, 1809-Madrid, 1898), catedrático de Zoología del Real Gabinete de Historia Natural. A partir de 1865, en calidad de miembro de la Comisión Permanente de Pesca del Senado, activa hasta 1893 (Pérez Rubín, 2005), Graells participó, junto con A. Navarrete Alcázar, en congresos y exposiciones marítimas y pesqueras siendo el principal, y casi único, experto español en Biología Marina tras sus continuos viajes a distintos países europeos para conocer las explotaciones pesqueras y acuícolas (Fraga, 1996). Su exploración de la costa cantábrica daría lugar en 1870 al libro *Exploración Científica de las Costas del Departamento Marítimo del Ferrol*, donde cataloga a los moluscos y peces en las costas entre el río Miño y el Bidasoa, y en 1876 a la creación del parque de ostricultura de Santa Marta de Ortigueira (A Coruña). Como senador, Graells puso en dificultades a González de Linares con sus preguntas sobre la oscura marcha, tanto administrativa como científica, de la estación de Santander en sus inicios (Fraga, 1996).

En aquellos años, el Príncipe Alberto I de Mónaco (París, 1848-París, 1922) –formado en la Armada Española, a la que perteneció durante toda su vida– visitó repetidas veces el golfo de Vizcaya a bordo de la goleta *Hirondelle* desarrollando nuevas metodologías para la recolección de muestras de organismos a diferentes profundidades y perfeccionando técnicas para el estudio de las masas de agua. En 1886 la *Hirondelle* arribó en varios puertos gallegos, realizando observaciones relacionadas con la pesca y la industria de la sardina (Guerra y Prego, 2003). Ese mismo año, nuevamente en un intento de poner a España al nivel de los países europeos, el Ministerio de Fomento comisionó al joven naturalista Odón de Buen y Cós (Zuera, 1863-México, 1945) para instalar el primer laboratorio flotante de Biología Marina en la vieja fragata de madera *Blanca*, veterana de la batalla de Callao y buque-escuela en el que se formaba a los guardiamarinas españoles. Si bien el viaje iba a ser una circunnavegación, la fragata zarpó de Cartagena con rumbo a Escandinavia y regresó haciendo escala en las costas argelinas. Odón de Buen aprovechó el viaje para visitar diferentes laboratorios de investigación marina y conocer a jóvenes científicos como el noruego Frisjord Nansen (Oslo, 1861-Oslo, 1930), que llegaría a ser un reputado explorador y estadista (Parrilla, 2005). Este viaje fue crucial en la vida de O. de Buen, marcando el destino de su futura inclinación científica y, a la par, el desarrollo de la Oceanografía en España.

El interés por las actividades científicas de A. González de Linares y O. de Buen, llevó a Antón Vila Nadal (Barcelona, 1861-1956), catedrático de Historia Natural de la Universidad de Santiago de Compostela, a promover la creación de la Estación de Biología Marina de Carril,

en la Ría de Arousa, de la que llegó a ponerse en el año 1900 la primera piedra, con presencia de los Reyes de España, pero que nunca se construyó. Otro intento fallido en Galicia fue el de la Estación de Biología Marina de Marín, en la Ría de Pontevedra, que se mantuvo abierta desde 1932 a 1936 con financiación de la Junta de Ampliación de Estudios, a pesar de la oposición de O. de Buen. Sus instalaciones fueron ocupadas por la actual Escuela Naval Militar tras la Guerra Civil Española.

El propio Odón de Buen, cuando ya era catedrático de Historia Natural de la Universidad de Barcelona, consiguió instalar en Melilla el Laboratorio de Biología Marina de Mogador, por Real Decreto del 22 de agosto de 1905, aunque sólo funcionó hasta 1908. En 1906 logró el permiso del Gobierno Español para la creación del Laboratorio Biológico Marino de Baleares en Porto Pi, inspirándose en el Laboratoire Arago de Banyuls-sur-mer, fundado en 1882 por su gran amigo Henri de Lacaze-Duthiers (Universidad de París). Al laboratorio de Porto Pi se asoció en 1912 la Estación Biológica-Marina de Málaga, que también ayudó a crear O. de Buen cuando ya se había desvinculado de Barcelona al tomar posesión de la Cátedra de Historia Natural de la Universidad de Madrid en 1911.

4.3.4. La creación de los organismos públicos de investigación marina



Colegio Alemán, primera sede del Laboratorio del IIP en Vigo 1951. (IIP)

La investigación marina en España a lo largo de los dos primeros tercios del siglo XX se articuló fundamentalmente a través de dos organismos públicos de investigación (OPIs), el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que florecieron en épocas diferentes, impulsados por dos figuras indiscutibles como O. de Buen y Ramón Margalef i López (Barcelona, 1919-Barcelona, 2004), marcando la Guerra Civil Española (1936-1939) el punto de inflexión.

O. de Buen fue un visionario en la España de principios del siglo XX al empeñar su prestigio científico internacional y su influencia política en que las tres estaciones de investigación marina, que se habían creado desde finales del siglo XIX en Santander (1886), Porto Pi (1906) y Málaga (1912), se integrarían bajo un OPI que coordinase sus actividades científicas. Los esfuerzos de O. de Buen tuvieron su fruto: el IEO se creó por Real Decreto del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes de 17 de abril de 1914. El propio O. de Buen fue nombrado director del

organismo, que tendría sus servicios centrales en Madrid. El Real Decreto fundacional promulgaba que el IEO “tendrá por objeto el estudio de las condiciones físicas, químicas y biológicas de los mares que bañan nuestro territorio con sus aplicaciones a los problemas de la pesca”. El mismo Real Decreto establecía en su artículo 2 la ampliación de “la red de laboratorios costeros con otros dos más, que se establecerán en Vigo y en Canarias” (IEO, 1989). A pesar de la fuerte oposición del Museo Nacional de Ciencias Naturales, de las universidades y del propio Director de la Estación de Santander, José Rioja Martín (1866-1945), al proyecto del IEO, tres años más tarde se dotó un precario laboratorio de oceanografía en las instalaciones del pabellón de la Sociedad de Salvamento de Náufragos del puerto de Vigo. Sin embargo, el laboratorio costero de Vigo no se inauguró hasta 1935, después de aprobarse su creación en 1932, otorgándole una misión específica en investigación pesquera a través de una Ley de las Cortes de la Segunda República, por la cual además se estructuraba el IEO en cuatro Departamentos: Oceanografía General, Química Industrial, Biología y Comercio, y Técnicas de Pesca. El primer laboratorio del IEO en las Islas Canarias se estableció en Las Palmas de Gran Canaria por Real Orden de 1927, clausurándose en diciembre 1935 tras la reorganización del IEO, que decidió iniciar en 1947 las gestiones para la creación de un nuevo laboratorio en Santa Cruz de Tenerife. El principal medio para la difusión de los trabajos realizados por el IEO fue el *Boletín de Pesca* (1916-1929), que pasó a llamarse *Boletín de Oceanografía y Pesca* (1930-1932) y, finalmente, *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* (1948-2003).

Al estallar la Guerra Civil española, O. de Buen, militante significado de Acción Republicana, fue encarcelado en Mallorca y, tras ser canjeado por una hermana y una hija del dictador Miguel Primo de Rivera, se exilió en México, donde murió a los 85 años. El IEO quedó condenado al ostracismo por su vinculación a la Institución Libre de Enseñanza y la simpatía de muchos de sus miembros por la República, sufriendo la penuria económica e intelectual de la España de la posguerra en el Ministerio de la Marina, bajo la dirección de diferentes mandos de la Armada, y en la Subsecretaría de la Marina Mercante, hasta finales de la década de 1960, cuando resurgió gracias a la inyección económica de los Planes de Desarrollo Económico-Social de la España de Franco. De hecho, no fue hasta 1967 cuando comenzó a gestarse el Centro Oceanográfico del IEO en Murcia, al instalarse en San Pedro de Pinatar un pequeño laboratorio para poder realizar proyectos de investigación en La Manga del Mar Menor, lugar idóneo para el estudio y desarrollo de cultivos extensivos de peces autóctonos (IEO, 1989). En 1968 se presentó el anteproyecto de instalación del actual Centro Oceanográfico de A Coruña, inaugurado en 1976. Entre este año y 2001 se han inaugurado los restantes ocho centros oceanográficos.



Laboratorio del Colegio Alemán, primera sede del IIP en Vigo.
(F. Fraga)

Tras la Guerra Civil, el régimen del general Franco promovió la investigación marina en el CSIC. En 1949 se creó la Sección de Biología Marina del Instituto de Biología Aplicada, perteneciente al Patronato Juan de La Cierva del CSIC, dirigido por el catedrático de Zoología de la Universidad de Barcelona Francisco García del Cid Arias (Málaga, 1897-Barcelona, 1965). Inmediatamente, F. García del Cid no escatimó esfuerzos para poner en marcha el proyecto de conseguir que el CSIC tuviera un centro de investigaciones marinas, y que ese centro estuviera no sólo bien dotado en recursos económicos y



Fraga y López Benito posando con calculadora en 1959. (F. Fraga)

nuevos laboratorios, sino también incorporando investigadores capaces de desarrollar una investigación marina de calidad. Uno de ellos fue R. Margalef, recién salido entonces de la Universidad de Barcelona. Ese mismo año de 1949 entró en funcionamiento el laboratorio del Grao de Castellón, y Buenaventura Andreu Morera (Albalate de Cinca, 1920-Albalate de Cinca, 2001), a instancias de García de Cid, escribió el documento *Proyecto para la creación de un Centro de Investigaciones Pesqueras dependiente del CSIC*, germen del Instituto de Investigaciones Pesqueras (IIP), cuya creación se aprobó en Junta de Gobierno del CSIC de 3 de octubre de 1951 con sede en Barcelona y laboratorios costeros en Blanes, Castellón, Vinaroz y Vigo (Guerra y Prego, 2003). Ese mismo año inició su actividad el laboratorio costero del IIP en Vigo y en 1955 el laboratorio de Cádiz. En un intento de “coordinar los

esfuerzos de los tres centros de investigación hoy existentes, y sin relación entre sí [...] la Dirección General de Pesca Marítima, el IEO, el IIP y las Escuelas Náutico Pesqueras” se creó en 1955 la Junta Consultiva de Investigación Científico-Pesquera por Orden Ministerial de la Presidencia de Gobierno.

A pesar de que el motivo fundacional del IIP fuera la investigación pesquera, en especial indagar en las causas de las “crisis de la sardina” que asolaban las costas gallegas durante la década de 1940, el interés de R. Margalef por la ecología hizo que, desde el primer momento, la oceanografía representase un volumen importante de los trabajos científicos del IIP, tanto en su vertiente biológica, liderada por el propio R. Margalef, como en su vertiente química encabezada por Fernando Fraga Rodríguez (Santiago de Compostela, 1922). En 1955 se publica el primer número de la revista



Los pioneros del IIP en Castellón, 1954. (F. Fraga)

Investigación Pesquera del CSIC, sustituyendo a *Publicaciones de Instituto de Biología Aplicada*, vehículo fundamental de difusión del trabajo científico realizado por los investigadores del IIP. La impronta de R. Margalef y F. Fraga en el IIP supuso que, de los artículos publicados en *Investigación Pesquera* entre 1955 y 1977, aproximadamente el 30% fueran de oceanografía biológica y el 20% de oceanografía química (Guerra y Prego, 2003). En el ámbito de las pesquerías, destacaron las figuras de Carles Bas Peired (Barcelona, 1922) y Manuel Gómez Larrañeta (Tolosa, 1924) que, tras peregrinar por distintos laboratorios del IIP, terminaron finalmente en Barcelona (1961) y Vigo (1967), respectivamente. Hitos destacables de sus actividades respectivas fueron el estudio de las pesquerías del Banco Canario Sahariano, dirigido por C. Bas, y el exitoso Plan Experimental de Pesca de arrastre de Castellón (PEPAC) (1961-1966), creado por M. G. Larrañeta. El IIP desapareció como tal en 1978, cuando el denominado “claustró ampliado”, haciendo uso de las prerrogativas que le otorgaba el Reglamento Orgánico del CSIC aprobado por Real Decreto de 30 de diciembre de 1977, decidió democráticamente escindir el IIP en los actuales institutos marinos que el CSIC tiene en Barcelona, Castellón, Cádiz y Vigo.

En el ámbito de la ingeniería marítima cabe destacar la figura de Ramón Iribarren Cavanilles (Irún, 1900-Madrid, 1967), ingeniero de Caminos Canales y Puertos, profesor de Puertos en la Escuela de Madrid y miembro del Consejo de Obras Públicas. R. Iribarren creó en 1948 el primer laboratorio de puertos, embrión del Centro de Estudios y Experimentación en Obras Públicas (CEDEX), organismo autónomo inaugurado en 1957 y que actualmente está adscrito orgánicamente al Ministerio de Fomento y funcionalmente a los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente. El CEDEX provee apoyo multidisciplinar en las tecnologías de la ingeniería civil, la edificación y el medio ambiente asociado, y presta sus servicios a las diversas administraciones, instituciones públicas y empresas privadas.

R. Iribarren es el introductor en España del método científico en el área de la oceanografía costera y de la ingeniería marítima. Su amplia actividad investigadora en este campo alcanzó un gran impacto internacional. Es considerado el padre de la ingeniería de costas y portuaria en España (Marín Balda, 2001).

4.3.4. El retorno de las universidades al panorama de la investigación marina

Si bien es cierto que, antes de la creación del IEO en 1914 y el IIP (CSIC) en 1951, la investigación marina en España se ejecutaba en el Real Gabinete de Historia Natural (Museo Nacional de Ciencias Naturales desde 1913), y en las cátedras de Zoología e Historial Natural de universidades como las de Barcelona, Madrid, Valladolid o Santiago de Compostela, la reincorporación de las universidades a la investigación marina comienza con las primeras cátedras de Ecología en España. En 1967, Ramón Margalef se convirtió en el primer catedrático de Ecología, renunciando a su plaza de profesor de Investigación del CSIC, si bien siguió manteniendo con el IIP una fructífera relación durante el resto de su carrera. Un buen número de las cátedras de Ecología que fueron surgiendo en las universidades españolas serían ocupadas por discípulos aventajados de R. Margalef. En el contexto universitario, cabe destacar también la figura de Francisco López Capont (Vigo, 1922-Vigo, 2001), que en 1949 creó en su ciudad natal el Laboratorio de la Unión Nacional de Fabricantes de Conservas, precursor del actual Centro Técnico Nacional de Conservación de Productos de la Pesca (CECOPESCA) y en 1970 la primera cátedra de Tecnología Pesquera de España, en la Universidad de Santiago de Compostela; y la de Edmundo Seco Serrano, oceanógrafo del IEO, que impartió durante el primer lustro de la década de 1960 un curso cuatrimestral de Oceanografía Física, dentro de la especialidad de Geofísica en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Más recientemente, 1982 fue un año crucial para las ciencias marinas en las universidades al iniciarse el programa especial de I+D en Acuicultura 1982-1986, que destinó fondos para la investigación en las universidades, e implantarse en España, por Real Decreto 2653/1982, la licenciatura de Ciencias del Mar, siendo la Universidad de las Palmas de Gran Canaria la primera en impartir dicho currículo ese mismo año. Posteriormente se iniciaron estudios de esta licenciatura en las Universidades de Cádiz (desde 1989), Vigo (desde 1990), Alicante (como segundo ciclo desde 1998) y Católica de Valencia (desde 2003).

4.3.5. El papel de las comunidades autónomas

La Constitución Española de 1978, y los estatutos de autonomía desarrollados a partir de ella, confieren a las comunidades autónomas competencias en educación y ciencia. En el caso particular de las comunidades costeras, especialmente Andalucía, Canarias, Euskadi y Galicia,

dada la relevancia socioeconómica del mar para estas comunidades autónomas, sus gobiernos apostaron abiertamente por la investigación en ciencias y tecnologías marinas.

En Andalucía, la pérdida de los mercados habituales de la sal de la Bahía de Cádiz en la década de 1930 propició que grandes superficies inundadas quedaran improductivas y, de esta forma, surgieron a finales de la década de 1960 los primeros parques de cultivo de almejas y ostiones y los cultivos de peces en las salinas y esteros de la costas de Huelva y Cádiz, respectivamente. No fue hasta comienzos de la década de 1980 en Cádiz, y mediados en Huelva, cuando comenzó el importante desarrollo de esta actividad, en parte debido a la implementación en 1974 del Plan de Explotación Marisquera y de Cultivos Marinos de la Región Sur Atlántica (PEMARES), que contaba con los laboratorios de Agua del Pino en Cartaya (Huelva) y El Toruño en el Puerto de Santa María (Cádiz). Desde sus inicios, Agua del Pino se especializó en el cultivo de moluscos, debido a la existencia de grandes bancos naturales de almeja fina y chirla en la costa de Huelva, mientras que El Toruño lo hizo en cultivo de peces, actividad que se venía realizando en los esteros de las antiguas salinas gaditanas. El PEMARES pasó a denominarse Centro de Investigación y Cultivo de Especies Marinas (CICEM) cuando se transfirió a la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Desde el año 2003, el CICEM se ha integrado en el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), organismo autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, adscrito a la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía. Tres de los nueve programas prioritarios del IAPFA están relacionados con la investigación marina (recursos pesqueros, reproducción de especies acuícolas, uso eficiente del agua y transformación de las producciones agrarias y pesqueras). En 1999 se creó el Centro Andaluz de Ciencia y Tecnología Marina (CACYTMAR), dependiente de la Universidad de Cádiz y la Junta de Andalucía, como parte de un programa de promoción de centros de investigación temáticos de dimensión regional vinculados a una universidad, con el objetivo de aglutinar a las distintas instituciones que trabajan ciencias marinas en Andalucía, más concretamente en el entorno de Cádiz, donde cuentan con instalaciones el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC), el Centro Costero del IEO, el CICEM El Toruño o el Instituto Hidrográfico de la Marina. El CACYTMAR cubre cinco grandes áreas temáticas: oceanografía, investigación litoral, recursos naturales, calidad ambiental y tecnología marina, e incluye además un servicio de teledetección de color oceánico, ofrecido conjuntamente con el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC). Desde el CACYTMAR se han organizado también diversas reuniones científicas y foros de discusión, entre los que merece destacarse la organización del Primer Symposium GLOBEC-España en 2001.

En Asturias, a propuesta de la Consejería de Comercio, Turismo y Pesca, la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno del Principado de Asturias aprobó en 1980 la creación del Centro de Investigaciones Acuáticas de Asturias (CRINAS) en Gijón. En enero de 1984 se incorporó a la estructura orgánica de la Consejería de Agricultura y Pesca y en 1987 pasó a denominarse Centro de Experimentación Pesquera (CEP), adscribiéndose a la Dirección Regional de Pesca. Posteriormente, desde 1995, el CEP depende del Servicio de Estructuras

Pesqueras (en la actualidad Servicio de Estructuras y Mercados Pesqueros), de la Dirección General de Pesca de la Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado. Está estructurado en tres departamentos (Pesca y Marisqueo, Acuicultura y Algas) con funciones de asesoramiento en cuestiones relativas a la biología de las especies marinas y su explotación. Mención especial merece la empresa Cultivos Marinos del Cantábrico por tratarse de una *spin off*, fundada en el año 2001 por biólogos de la Universidad de Oviedo, para el cultivo controlado de algas marinas comestibles en Cudillero.

En Baleares, el Consell General Interinsular creó en 1982 la Estación de Acuicultura de Andratx, dedicada al estudio del cultivo de nuevas especies. Actualmente está adscrita a la Direcció General de Pesca de la Comunitat Autònoma de las Islas Baleares. El equipo científico de esta estación ha mantenido, desde su creación, una relevante producción científica (Oliver, 2004).

En Cataluña, el Parlament aprobó la creación en 1985 del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), empresa pública de la Generalitat de Catalunya, que centra su actividad en la investigación científica y la transferencia tecnológica en el ámbito de la agricultura, acuicultura y la industria agroalimentaria, y que ajusta su funcionamiento al ordenamiento jurídico privado. El IRTA cuenta con un Centro de Acuicultura en San Carles de la Ràpita. Por otra parte, está la Agencia Catalana de l'Aigua, entidad de derecho público creada en 1998 que está adscrita al Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat. Tiene todas las competencias sobre el ciclo integral del agua en Cataluña, incluidas las aguas marinas.

En Canarias, con el fin de promover la investigación en oceanografía y pesquerías de la zona, el Cabildo Insular de Gran Canaria creó en 1974 el Centro de Tecnología Pesquera de Taliarte. Por Orden de 28 de junio de 1995 (BOC de 28 de julio de 1995), el Cabildo cedió su titularidad administrativa a la Comunidad Autónoma de Canarias, que lo aceptó y asumió a través de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes. En 1996 cambió su nombre al actual de Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), teniendo como finalidades ejercer las competencias de la Comunidad Autónoma en investigación oceanográfica, realizar y promover trabajos de investigación y desarrollo tecnológico de interés para Canarias en el ámbito de las ciencias marinas, actuar como plataforma horizontal de investigación, desarrollo e innovación, contribuir a la educación medioambiental y promover la cooperación en estas materias entre las instituciones regionales, nacionales e internacionales. Desde 1995 edita los *Informes Técnicos del Instituto Canario de Ciencias Marinas*, publicación periódica que divulga trabajos de investigación, informes y documentos de consulta, relacionados con las ciencias marinas en el noreste atlántico.

En Euskadi, el interés por las ciencias marinas estaba muy arraigado en la comunidad científica a principios del siglo XX, tal como lo demuestra la creación de la Sociedad Oceanográfica de Guipúzcoa el 20 de septiembre de 1908, primera sociedad científica de carácter exclusivamente marino en España que, en 1928, creó en Donosti el primer acuario marino de España. Sin embargo, el hecho de que ni el IEO ni el IIP abriesen ningún laboratorio costero en Euskadi se tradujo en una manifiesta carencia de estudios sobre la oceanografía y

las pesquerías de la zona, hasta que en el año 1981 se creó el Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario (AZTI), fundación privada sin ánimo de lucro, con apoyo del Gobierno vasco.

En Galicia, por Decreto 1238/1970 de 30 de abril, se creó el Plan de Explotación Marisquera de Galicia; en tal marco se inauguró un Centro Experimental dedicado, inicialmente, al estudio de la almeja y el berberecho de los parques de cultivo de las Rías Baixas. Actualmente es un centro propio de la Consellería de Pesca y Asuntos Marítimos de la Xunta de Galicia, denominado Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA), con sedes en Corón (Ría de Arousa) y Ribadeo (costa lucense). Posteriormente, en 1992, se creó el Centro de Control da Calidade do Medio Mariño (CCCMM) en Vilanova de Arousa, actualmente Instituto Tecnolóxico para o Control do Medio Mariño (INTECMAR), que tiene su origen en la red de alerta de presencia y abundancia de fitoplancton tóxico, creada en 1977 por los centros oceanográficos del IEO de Vigo y A Coruña, a raíz de las intoxicaciones producidas en 1976 por consumo de mejillón (IEO, 1989). El mismo año 1992, la Xunta de Galicia creó también el Centro de Experimentación en Acuicultura, que transfirió en el año 2001 al Clúster de Acuicultura de Galicia. Finalmente, el Laboratorio de Biotoxinas Marinas del Área de Sanidad de Vigo fue designado como Laboratorio Comunitario de Referencia para el Control de Biotoxinas Marinas en la Unión Europea por aprobación del Consejo de la Unión Europea en la decisión 93/383/CEE de 14 de junio de 1993. Como tal, se encarga de coordinar los controles efectuados por los Laboratorios Nacionales de Referencia (LNR) de cada Estado miembro de la Unión Europea para garantizar un sistema de control eficaz en la detección de biotoxinas marinas. La apuesta política por la creación y consolidación de estos centros debe entenderse en el contexto de la importancia del cultivo de mejillón en Galicia: en 1945, Alfonso Ozores Saavedra, propietario de Viveros del Rial, instaló en la ría de Arousa la primera batea para el cultivo extensivo de mejillón. Los esperanzadores resultados obtenidos hicieron que al año siguiente se fondearan 10 bateas en la escollera del puerto de Vilagarcía. En 1949 se iniciaron los fondeos en la ría de Vigo, extendiéndose en 1954 a las localidades de Cambados, O Grove y Pobra do Caramiñal en la ría de Arousa, Bueu en la ría de Pontevedra, y Redondela en la ría de Vigo. En 1955 se instalaron bateas en la ría de Sada y, finalmente, en 1956 llegaron a la ría de Muros. A día de hoy son unas 3.500, que producen 250.000 toneladas de mejillón, el 15% de la producción mundial, creando 11.000 empleos directos (Labarta, 2004). El interés por el cultivo de mejillón también atrajo a Galicia a investigadores europeos y americanos. Los primeros llegaron en la década de 1960 de la mano de Isidro Parga Pondal (Laxe, 1900-Laxe, 1986), que fundara el Laboratorio Xeolóxico de Laxe tras su expulsión de la cátedra de Geoquímica de la Universidad de Santiago de Compostela en 1936 (Méndez y Rei, 2000). Sus contactos con Margaretha Brongersma-Sanders (Kampen, 1905-Leiden, 1996) fructificaron en el desembarco en la ría de Arousa del geógrafo Henri Nonn (1929; Universidad de Estrasburgo) y el geólogo Antonie Johannes Pannekoek (?, 1906-Leiden, 2000; Universidad de Leiden), que se dedicaron al estudio de la geomorfología de las costas de Galicia, el malacólogo Gerhard C. Cadée (Friesland, 1938-; Universidad de Leiden), que estudió la bio- y tanatocenosis de los moluscos de la ría, y el oceanógrafo Leonard Otto (Dordrecht, 1929-; Universidad de Utrech). Los segundos, comandados por Kenneth R.

Tenore (Cambridge, 1943-Baltimore, 2006; *Skidaway Institute of Oceanography*) llegaron a finales de la década de 1970. Al amparo del Convenio de Amistad, Defensa y Cooperación Hispano-Norteamericano, realizaron entre 1978 y 1983 un ambicioso estudio multidisciplinar del ecosistema de rías y plataforma de Galicia en colaboración con el IEO, que fue especialmente beneficioso para las nuevas generaciones de oceanógrafos llegados a los laboratorios costeros de Vigo y A Coruña con el III Plan de Desarrollo de 1972.

Finalmente, en Murcia, se creó en 1996 el Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA) de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua, adscrito a la Dirección General de Investigación y Transferencia Tecnológica. El CIDA, con sede y ubicación en La Alberca, cuenta con una línea de trabajo en desalinización de aguas para riego de cultivos.

4.3.6. La flota oceanográfica

El primer buque armado en España con destino exclusivo a la investigación marina fue el *Descubridor*, comisionado en 1778 a iniciativa de José Cornide de Saavedra para la prospección de las pesquerías de Galicia. Un siglo más tarde, en 1886, se instaló en la vieja fragata



Laboratorio del buque factoría Galicia.

Blanca el primer laboratorio flotante de biología marina en España, que recorrió en aquel año las costas de Europa y norte de África. El *Xauen*, viejo pesquero transformado para la investigación marina, realizó la primera campaña oceanográfica en 1929 en el Estrecho de Gibraltar y fue adscrito al IEO de forma permanente desde 1945 hasta su sustitución por el B/O *Cornide de Saavedra* en 1971 (Oliver, 2004), que se construyó en Gijón con cargo a los fondos del II Plan de Desarrollo (1967-1971). Ese mismo año comenzaron en él las campañas de prospección oceano-

gráfica y pesquera Sáhara (I y II) y Atlor (I-VII) en el banco sahariano. Por primera vez en España, y segunda en el mundo, se embarcó un ordenador a bordo (un IBM 1130) y se tomaron y procesaron datos en continuo de temperatura, salinidad, sales nutrientes y clorofila. El buque estaba adscrito a la Subsecretaría de la Marina Mercante y administrado por el CSIC. Actualmente está bajo la titularidad del IEO. En el año 1979 se botó el B/O *García del Cid*, construido en Tarragona para el CSIC con cargo al III Plan de Desarrollo (1972-1975). La construcción en Cartagena del *BIO Hespérides*, primer barco español de investigación antártica botado en 1991, debe enmarcarse en el interés político del Gobierno español por realizar actividades de investigación marina en la Antártida. El *BIO Hespérides*

ha prestado un gran servicio a las ciencias marinas españolas, permitiendo la realización de campañas oceanográficas multidisciplinares impensables antes de su botadura. Su relevancia para la investigación marina española quedó demostrada por los problemas motivados por sus obras de vida media (2003-2004): su prolongada varada en dique seco generó un retraso en la programación de campañas oceanográficas, muchas de ellas retrasadas previamente por el uso del buque para realizar trabajos de prospección en el pecio del *Prestige*. Este “cuello de botella” aún persiste, con el resultado –sin precedentes– de que muchos proyectos concluyen sin haber podido realizar ninguna de las campañas oceanográficas programadas. Afortunadamente, la puesta en funcionamiento del *B/O Sarmiento de Gamboa*, prevista para el año 2008, junto con el compromiso de la Dirección General de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia de renovar y ampliar la flota oceanográfica, contribuirá a solventar el problema.

4.3.6. Internacionalización

Existen, cuando menos, tres momentos a lo largo del siglo XX en los que España fue punto focal de la investigación marina. El primero fue en la década de 1920, cuando O. de Buen consiguió atraer a Madrid la Asamblea Constituyente del Consejo Internacional para la Exploración del Mediterráneo (CIESM). Ésta tuvo lugar el 17 de noviembre de 1919, presidida por el Rey Alfonso XIII y, a su lado, el Príncipe Alberto I de Mónaco, que fue su primer presidente. A la conferencia asistieron representantes de Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Mónaco, Túnez y Turquía, miembros fundadores del CIESM. En 1921, nuevamente de la mano de O. de Buen, España fue uno de los 18 miembros fundadores de Bureau Hidrográfico Internacional, organismo creado para fomentar la cooperación y normalización entre los servicios hidrográficos de los distintos países miembros.

En 1924, O. de Buen sustituyó al Príncipe Alberto I de Mónaco como Presidente de la Sección de Oceanografía de la *International Union of Geodesy and Geophysics* (IUGG), puesto desde el que propuso, sin éxito, que esta sección, junto con la Sección de Biología de la *Union of Biological Sciences*, formasen una unión internacional independiente de la IUGG y fomentó la participación de los oceanógrafos latinoamericanos y también de los alemanes, que habían quedado aislados tras la Primera Guerra Mundial (Parrilla, 2005). Es notable el



Fragata Blanca. (Cortesía del IEO)



Antártida. (C. M. Duarte)

hecho de que O. de Buen haya sido el único presidente español de una sección de la IUGG. Finalmente, en 1929 el prestigio internacional adquirido por O. de Buen hace que éste consiga animar al Gobierno español a organizar una conferencia para crear la Sociedad Iberoamericana de Oceanografía y ese mismo año tienen lugar en Sevilla el Primer Congreso Internacional de Oceanografía, en el que el famoso oceanógrafo noruego Harald Ulrik Sverdrup (Sogndal, 1888-Oslo, 1957) hizo una presentación propia y otra en nombre de Björn Helland-Hansen (Oslo, 1877-Bergen, 1957). La tragedia de la Guerra Civil interrumpió lo que podría haber sido un campo del saber liderado internacionalmente por España.

El segundo momento fue a principios de la década de 1970, cuando se celebró en Barcelona el simposio internacional sobre “Análisis de Sistemas de Afloramiento”, auspiciado por el IIP (CSIC) y el “Programa Biológico Internacional”, organizado por R. Margalef. El B/O *T.G. Thompson* (EE.UU.) y el B/O *Jean Charcot* (Francia), recalaron en el puerto de Barcelona y sus investigadores participaron en el simposio. Las contribuciones más importantes se recogieron en el volumen 35(1) de la revista *Investigación Pesquera*. Al año siguiente, tras la botadura del B/O *Cornide de Saavedra*, comenzaron las campañas Sáhara y Altor en coordinación con expediciones francesas y norteamericanas en el marco del programa internacional *Cooperative Investigations of the Northern part of the Eastern Central Atlantic* (CINECA), dedicado al estudio del sistema de afloramiento del noroeste de África, que fue liderado por R. Margalef. Para entender lo que R. Margalef significó para la ciencia española en general, y la investigación marina en particular, baste decir que se le considera uno de los tres científicos españoles más relevantes del siglo XX, siendo los otros dos Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) y Severo Ochoa (1905-1993), galardonados ambos con el Premio Nobel (Ros, 2004). De los 18 premios o distinciones que recibió desde 1972 a 2004, la mitad de ellos internacionales, récord verdaderamente inusual, cabe destacar el *Bedford Institute of Oceanography A. G. Huntsman Award* de 1980, por sus contribuciones a la oceanografía biológica, considerado el “Nobel” de la ecología marina.

El tercer momento fue a finales de la década de 1970 cuando, en el marco del “Tratado de Amistad y Cooperación Hispano-Norteamericano”, firmado en 1976, se establecieron

dos comités conjuntos para financiar programas de estudios, de visitas profesionales, de relaciones culturales y artísticas, de investigación y de apoyo al desarrollo científico y tecnológico de España. En este contexto, el IEO tuvo acceso a la compra de material moderno y, lo que fue más importante, la colaboración intensa y continuada con los oceanógrafos estadounidenses de la *Skidaway Institute of Oceanography* y la *Woods Hole Oceanographic Institution* (IEO, 1989). El CSIC también participó en este programa a través del Institut de Ciències del Mar de Barcelona, colaborando con oceanógrafos del *Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory* (NOAA) *Geological Survey* de Palo Alto, *University of California* en Davis, *Lamont Doherty Earth Observatory* de la *Columbia University* y *Bigelow Laboratory for Ocean Sciences*. Este programa también dio pie a la implantación y consolidación de la geología marina en España.

Más recientemente, ha resultado crucial para la internacionalización de la investigación marina el acceso de España en 1986 en la Comunidad Económica Europea, predecesora de la actual Unión Europea, comenzando a participar en el Programa Marco de I+D. Especialmente beneficiosa ha sido la creación del “Programa temático de Ciencias y Tecnologías Marinas de la UE (MAST)” por el periodo 1989-1992, continuado con MAST II (1990-1994) y MAST III (1994-1998), que ha dado a los científicos marinos españoles la posibilidad de establecer fructíferas colaboraciones con sus colegas europeos, con excelentes resultados tanto a nivel colectivo como individual. Mención especial merece la celebración en 2005 del *Summer Meeting* de la *American Society of Limnology and Oceanography* en Santiago de Compostela. Con cerca de 2.500 participantes, éste fue el congreso con mayor participación en la historia de esta sociedad científica americana.

Por último, reseñar que el interés del Gobierno español por participar en la investigación antártica contribuyó igualmente a dar un nuevo impulso a la internacionalización de las ciencias marinas españolas: el Tratado Antártico se suscribió en 1982, adquiriendo España la categoría de Parte Consultiva en 1988 e ingresando en el Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR) en 1989. En 1988 se inauguró la primera Base Antártica Española (BAE) Juan Carlos I en la isla de Livingstone, gestionada por el CSIC; en 1989 la BAE Gabriel de Castilla, en la isla de Decepción, gestionada por el Ejército de Tierra, y en 1990 se botó el *BIO Hespérides*, primer barco de investigación polar español. La investigación marina española en la Antártida tiene sus antecedentes en 1967, cuando Antonio Ballester y José María San Feliú participaron en la expedición oceanográfica internacional a los océanos Índico y Antártico a bordo del B/O belga *Magga Dann* invitados por el Real Instituto de Ciencias Naturales de Bruselas y en 1986, con motivo de la primera expedición científico-pesquera a la Antártida, a bordo de los buques *Nuevo Alcocero* y *Pescapuerta IV* del IEO.



Ramón Margalef de campaña. (J. M. Gili)

Bibliografía

- Fraga Vázquez, X. A. (1996). "La institucionalización de la Biología Marina en España. El mito de González de Linares (1845-1904)". *Revista Española de Historia de las Ciencias de la Naturaleza y de la Tecnología*, vol. II, artículo nº 1, 20 pp.
- Guerra, A. y R. Prego. (2003). "El Instituto de Investigaciones Pesqueras. Tres décadas de historia de la investigación marina española". *Serie de Estudios sobre la ciencia*, 33. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 341 pp.
- IEO. (1989). *El Instituto Español de Oceanografía. 75 años de investigación marina en España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría Técnica, Madrid, 163 pp.
- Main Balda, J. A. (2001). "Ramón Iribarren Cavanilles". *Revista de Obras Públicas*, 3406: 7-11.
- Mandredi, R. (2001). *Alessandro Malaspina: a biography* (<http://web.mala.bc.ca>).
- Oliver, P. (2004). *Aproximación a la historia de la investigación marina en las Islas Baleares* (<http://www.pereoliver.com>).
- Parrilla, G. 2005. "Odón de Buen, forerunner of Spanish Oceanography". *Oceanography*, 18: 129-135.
- Pérez Rubín J. (2005). "Adolfo Navarrete y la Liga Marítima Española". En: *La Real Liga Naval Española*, Real Academia Española de la Mar, Palfox & Pezuela, pp. 133-218.
- Ros, J. (2004). "In memory of Ramón Margalef (1919-2004)". *Internacional microbiology*, 7: 229-232.

Cronograma de las ciencias y tecnologías marinas en España

- | | |
|------|---|
| 1339 | Angelino Dulcert (s. XIV) confecciona la primera carta portulana de la escuela de Mallorca. |
| 1375 | Abraham (1325-1387) y Jafuda Cresques (Palma, 1350-Barcelona, 1410) confeccionan el <i>Atlas Catalán</i> que se guarda en la Biblioteca Nacional de París. |
| 1500 | Juan de la Cosa (Santoña, 1460?-Turbaco, América, 1510) publica el primer mapa mundi en el que aparece la costa americana. |
| 1503 | Los Reyes Católicos fundan la Casa de Contratación de Sevilla, primera universidad náutica y primer organismo coordinador y productor de cartografía náutica de forma oficial y organizada. |
| 1789 | Vicente Tofiño San Miguel (Cádiz, 1732-San Fernando, 1795) publica el <i>Atlas Marítimo de España</i> , obra cumbre de la cartografía española. |
| 1772 | Carlos III crea el "Real Gabinete de Historia Natural" que, en 1913, se convierte en el actual "Museo Nacional de Ciencias Naturales" (MNCN). |
| 1774 | José Andrés Cornide y Saavedra (A Coruña, 1734-Madrid, 1803), primer ictiólogo español, publica <i>Memoria sobre la Pesca de la Sardina en las Costas de Galicia</i> . |
| 1778 | Se arma el <i>Descubridor</i> , primer barco español con destino exclusivo a la prospección de las pesquerías de Galicia. |
| 1788 | Cornide publica <i>Ensayo de una historia de los peces y otras producciones marinas de las costas de Galicia</i> , arreglado al sistema del caballero Linneo, paradigma del saber ilustrado en España. |
| 1789 | Alejandro Malaspina (Mulazzo, 1754-Pontremoli, 1810) inicia la primera y única expedición científica española de circunnavegación sin conseguir concluirla. |
| 1791 | Antonio Sáñez Reguart (Cataluña, siglos XVIII-XIX) publica el <i>Diccionario histórico de los artes de pesca nacional</i> . |
| 1797 | Se crea la "Dirección de Hidrografía". |
| 1847 | Se crea, por Real Decreto de 25 de febrero, la "Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales", declarada igual en categoría y prerrogativas a las Reales Academias Española, de la Historia y Nobles Artes de San Fernando. |

- 1859 Narcís Monturiol inventa el *Ictíneo*, primer submarino que navegó sumergido en el puerto de Barcelona el 28 de junio.
- 1862 Expedición de la fragata *Triunfo* a áreas terrestres y marítimas de Uruguay, Argentina, Chile y Perú.
- 1865 Se crea la “Comisión Permanente de Pesca” como órgano estatal consultivo para el estudio y la reforma de la ordenanza de pesca.
- 1870 Mariano de la Paz Graells y Agüera (Logroño, 1809-Madrid, 1898), maestro de los naturalistas españoles contemporáneos, publica *Exploración Científica de las Costas del Departamento Marítimo del Ferrol*.
- 1871 Se crea la “Sociedad Española de Historia Natural”, que pasaría a llevar el título de “Real” a partir de 1903.
- 1884 Isaac Peral (Cartagena, 1851-Berlín, 1895) construye el primer submarino diseñado para uso militar, que se botó en 1888.
- 1885 Joaquín María de Castellarnau i Lleopart (Tarragona, 1848- Segovia, 1943) publica *La Estación Zoológica de Nápoles y sus Procedimientos para el Examen Microscópico*.
- 1886 Augusto González de Linares (Cabuerniga, 1845-Santander, 1904) funda la “Estación Marítima de Zoología y Botánica Experimental” de Santander, primera estación de investigación costera de España.
- 1886 El Príncipe Alberto I de Mónaco (París, 1848-París, 1922) visita varios puertos gallegos a bordo del *Hirondelle* y realiza observaciones relacionadas con la pesca y la industria de la sardina en Galicia.
- 1886 Se instala en la Fragata *Blanca* el primer laboratorio flotante de biología marina de España, embarcando Odón de Buen y Cós (Zuera, 1863-México, 1945).
- 1896 Aldolfo Navarrete y de Alcaráz (La Habana, Cuba, 1861-Madrid, 1925) publica el *Manual de Zootalasografía*, con descripción de los medios que se emplean para el estudio del mar y la captura y conservación científica de las especies, primer manual español de oceanografía.
- 1898 Aldolfo Navarrete y de Alcaráz publica *Manual de Ictiología Marina* concretado a las especies alimenticias conocidas en las costas de España e Islas Baleares, con descripción de los artes más empleados para su pesca comercial y extracto de su legislación, primer manual español de Biología Marina.
- 1900 Se pone la primera piedra de la “Estación de Biología Marina de Carril” por iniciativa de Antón Vila Nadal (Barcelona, 1851-Santiago, 1956). No llegó a construirse.
- 1900 Se constituye la “Liga Marítima Española”, con Antonio Maura (presidente fundador), Joaquín Sánchez de Toca (vicepresidente) y Adolfo Navarrete (secretario general). Relacionada internacionalmente con las asociaciones homónimas de Francia y Portugal, se constituyó en el Comité Local de la Asociación Internacional de la Marina, con sede en París.
- 1903 Roque Carús Falcón publica *Los misterios de la Naturaleza*. Investigación sobre el microplancton de la Ría de Arosa.
- 1906 El profesor O. de Buen y Cós, catedrático de Historia Natural de la Universidad de Barcelona desde 1898, funda el Laboratorio Biológico Marino de Baleares, en Porto Pi, a la que se asocia la Estación Biológica-Marina de Málaga en 1912.
- 1906 Se crea la “Comisión Permanente de Estudios de Pesca Marítima” de la Armada. Los limitados presupuestos disponibles únicamente permitieron crear en Barcelona una comisión de oceanografía aplicada a la pesca en el viejo cañonero Cocardillo, en el que se inauguró en 1908 un centro docente, denominado Laboratorio-Escuela de Zoología Marina y Pesca. Fue suprimida en 1924.
- 1908 Se crea la Sociedad Oceanográfica de Guipúzcoa, primera sociedad científica de carácter exclusivamente marino en España.
- 1908 Se sanciona y se reconoce de forma oficial la Especialidad de Hidrografía en la Armada, estableciéndose en el vapor *Urania* la Academia para su enseñanza.
- 1914 O. de Buen, catedrático de Historia Natural de la Universidad de Madrid desde 1911, funda el Instituto Español de Oceanografía (IEO).

- 1917 Se inaugura el Laboratorio de Oceanografía del IEO en Vigo en el pabellón de la Sociedad de Salvamento de Náufragos. El Laboratorio Costero de Vigo, convenientemente dotado, no se inauguraría hasta 1935.
- 1919 El 17 de noviembre tienen lugar en Madrid la Asamblea Constituyente del CIESM. España es uno de los miembros fundadores.
- 1921 España es uno de los 18 miembros fundadores del Bureau Hidrográfico Internacional.
- 1924 O. de Buen es el primer y único español elegido presidente de la Sección de Oceanografía del IUGG.
- 1924 El Gobierno español nombra al IEO delegado en el ICES.
- 1923 Jimena Quirós Fernández-Tello, licenciada en Ciencias Naturales e investigadora del IEO, publica "Algunos moluscos comestibles de la provincia de Málaga", en el *Boletín de Pesca del IEO*, primer artículo científico de ámbito marino firmado por una mujer.
- 1926 Emma Bardán Matéu (1989-1992) y M^a de las Mercedes García López (1904-1990), licenciadas en Ciencias Naturales e investigadoras del IEO, son las primeras mujeres españolas que participan en una campaña oceanográfica, en el velero del Laboratorio Costero del IEO de Málaga *Príncipe Alberto de Mónaco*.
- 1927 Se crea el Servicio Hidrográfico de la Armada, comenzando la construcción de los buques cartográficos *Tofiño* y *Malaspina*.
- 1927 Se publica el primer número de la revista *Industrias Pesqueras*, medio habitual de divulgación de los pioneros del IIP de Vigo.
- 1929 O. de Buen crea el Consejo Iberoamericano de Oceanografía.
- 1929 Se celebra en Sevilla el 1º Congreso Internacional de Oceanografía, Hidrografía Marina e Hidrología Continental. En las actas del congreso, publicadas en 1930, Rafael de Buen (Cataluña, 1891-Morelia, México, 1966) muestra por primera vez un esquema del giro anticiclónico de Alborán.
- 1932 El IEO se estructura en cuatro departamentos por una Ley de las Cortes de la República Española: Oceanografía General, Química Industrial, Biología y Comercio y Técnicas de Pesca.
- 1932 Se realiza la primera campaña oceanográfica en el mar Cantábrico a bordo del *Xauen*.
- 1932 Se crea la Estación de Biología Marina de Marín con actividad entre 1932 y 1935.
- 1936 José Giral (Santiago de Cuba, 1879-Méjico, 1962) es el primer y único oceanógrafo que llega a primer ministro de un país influyente, ocupando el puesto entre julio y septiembre de 1936 y de agosto de 1945 a enero de 1947, ya en el exilio.
- 1936-1939 Guerra Civil española: O. de Buen se exilia a México. El IEO queda condenado al ostracismo debido a su vinculación a la Institución Libre de Enseñanza y la fidelidad de algunos de sus miembros por la República.
- 1943 El Patronato Juan de la Cierva del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) crea el Instituto de Biología Aplicada, dirigido por Francisco García del Cid (Málaga, 1897-Barcelona, 1965).
- 1943 Se crea el "Instituto Hidrográfico de la Marina con sede en Cádiz y como organismo dependiente del Estado Mayor de la Armada.
- 1943 Se crea la red de mareógrafos del IEO con instrumentos en Santander, A Coruña, Vigo, Algeciras y Tarifa.
- 1945 Se instala en la ría de Arousa la primera batea para el cultivo extensivo de mejillón. En esa época también se inició la acuicultura en los esteros gaditanos debido a la crisis del sector salinero.
- 1948 Ramón Iribarren Cavanilles (Irún, 1900-Madrid, 1967) crea el laboratorio de puertos, embrión del CEDEX, que se inauguró en 1957.
- 1949 Se crea en Vigo el laboratorio de la Unión Nacional de Fabricantes de Conservas, dirigido por F. López-Capont (Vigo, 1922-Vigo, 2001).
- 1949 El CSIC crea la Sección de Biología Marina del Instituto de Biología Aplicada, germen del Instituto de Investigaciones Pesqueras (IIP) de Barcelona.
- 1949 Buenaventura Andreu Morera (Albalate de Cinca, 1920-Albalate de Cinca, 2001) escribe el documento *Proyecto para la creación de un centro de Investigaciones Pesqueras* dependiente del CSIC.

- 1949 Se crea el Laboratorio Costero de el Grao en Castellón (CSIC). Actualmente es el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal.
- 1949 Emma Bardán Matéu (1989-1992) es la primera investigadora marina española en asistir y presentar resultados científicos en un congreso internacional.
- 1951 La Junta de Gobierno del CSIC aprueba la creación del IIP con sede en Barcelona y laboratorios costeros en Blanes, Castellón, Vinaroz y Vigo.
- 1951 Se crea el laboratorio costero de Vigo del IIP (CSIC), con B. Andreu Morera como director. Actualmente es el Instituto de Investigaciones Marinas.
- 1953 Ángeles Alvariño (Ferrol, 1916-La Jolla, California, 2005), investigadora del IEO, es la primera mujer española que participa en una campaña oceanográfica extranjera.
- 1955 Se publica el primer número de la revista *Investigación Pesquera*. En 1995 cambia su nombre al actual de *Scientia Marina*.
- 1955 Se crea el laboratorio costero de Cádiz del IIP (CSIC), con Julio Rodríguez Roda como director. Actualmente es el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía.
- 1960 España es miembro fundador de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO.
- 1961 Ley 147 del 23/12/1961 sobre la Renovación y Protección de la Flota Pesquera, que marca un punto de inflexión en el desarrollo del sector pesquero español al sentar las bases para la creación de la gran flota de altura y de gran altura.
- 1961 Se pone en funcionamiento el Plan Experimental de Pesca de arrastre de Castellón (PEPAC), vigente hasta 1967, exitosa experiencia de regulación de una pesquería con criterios científicos que no ha vuelto a repetirse.
- 1964 Fernando Fraga (Santiago de Compostela, 1922) participa en la campaña oceanografía del B/O *Anton Brunn*, dirigida por J. H. Ryther, con motivo de la Internacional Indian Ocean Expedition para estudiar el papel de la materia orgánica disuelta en el ciclo del nitrógeno en el océano Índico.
- 1967 Ramón Margalef López (Barcelona, 1919-Barcelona, 2004) se convierte en el primer catedrático de Ecología de España.
- 1967 A. Ballester y J. M. San Feliú participan en la expedición oceanográfica internacional a los océanos Índico y Antártico a bordo del B/O belga *Magga Dann* invitados por el Real Instituto de Ciencias Naturales de Bruselas.
- 1970 Se celebra en Barcelona el simposio internacional sobre el “Análisis de Sistemas de Afloramiento”, auspiciado por el IIP y el “Programa Biológico Internacional”, bajo la dirección de R. Margalef.
- 1970 F. López-Capont es el primer catedrático de Tecnología Pesquera de España, en la Universidad de Santiago de Compostela.
- 1970 Se crea el Centro Experimental del Plan Marisquero, precursor del actual Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA).
- 1971 Se bota el buque oceanográfico *Cornide de Saavedra*, construido en Gijón con cargo al II Plan de Desarrollo.
- 1972 El III Plan de Desarrollo supone una importante inversión en infraestructuras (laboratorios, buques oceanográficos, equipamiento, etc.) para la investigación marina, de la que el IEO fue principal beneficiario.
- 1972 A. Ballester, A. Cruzado, J. Salat, M. Manríquez y Juliá reciben el “Premio Francisco Franco de Investigación” por el desarrollo y construcción del primer depresor ondulante en el mundo (instrumento sumergido que arrastrado por un barco permitía tomar datos oceanográficos en continuo y a diferentes profundidades).
- 1972 A. Ballester, pionero en España en el uso de teledetección en oceanografía, fundador del EARS (European Association of Remote Sensing Laboratories).
- 1974 Publicación del libro *Ecología*, de R. Margalef. Este texto es referencia en el estudio de la ecología en universidades de España e Iberoamérica.

- 1974 Se implementa el "Plan de Explotación Marisquera y de Cultivos Marinos de la Región Sur Atlántica (PEMARES)", que cuenta con los laboratorios de Agua del Pino en Cartaya (Huelva) y El Toruño en el Puerto de Santa María (Cádiz). El PEMARES es precursor del Centro de Investigación y Cultivo de Especies Marinas (CICEM).
- 1974 Se crea el Centro de Tecnología Pesquera de Taliarte, que en 1996 cambio su nombre al actual de Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM).
- 1977 Los centros costeros del IEO en Vigo y A Coruña crean una red alerta de presencia y abundancia de fitoplancton tóxico, a raíz de las intoxicaciones producidas en 1976 por el consumo de mejillón en batea.
- 1977 Se construye en Tarragona el B/O *García del Cid* con cargo al III Plan de Desarrollo.
- 1978 La Woods Hole Oceanographic Institution (EE.UU.) y el IEO colaboran en un ambicioso estudio de oceanografía multidisciplinar al amparo del Convenio de Amistad, Defensa y Cooperación Hispano-Norteamericano.
- 1978 El "clastro ampliado" del IIP aprueba su segregación en cuatro institutos, sitios en Barcelona, Cádiz, Castellón y Vigo.
- 1980 J. Font y col. coordinan el primer proyecto de investigación español aceptado por ESA (European Space Agency) en utilización de datos del primer satélite europeo de observación de la tierra (ERS-1) y participan en la fundación de la AET (Agencia Española de Teledetección).
- 1980 R. Margalef recibe el Huntsman Award, prestigioso premio internacional (Canadá) considerado el Nobel de la Oceanografía.
- 1980 Llega a España la primera batisonda moderna, un CTD Neil Brown Mark III. Adquirido por G. Parrilla (IEO) con fondos del Tratado de Amistad y Cooperación Hispano Norteamericano. J. Salat (CSIC) y J. Molinero (IEO) ponen a punto el software del instrumento. Se usa por primera vez en el Mar de Alborán.
- 1981 Se crea el Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario (AZTI) con apoyo del Gobierno Vasco.
- 1982 J. Rucabado y D. Lloris realizan por primera vez en España prospecciones pesqueras más allá de la barrera infranqueable para embarcaciones de pesca de la isobara de 1.000 metros.
- 1982 Se inicia el Programa Especial de I+D en Acuicultura 1982-1986.
- 1982 Expedición española "Idus de Marzo" a la Antártida. La expedición tenía como objetivo reivindicar la presencia de España en el continente helado y fue organizada por la Asociación España en la Antártida.
- 1982 Se implanta en España, por Real Decreto 2653/1982, la licenciatura en Ciencias del Mar, siendo la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) la primera en impartir dicho currículo ese mismo año.
- 1982 España suscribe el Tratado Antártico el 31 de marzo de 1982, adquiriendo la categoría de Parte Consultiva el 21 de septiembre de 1988 e ingresando en el Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR) en 1989.
- 1984 Se inicia el Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura 1984-1987.
- 1984 Se crea el Centro de Investigaciones Acuáticas de Asturias (CRINAS) en Gijón, que en 1987 pasó a denominarse Centro de Experimentación Pesquera (CEP).
- 1984 Comienza en España la explotación comercial de especies marinas cultivadas en jaulas flotantes; se trata de salmón atlántico cultivado por Maricultura en Sismundi (A Coruña).
- 1985 Se crea en San Carles de la Rápita el Centro de Acuicultura, dependiente del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA).
- 1986 Primera expedición científico-pesquera a la Antártida, a bordo de los buques *Nuevo Alcocero* y *Pescapuerta IV*, del IEO.
- 1986 España accede a la Comunidad Económica Europea, predecesora de la actual Unión Europea y comienza su participación en el Programa Marco de I+D.
- 1987 Se publica la colección de seis libros sobre reproducción, genética, nutrición (i y ii), alimentación y patología en acuicultura editada por J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta y publicada por el Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura (FEUGA, CAY-CIT) que ha sido referencia obligada tanto para España como para Iberoamérica.

- 1988 Se inaugura la primera base antártica española, la BAE Juan Carlos I, en la isla de Livingstone, gestionada por el CSIC.
- 1989 Se inaugura la BAE Gabriel de Castilla, en la isla de Decepción, gestionada por el Ejército de Tierra.
- 1989 Se inician los estudios de la licenciatura de Ciencias del Mar en la Universidad de Cádiz.
- 1989 Se crea el Programa Temático de Ciencias y Tecnologías Marinas de la UE (MAST) por el periodo 1989-1992, continuado con MAST II (1990-1994) y MAST III (1994-1998).
- 1990 Se inician los estudios de la licenciatura de Ciencias del Mar en la Universidad de Vigo.
- 1991 Se bota el *BIO Hespérides*, primer barco español de investigación antártica.
- 1992 Se inicia el proyecto radiales del IEO, bajo la dirección de Luis Valdés.
- 1992 Se inaugura el Centro de Control de Calidad de Medio Mariño en Vilaxoán (Vilagarcía de Arousa), actualmente Instituto Tecnológico para el Control de Medio Mariño.
- 1992 El IEO lidera la primera campaña española dentro del World Ocean Circulation Experiment (WOCE) a bordo del *BIO Hespérides*, a través del Atlántico a lo largo de los 24°5'N. En ella colaboran el CSIC (IIM y CEAB), la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, la WHOI, el Lamont Doherty Laboratory, el Rosenstiel School MAS y el Servicio Hidrográfico de la Marina de Argentina.
- 1993 Se bota el *B/O Vizconde de Eza*, construido en Vigo para la Dirección General de Pesca.
- 1993 El Laboratorio de Biotoxinas Marinas del Área de Sanidad de Vigo es designado como Laboratorio Comunitario de Referencia para el Control de Biotoxinas Marinas en la Unión Europea.
- 1994 El IEO publica el *Segundo Catálogo de Investigadores y Tecnólogos en Ciencias Marinas de España*, dirigido por Jerónimo Corral (el primero se publicó en 1992).
- 1995 Se crea el Programa de Ciencias y Tecnologías Marinas (CYTMAR) del Plan Nacional de Investigación Científica y Tecnológica con el fin de dar respuesta a un conjunto de necesidades que, en relación al conocimiento científico, uso sostenible y preservación del medio marino, tiene planteadas la sociedad española.
- 1995 Roger Villanueva consigue, por primera vez, el desarrollo larval del pulpo *Octopus vulgaris*. Su trabajo es portada de la revista *Nature*.
- 1995-1996 Campañas FRUELA en la Antártida. Por primera vez, un proyecto aglomera a la mayor parte de los centros de investigación oceanográfica alrededor de un objetivo común antártico. Dirigido por R. Anadón (Universidad de Oviedo).
- 1996 Se crea en Murcia el Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA).
- 1996 Se inicia el Canary Islands, Azores and Gibraltar Observations (CANIGO), uno de los mayores proyectos del programa europeo MAST III liderado por una institución española: el IEO, participando además AINCO INTEROCEAN, CIEMAT, CSIC, y las Universidades de Barcelona, Cádiz, La Laguna, Las Palmas, Málaga y Vigo.
- 1998 Se inician los estudios de la licenciatura de Ciencias del Mar en la Universidad de Alicante.
- 1998 Desaparece el programa MAST en el V Programa Marco de la UE.
- 1999 Se publica *La Investigación en Ciencias Marinas en España* (editores M. J. Delgado, C. M. Duarte, G. Parrilla y J. Tintoré, OCYT, Madrid) que ofrecen datos sobre producción científica y financiación de las ciencias marinas en España.
- 1999 J. Font y col. coordinan con Francia la misión SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) la primera que intenta medir desde el espacio la salinidad de los océanos.
- 2000 R. Margalef recibe el Life-Time Achievement Award de la American Society of Limnology and Oceanography.
- 2000 Las Ciencias y Tecnologías Marinas (CYTMAR) dejan de ser Programa Nacional para convertirse en un Subprograma del Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Medioambientales.
- 2001 Carlos M. Duarte Quesada recibe el G. Evelyn Hutchinson Award de la American Society of Limnology and Oceanography por su contribución a formular nuevos paradigmas en oceanografía.
- 2001 Se publica el *Libro Blanco de la Acuicultura en España* publicado por la Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

- | | |
|-----------|--|
| 2001 | Se instala en el Instiut de Ciències del Mar (ICM) el primer sistema de observación ARGUS en España y sexto en el mundo. |
| 2002 | Catástrofe del <i>Prestige</i> . La comunidad científica en ciencias marinas del país ofrece, en los primeros momentos, una imagen de descoordinación, revelándose también importantes carencias (ausencia de un sistema de oceanografía operacional, carencia de flota oceanográfica suficiente para afrontar situaciones de emergencia, falta de infraestructuras singulares como vehículos submarinos, etc.). |
| 2002 | Primer lanzamiento español de perfiladores derivantes dentro del proyecto internacional Argo, llevado a cabo por el IEO a bordo del <i>B/O Vizconde de Eza</i> , dentro del proyecto europeo Gyroscope con la colaboración de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y el CMIMA-CSIC. |
| 2003 | Joaquín Tintoré Subirana recibe el Premio Nacional de Investigación “Alejandro Malaspina”, para el área de recursos naturales por su contribución a la comprensión de los procesos de mesoscala en el Mediterráneo. |
| 2003-2004 | Obras de vida media del <i>BIO Hespérides</i> . Su prolongada varada en dique seco genera un retraso en la programación de campañas oceanográficas, con el resultado —sin precedente— de que muchos proyectos concluyen sin haber podido realizar ninguna de las campañas oceanográficas. |
| 2005 | Se celebra el Summer Meeting de la American Society of Limnology and Oceanography en España (Santiago de Compostela, junio de 2005). |
| 2006 | Se bota el <i>BIO Sarmiento de Gamboa</i> , construido en los astilleros Freire de Vigo. |
| 2006 | Carlos M. Duarte es elegido presidente de la American Society of Limnology and Oceanography. Es la primera vez en los 60 años de vida de esta sociedad, que esta elección recae sobre un investigador que realiza su trabajo fuera de Norteamérica. |

4.4. Interacción con los agentes sociales

La demanda creciente de recursos marinos y el permanente marco de conflicto de intereses están provocando la degradación del medio marino con graves consecuencias ambientales, sociales y económicas. Entre los motivos más importantes de degradación se encuentran: un desarrollo turístico mal planificado, la sobreexplotación de los recursos pesqueros, una urbanización creciente (ocupación del dominio público marítimo-terrestre), la erosión (natural o por efecto de la construcción de infraestructuras o actuaciones humanas) y la contaminación, la destrucción de hábitats debida al crecimiento demográfico y desarrollo de las actividades económicas.

Baste citar que las regiones costeras están sometidas a una presión constante. Hoy en día, el 30% de la población europea reside a menos de 50 km de la costa; 12,5 millones de españoles (número que aumenta considerablemente en verano) viven en nuestros más de 7.800 km de costa donde, además, las industrias del sector pesquero, del transporte marítimo y del turismo (el turismo costero supone el 8,5% del PIB) compiten por encontrar un espacio vital. A lo largo de la costa se encuentran también algunos de los hábitats más frágiles y valiosos.

Es evidente que la problemática es de un calado socioeconómico y ambiental importantísimo y sumamente difícil de abordar, por enmarcarse en un sistema altamente complejo en el que intervienen una gran cantidad de agentes sociales de tipología muy diversa.

Entre los agentes sociales involucrados podemos distinguir los siguientes:

- Instituciones públicas.
- Empresas.
- ONGs.
- Asociaciones o grupos organizados con actividad relacionada con el medio marino.
- Comunidad científica.
- Población general.

Es decir, la comunidad científica del ámbito marino es un agente social más en sí mismo. Sin embargo, lo más importante es evaluar el papel que juega cada agente en las

distintas situaciones que pueden plantearse. En ese sentido podríamos hacer la siguiente clasificación de los agentes sociales:

- *Competentes*: son las instituciones que tienen la competencia sustantiva sobre el campo de actividad afectado o sobre la unidad en la que se desarrolla una actuación. Evidentemente, la fragmentación de competencias es uno de los mayores problemas que tenemos que afrontar en España en estos momentos. Las competencias en el medio marino están desmembradas en diferentes administraciones públicas. Por ejemplo, nuestras costas son competencia de la Dirección General de Costas dependiente del Ministerio de Medio Ambiente; mientras que parte de las competencias en la franja costera está también en manos de las comunidades autónomas y de los municipios. Los temas del sistema portuario de interés estatal son competencia de Puertos del Estado, dependiente del Ministerio de Fomento, pero los puertos pesqueros y deportivos son competencia de las Comunidades Autónomas. La lucha contra la contaminación en mar abierto es competencia de SASEMAR, dependiente del Ministerio de Fomento, pero en la costa las competencias son parcialmente del Ministerio de Medio Ambiente y también de las comunidades autónomas. Otro tanto se podría decir de las competencias en pesca o acuicultura. En definitiva, se podría añadir un sinnúmero de ejemplos que muestran la necesidad de un gran ejercicio de coordinación para gestionar el medio marino.
- *Dependientes*: son los agentes cuya actividad económica o residencia habitual se ve directamente afectada por la actuación a realizar. Ya se ha comentado anteriormente la importancia socioeconómica derivada del medio marino, especialmente en España debido al turismo y a la pesca principalmente.
- *Influyentes*: son aquellos que sin tener competencia sustantiva sobre el campo de actividad o unidad afectada, pueden condicionar el desarrollo de la actuación de manera importante. Es éste el papel que la comunidad científica debería jugar.
- *Usuarios*: son el resto de asociaciones, instituciones o empresas que tienen un interés e influencia secundarios en dicha unidad o actuación. Entendiendo que en este caso se va a considerar la relación de la comunidad científica con el resto de los agentes sociales, es necesario destacar que la complejidad de los procesos que coexisten en cualquier toma de decisiones asociada al medio marino debería requerir una delegación parcial de responsabilidades o, al menos, la consulta a expertos e investigadores que puedan aportar la información necesaria. Sin embargo, se ha demostrado en reiteradas ocasiones que existe una distancia importante entre los agentes sociales responsables en la



Posidonia. (C. M. Duarte)

toma de decisiones y entre los expertos o investigadores que tienen la información necesaria para contribuir a una decisión, sino más adecuada, al menos más fundamentada.

En general, los problemas existentes surgen por cualquiera de los factores que se citan a continuación:

- Desconocimiento por parte de los agentes sociales de las actividades de la comunidad científica.
- Desconocimiento o despreocupación de la comunidad científica por los problemas de interés para los agentes sociales. Es importante añadir que los agentes sociales no son, en general, los que establecen las líneas estratégicas de investigación; suelen ser los propios investigadores involucrados en la gestión de la investigación los que establecen las mismas.
- Desfase temporal entre las recomendaciones requeridas en el proceso de toma de decisiones y la respuesta aportada por la comunidad científica.
- Información o recomendaciones de la comunidad científica inutilizables por los agentes sociales, por describir procesos incorrectos o ligeramente incorrectos.
- Información o recomendaciones adecuadas para los procesos requeridos pero expresada en parámetros inadecuados.
- Informes no utilizados por tener un grado de detalle cuya interpretación no es evidente para la ayuda a la toma de decisiones.
- Información o recomendaciones perfectamente válidas pero ignoradas por completo en el proceso de toma de decisiones.
- Falta del grado de inter- y multidisciplinaridad requerido.
- Proyectos de investigación enfocados más al interés personal de los investigadores que no a la consecución de los objetivos marcados.
- Proyectos de investigación que carecen de los elementos necesarios para transferir los resultados a los agentes sociales.
- Aportaciones que requieren demasiado tiempo hasta su aplicación a problemas prácticos.
- Aportaciones que son aplicadas sin un análisis detallado a situaciones para las que no han sido diseñadas.

Indudablemente, la falta de entendimiento entre la comunidad científica y los agentes sociales es un motivo de frustración para ambos, y en muchas ocasiones tiene consecuencias desastrosas por los efectos derivados de alguna toma de decisiones, costes inaceptables o una gran pérdida de recursos.

Sin embargo, la lista anterior pretende mostrar que la falta de interacción entre los agentes sociales y la comunidad científica es responsabilidad de ambas partes y, por tanto, la reducción del distanciamiento existente es solamente salvable con un esfuerzo común en ambas direcciones.

En general, ya hay muchos grupos de investigación asociados a universidades, CSIC, centros propios de las comunidades autónomas, etc., que trabajan en la elaboración de informes o en la prestación de servicios a sus correspondientes comunidades autónomas o a ministerios como el de Medio Ambiente o Agricultura y Pesca, fundamentalmente, así como a empresas con actividad en el medio marino. A todo ello, hay que añadir que existen algunas instituciones como el IEO, CEDEX, Puertos del Estado o Instituto Hidrográfico de la Marina que, por su propia naturaleza, realizan una labor asociada a un agente social o administración determinados.

Pero en la actualidad se puede enumerar una gran cantidad de situaciones en que los agentes sociales y, más concretamente, las administraciones responsables debieran contar con una colaboración más intensa de las comunidades científicas involucradas en el medio marino. Entre ellas están la implantación de la Directiva Marco del Agua, recomendación de Gestión Integrada de las Zonas Costeras y futuras leyes o recomendaciones asociadas; la implantación de reservas marinas; la nueva política de desalación; los efectos del cambio climático; la sobreexplotación de los recursos pesqueros, la redacción de planes de contingencia, la nueva estrategia marina, etc.

En algunas de ellas ya existen grupos de investigación que han sido requeridos por los agentes sociales responsables. No obstante, la participación de unos u otros grupos o instituciones muchas veces se establece por proximidad geográfica o por relaciones personales, más que por la capacidad de dar una respuesta científicamente sustentada en el plazo requerido. Sin embargo, también es rigurosamente cierto, que los agentes sociales muchas veces prescinden de la comunidad científica ante experiencias anteriores que han quedado sin respuesta.

Más aún, dentro de la propia comunidad científica existe una gran controversia en cuanto a la relación con los agentes sociales. Esta controversia radica en la naturaleza de la colaboración, generalmente no sometida a convocatoria pública y al hecho de que muchas veces algunas de las colaboraciones están más cerca de un servicio que podría ser cubierto por una empresa, que no de un trabajo de investigación aplicada u orientada.

Un aspecto crucial es la falta de un foro adecuado para el debate sobre las necesidades de los agentes sociales y su imbricación con las líneas de investigación de la comunidad científica así como el establecimiento de una red de intercambio de información. Al igual que existe un gran Foro Nacional del Agua, debería existir un gran Foro Nacional del Medio Marino en el que participaran los diferentes agentes sociales y una representación consensuada de la comunidad científica en el que se fomentara el intercambio de información entre los agentes sociales y la comunidad científica, se fijaran las prioridades de investigación orientada, etc.

En definitiva, es evidente que en España existe un claro déficit en la interacción de la comunidad científica marina con los agentes sociales implicados. La razón fundamental radica en la falta de cultura al respecto y en la carencia de las vías necesarias para establecer un puente de comunicación entre ambos mundos.

5

Recursos para la investigación
en ciencias y tecnologías
marinas en España



Roseta de botellas oceanográficas.
(C. M. Duarte)

5.1. Recursos humanos

5

Los recursos humanos que contribuyen a las ciencias y tecnologías marinas en España están pobremente cuantificados, dado que no existe un inventario exhaustivo del número de investigadores, tecnólogos y personal de apoyo a la investigación en este ámbito. En 1994, el Instituto Español de Oceanografía publicó el catálogo de investigadores en ciencias marinas en España (Corral, 1994), en el que se presentaban un total de 591 fichas de investigadores y tecnólogos en ciencias marinas en España. Un análisis detallado del catálogo, reduce el número de personas a 531 si se excluye a quienes realizaban una labor de gestión más que propiamente científica. En cualquier caso, esta cifra probablemente era una subestimación.

La investigación marina en España ha crecido enormemente desde entonces, con la aparición de facultades de Ciencias del Mar, la proliferación de grupos de investigación en el ámbito marino en universidades establecidas, así como nuevas universidades y la apertura de nuevos centros enfocados hacia la investigación en ciencias marinas. No sería descabellado estimar que el número de investigadores se haya duplicado, cuando menos, desde 1994. De hecho, el número de autores de instituciones españolas de artículos de investigación sobre ciencias y tecnologías marinas supera durante el periodo 1994-2004 los 28.000. Esta cifra incluye autores españoles que son investigadores de plantilla, investigadores en formación y en algunos casos personal técnico, y sus colaboradores extranjeros que podrían representar como mucho una cuarta parte. Un análisis más detallado (véase la sección 6.1., dedicada a la producción científica) muestra que una cuarta parte de éstos son autores ocasionales, que no centran su labor en la investigación en ciencias y tecnologías marinas. Estos resultados, aunque groseros, apuntan a un contingente investigador con un tamaño importante.

Este crecimiento ha sido, sin embargo, desequilibrado ya que no se ha visto acompañado de un aumento proporcionado de la plantilla de técnicos especializados. Las universidades carecen, casi por completo, de este estamento profesional, esencial para la ciencia, e instituciones como el CSIC, dedicadas por entero a la investigación, también sufren de importantes desequilibrios. Así, en el Área de Recursos Naturales del CSIC, en el que se incluyen las ciencias marinas, había en el año 2004 un total de 458 investigadores de plantilla frente a tan sólo 158 técnicos en las distintas escalas. En el caso concreto de los cuatro

institutos exclusivamente marinos del CSIC (en Castellón, Barcelona, Cádiz y Vigo), cuentan con 62 técnicos para 91 investigadores. En el IEO, el número de investigadores de plantilla es de 159 y el de técnicos 121. Estos datos contrastan con la relación 1:1 entre investigadores y personal técnico que permite una investigación más equilibrada, e identifica una importante deficiencia estructural, la carencia de personal técnico, de las ciencias y tecnologías españolas.

Referencias

Corral, J. (1994). *Ciencias y Tecnologías Marinas. Catálogo de Investigadores Españoles*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, 417 pp.

5.2. Formación

Ya en 1974 la UNESCO, en su “Documento Técnico sobre Ciencias del Mar”, nº 19, titulado *La enseñanza de las Ciencias del Mar a nivel universitario*, sugiere la conveniencia de formar especialistas en el medio marino para proporcionar a la sociedad personal convenientemente formado como condición previa indispensable para el estudio del medio marino, el uso racional de sus recursos y su protección.



Experimentos en bateas. (U. Labarta)

La enseñanza superior de las ciencias marinas en España se encuentra, al igual que en otros países, extraordinariamente atomizada en un sinnúmero de centros que varían en el grado de dedicación al tema (ver sección 4.2.). En un extremo se encuentran las facultades de corte clásico (Matemáticas, Física, Química, Biología) cuyas enseñanzas tienen sólo una relación tangencial con las ciencias y tecnologías marinas, dándose como mucho la especialización a nivel de cursos de doctorado o masters. Es por eso

difícil definir el perfil tipo de las enseñanzas en esos centros.

En el otro extremo tenemos centros dedicados enteramente, o en buena parte, a las ciencias y tecnologías marinas, como son las facultades de Ciencias del Mar (Las Palmas, Vigo, Cádiz y, más recientemente, Alicante y la Universidad Católica de Valencia) y las escuelas técnicas superiores (la Ingeniería Naval Oceánica y la Marina Civil son marinas, mientras que la Ingeniería de Caminos tiene troncalidad en la Ingeniería de Costas y Puertos). La creación de las facultades de Ciencias del Mar responde a la necesidad de formar especialistas en el mar de carácter multidisciplinar (varias ciencias básicas) y transdisciplinar (cuestiones fronterizas entre esas ciencias). Aunque el peso de las facultades de corte clásico sigue dominando la formación y la producción científica las facultades de Ciencias del Mar están llamadas a jugar un papel fundamental en el desarrollo de las ciencias y tecnologías marinas.

5.2.1. Facultades de Ciencias del Mar

La importancia del papel de las facultades de Ciencias del Mar por su capacidad de formación, su incidencia en la consolidación de grupos de investigación y su capacidad para catalizar colaboraciones en ciencias y tecnologías marinas fue puesta de relieve de forma explícita por Joaquín Tintoré Subirana, gestor del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Marinas, en su comparecencia ante el Congreso de los Diputados en 1998. En la tabla 5.2.1. se comparan los planes de estudio, y su distribución porcentual correspondientes a las grandes áreas de Biología, Física, Geología, Matemáticas y Química.

Tabla 5.2.1. Características de los programas en Ciencias del Mar impartidos en universidades españolas. La cifra entre paréntesis bajo la universidad indica el año de inicio del programa

	Las Palmas (2000)	Cádiz (2000)	Vigo (2001)	Alicante (1998)	Valencia (2003)	Valores Medios*
Ciclos	1º y 2º	1º y 2º	1º y 2º	2º	1º y 2º	
Duración (años)	5 (3+2)	5 (3+2)	5 (3+2)	2	5 (3+2)	5
Créditos Troncales	154 (44,7%)	158 (47,9%)	148,5 (43%)	57 (40,4%)	147 (49%)	150,5 (46,1%)
Créditos						
Obligatorios	81,5 (23,6%)	61 (18,5%)	81 (23,5%)	45 (32%)	64,5 (21,5%)	72 (21,8%)
Créditos Optativos	75 (21,7%)	78 (23,6%)	81 (23,5%)	24 (17%)	58,5 (19,5%)	73,1 (27,1%)
Créditos de Libre						
Elección	34,5(10%)	33 (10%)	34,5 (10%)	15 (10,6%)	30 (10%)	32,5 (10%)
Total créditos	345	330	345	141	300	325
Créditos Troncales + Obligatorios	235,5 (68,3%)	204 (66,4%)	229,5 (66,5%)	102 (72,4%)	199 (70,%)	217 (67,9%)
% de Créditos Troncales + Obligatorios por ámbitos						
Biología	25,8	27,6	36,6	41,8	30,6	30,8
Física	21,9	27,4	13,2	5,4	12,8	18,8
Geología	16	11,7	25	18,4	14,7	16,8
Matemáticas	13	13,2	10,5	3,1	11,3	12
Química	19,5	13,2	11,1	10,2	9,4	13,3
Otros	3,8	6,8	3,5	18,0	21,1	8,8

* Sin la Facultad de Alicante.

Los resultados de las encuestas hechas a 690 alumnos recogidas en el Libro blanco de las Ciencias Marinas (2005), indicaban que los motivos de su ingreso eran el carácter vocacional (78%), el interés por los temas marinos (40%), y la atracción por el carácter interdisciplinar de los estudios y/o por las actividades que se llevan a cabo en las facultades de Ciencias del Mar (33%). De ello se puede deducir que los estudios de Ciencias del Mar cubren una parcela del

conocimiento científico cuyos destinatarios poseen un perfil claramente inclinado hacia los temas marinos, lo que interpretamos como una adecuación entre la oferta educativa y las necesidades intelectuales de un sector de la población estudiantil.

De los 390 egresados encuestados, destaca que casi el 80% están empleados y de éstos el 71% desarrolla una actividad relacionada con la titulación, en campos muy variados, como corresponde a una titulación multi- e interdisciplinaria. El tiempo medio de espera hasta el

primer trabajo es de en torno a un año, que suele ser empleado por los licenciados en completar su formación mediante la asistencia a cursos o seminarios mientras buscan el trabajo (*Libro Blanco de la Ciencias del Mar*, 2005).

También se realizó una encuesta a empresas que tuvieran licenciados en Ciencias del Mar en sus plantillas. Contestaron 44 empresas que han tenido contratados 207 licenciados en Ciencias del Mar. El número de empresas que contestaron a la encuesta, así como la variedad de campos de



Salida al campo con estudiantes. (M. Nombela)

actividad y el elevado número de licenciados contratados, permiten asegurar que los resultados son consistentes.

En todos los apartados de la encuesta se supera el valor medio de 3 (mínimo 1, máximo 5), con el valor medio más bajo, 3,4 en la pregunta acerca de la creatividad, que es un aspecto tradicionalmente olvidado en el diseño de los planes de estudio. Los empleadores tienen una buena opinión de la adecuación de los conocimientos a la actividad que han desarrollado los licenciados en sus empresas, 3,8. Y cuando se les pregunta directamente por el grado de satisfacción, la opinión es significativamente mejor (4,2). Destaca la capacidad de aprendizaje (4,7) como una cualidad altamente valorada por los empleadores y la capacidad de trabajo en grupos multi- e interdisciplinarios de los titulados (4,2).

Los sectores de actividad donde los titulados se están incorporando al mercado laboral y en los cuales los empleadores manifiestan un alto grado de satisfacción son:

- Sector de investigación.
- Sector de medio ambiente marino.
- Sector de oceanografía.
- Sector de gestión y ordenación costera.
- Sector agroalimentario (recursos vivos).

- Sector docente
- Sector de la administración

En la tabla 5.2.2. se recoge el número de egresados separados por sexos en los últimos 10 años. Como se puede apreciar el número total al año es alrededor de 300, salvo en el último curso cuyo número baja de forma notable. Esta disminución afecta a la práctica totalidad de las titulaciones universitarias, y es debida a dos factores coincidentes en el tiempo. Por una parte a la disminución de la pirámide de población en edad de ingresar a la universidad, y por otra al creciente número de alumnos de bachillerato que optan por un ciclo superior de formación profesional y no acceden por tanto a los estudios universitarios.

Tabla 5.2.2. Distribución de género de los egresados en los programas de licenciatura en Ciencias del Mar de universidades españolas

Curso	Universidad Las Palmas de G.C.		Universidad Cádiz		Universidad Vigo		Universidad Alicante	
	H	M	H	M	H	M	H	M
2004/2005	25	33	25	42	13	41		
2003/2004	42	68	46	53	21	45	14	
2002/2003	43	63	36	68	35	43	18	
2001/2002	43	64	33	75	28	60	5	
2000/2001	47	55	46	58	27	59		
1999/2000	33	36	53	74	24	59		
1998/1999	39	50	54	79	24	29		
1997/1998	20	24			20	38		
1996/1997	23	15			20	34		
1995/1996	17	16			9	23		

5.2.2. Formación de postgrado

La información sobre estudios de postgrado es muy dispersa. Una inspección no exhaustiva de los recursos disponibles en Internet (tabla 5.2.3.) indica la existencia de al menos 18 programas de doctorado, de los que 7 tienen la acreditación de calidad emitida por el Ministerio de Educación y Ciencia. Esto representa un 1% del total de 566 Programas de Doctorado de calidad que funcionan durante el curso 2005-2006. Sólo dos de estos programas son impartidos por facultades de Ciencias del Mar. Además, de los 7, hay coincidencia temática en al menos la mitad, lo que sugiere la urgente necesidad de coordinación entre las universidades. Por otro lado, hay al menos cinco masters relacionados con las ciencias y tecnologías marinas. Muchos de estos programas están ya estructurados de acuerdo con la nueva normativa del Espacio de Educación Superior europea (directrices de tercer ciclo de Bolonia, en fase de implantación).

Tabla 5.2.3. Estudios de postgrado, programas de doctorado y masters en ciencias y tecnologías marinas en España

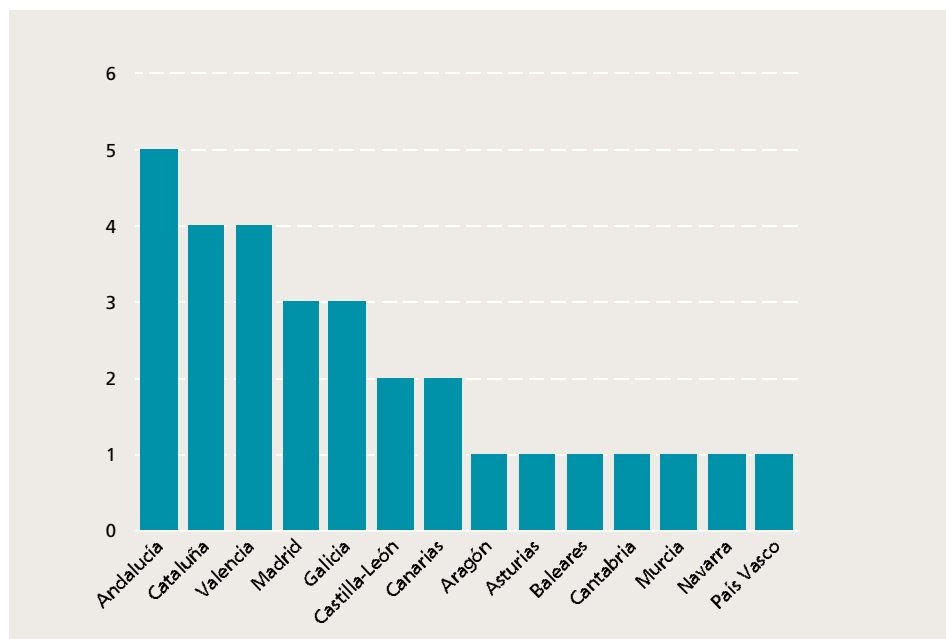
Título	Tipo	Imparte	Ciudad	Web
Acuicultura y producción controlada de organismos acuáticos	Doctorado	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Las Palmas de Gran Canaria	http://www.ulpgc.es
Avances en acuicultura y calidad ambiental	Doctorado	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Cádiz	http://www.csic.es/postgrado/cursos/cursos_2005.html#area3_espec_1
Biología de peces, aspectos básicos y aplicados	Doctorado	Universidad de Murcia	Murcia	
Biología, ecología y recursos de cefalópodos	Doctorado	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Vigo (Pontevedra)	http://www.csic.es/postgrado/cursos/cursos_2005.html#area3_espec_3
Biología marina e acuicultura	Doctorado	Universidad de Vigo	Vigo (Pontevedra)	http://www.uvigo.es
Biología marina e acuicultura	Doctorado	Universidade de Santiago de Compostela	Santiago de Compostela (La Coruña)	http://www.usc.es
Ciencia y tecnología del medio ambiente (interuniversitario)	Doctorado	Universidades de Cádiz, Huelva y Jaén		http://www.uhu.es/3erado
Ciencias del mar	Doctorado	Universidad de Cádiz	Cádiz	http://www.uca.es
Ciencias del mar	Doctorado	Universitat d'Alacant	Alicante	http://www.ua.es
Ciencias del mar	Doctorado	Universidad Politécnica de Cataluña		
Ciencias marinas	Doctorado	Universitat de les Illes Balears	Palma de Mallorca	http://www.uib.es/vpostgrau
Ciencias y tecnologías marinas	Doctorado	Universidad de Cantabria	Santander	http://www.unican.es

Título	Tipo	Imparte	Ciudad	Web
Contaminación marina y efectos antropogénicos en los sistemas marinos	Doctorado	Universitat de Barcelona	Barcelona	http://www.iusc.es
Dinámica de flujos biogeoquímicos y sus aplicaciones	Doctorado	Universidad de Granada		
El giro subtropical del Atlántico norte y afloramiento costeros	Doctorado	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Las Palmas de Gran Canaria	http://www.csic.es/postgrado/cursos/cursos_2005.html#area3_espec_10
Herramientas para la evaluación de la calidad ambiental en ecosistemas litorales	Doctorado	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Cádiz	http://www.csic.es/postgrado/cursos/cursos_2005.html#area3_espec_8
La explotación mundial de los cefalópodos: situación actual y perspectivas	Doctorado	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Vigo (Pontevedra)	http://www.csic.es/postgrado/cursos/cursos_2005.html#area3_espec_14
Oceanografía	Doctorado	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Las Palmas de Gran Canaria	http://www.ulpgc.es
Acuicultura	Master	Universidad Politécnica de Cataluña		
Gestión integrada de nas costeras	Master	Universidad de Cantabria		http://www.unican.es
Ingeniería de costas y puertos	Master	Universidad de Cantabria		http://www.unican.es
Marine environment and resources	Master	Universidad del País Vasco (más U. Southampton y U. Burdeos)		
Master en hidráulica ambiental, Universidad de Granada	Master	Universidad de Granada		

Recopilación basada parcialmente en el NAVEGADOR COLÓN de estudios de postgrado, de la Agencia Española de Cooperación Internacional (Ministerio de Asuntos exteriores y cooperación: <http://www.navegadorcolon.org/>) de Programas de Doctorado y Masters en ciencias y tecnologías marinas en España.

Desde 1976 hasta la fecha, en la base de datos TESEO (Ministerio de Educación y Ciencia) hay registradas 654 tesis doctorales en ciencias y tecnologías marinas (correspondientes al código UNESCO 2510), que se han realizado en 31 universidades españolas, situadas en 14 comunidades, algunas de ellas no costeras (figura 5.2.1.): 5 en Andalucía, 4 en Cataluña y Valencia, 3 en Madrid y Galicia, 2 en Castilla-León y Canarias, 1 en Aragón, Asturias, Baleares, Cantabria, Murcia, Navarra y País Vasco

Figura 5.2.1. Número de universidades en las que se han defendido tesis doctorales en ciencias y tecnologías marinas en las diferentes comunidades autónomas



En la figura 5.2.2. se muestra la evolución del número total de doctores anuales desde 1976 hasta 2004, divididos en aquellos que han defendido su tesis en facultades de Ciencias del Mar y los que lo han hecho en facultades y escuelas técnicas superiores clásicas. Se puede observar una clara tendencia ascendente en el número total de tesis producidas hasta 2001. A partir de ahí, aparenta tener un comportamiento en diente de sierra, si bien es cierto que habría que esperar a los próximos años para confirmar la tendencia. Las Facultades y ETS clásicas producen la mayoría de las Tesis Doctorales, aunque desde la inauguración del primer centro en 1982, las facultades de Ciencias del Mar se han ido consolidando como un importante actor en la formación superior en ciencias y tecnologías. En 2003, las facultades de Ciencias del Mar produjeron 5 de las 35 tesis defendidas (23%) y en 2004, 10 de 44 (14%), con la máxima contribución, 13 sobre 33 (39%) en el año 2000.

Figura 5.2.2. Número de títulos de doctor con memorias relacionadas con las ciencias marinas otorgados en las universidades españolas, tanto en facultades de Ciencias del Mar como en otras facultades

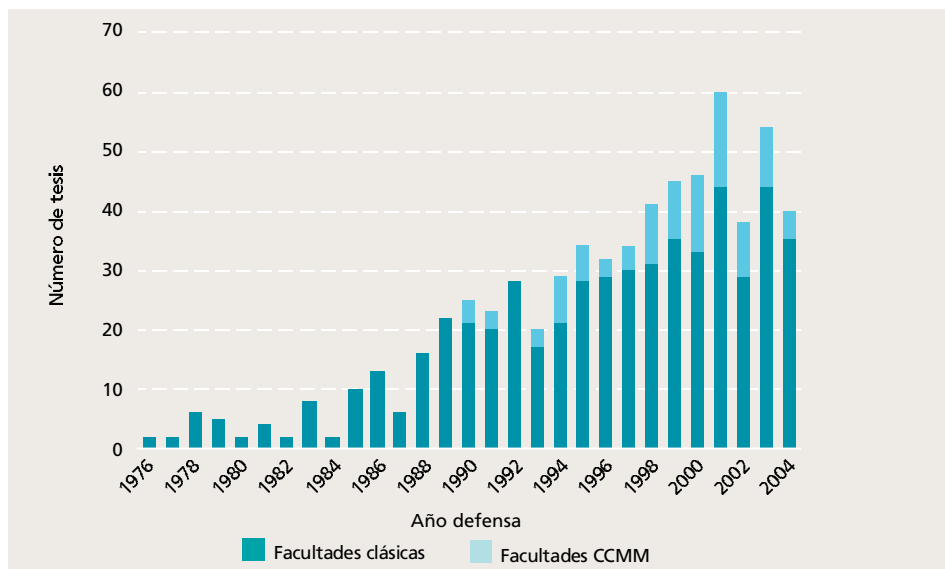
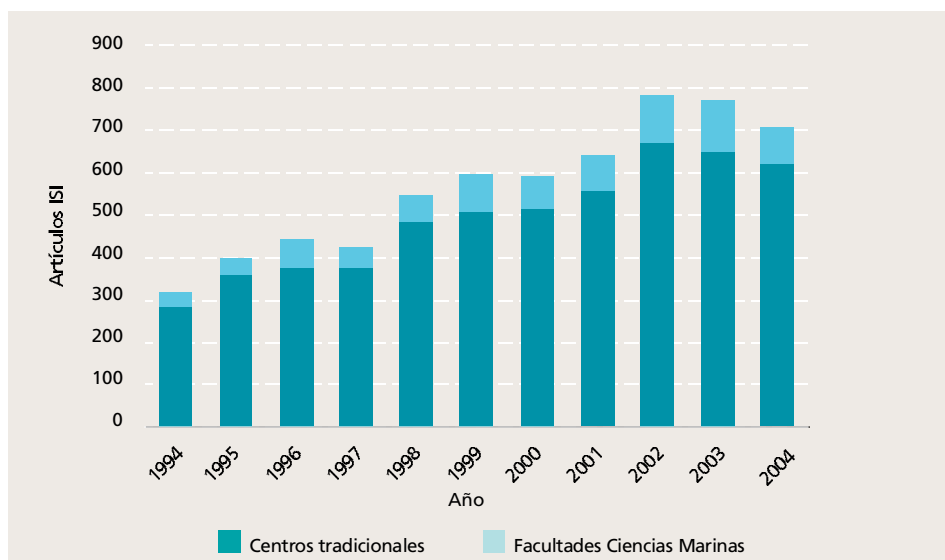


Figura 5.2.3. Evolución temporal del número total de artículos indexados en el Science Citation Index (SCI) en ciencias y tecnologías marinas producidos en las universidades españolas desde 1994 hasta 2004

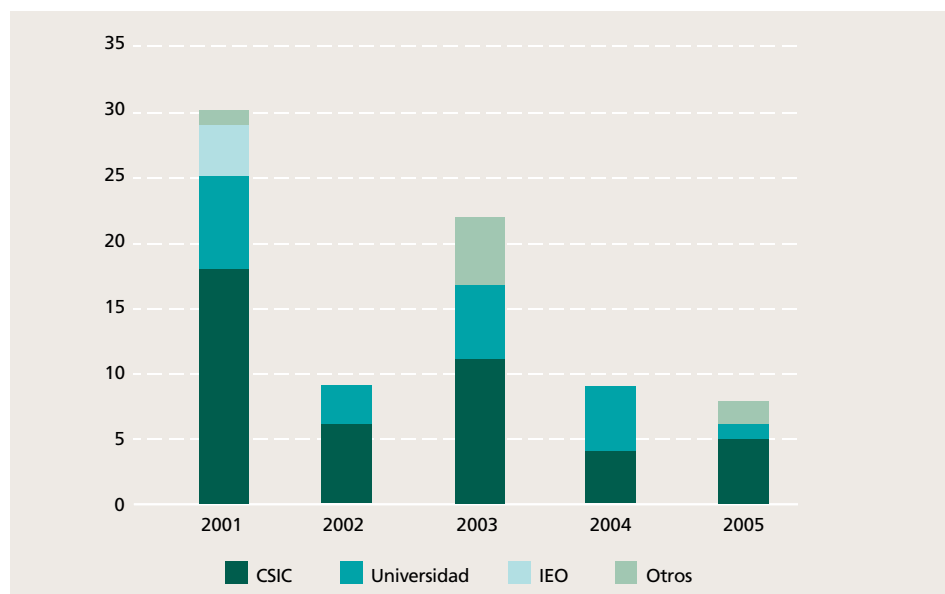


Una comparación de la evolución temporal en el número de artículos ISI en ciencias y tecnologías marinas publicados por centros universitarios tradicionales frente a aquellos producidos por facultades de Ciencias del Mar (figura 5.2.3.) confirma el perfil anterior: el grueso de la producción corresponde aún a los centros tradicionales, mientras que las facultades de Ciencias del Mar se imponen como un actor significativo, con una contribución del 15, 14, 17, 19 y 14% al total de la producción científica universitaria durante los años 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004, respectivamente.

5.2.3. Programas de incorporación de doctores y tecnólogos

Desde 2001 el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) viene desarrollando diversos programas de incorporación de doctores y tecnólogos, tanto a las universidades y OPIs como a las empresas. Estos programas consisten en favorecer contratos de doctores, mediante la cofinanciación de los mismos durante un periodo variable de entre 3 y 5 años. Al cabo de los cuales las universidades, OPIs o empresas se supone que los incorporarán de forma estable en sus cuadros de personal. Estos programas ministeriales son: Ramón y Cajal, Juan de la Cierva, Acción IDE (Incorporación de Doctores a Empresas) y Torres Quevedo.

Figura 5.2.4. Evolución temporal del número de doctores del programa “Ramón y Cajal” en ciencias y tecnologías marinas incorporados a las universidades y organismos de investigación españoles entre 2001 y 2005



Un buen número de comunidades autónomas también tienen programas similares como Cataluña, Madrid, Euskadi, Galicia y Andalucía. Hay que resaltar que estos programas no son de formación, sino que son de estímulo a la investigación, siendo personal con una experiencia investigadora y una producción científica que en algunos casos supera la media del grupo donde van a desarrollar su actividad. Esto, en muchos casos, ha supuesto problemas de integración. En la figura 5.2.4. se muestra el número de contratos Ramón y Cajal en el ámbito de las ciencias y las tecnologías marinas desde 2001 desglosado por lugares de destino.

La mayor parte se incorporan a centros del CSIC. Este hecho puede tener varias explicaciones, entre las que podrían influir, además de consideraciones de calidad y adecuación, el que los grupos de investigación del CSIC hayan cursado más solicitudes que el resto de las instituciones; y por otro, que los candidatos elijan el CSIC como destino preferente porque allí sólo hacen investigación, mientras que en universidades e IEO tienen que realizar además otras tareas (impartir docencia, elaborar informes técnicos, etc.).

5.2.4. Las Ciencias Marinas en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

Los estudios de Ciencias del Mar tienen una importancia considerable a nivel mundial. A este respecto, la UNESCO tras recoger los resultados de encuestas internacionales, en 1988 señaló que 95 centros de 44 países disponían de algún tipo de programa de enseñanza universitaria en Ciencias del Mar, muchos de los cuales estaban ubicados en los países de la Unión Europea.

En España la implantación tuvo lugar en 1982, siendo Ciencias del Mar una de las primeras carreras específicas creadas en la estela de la Ley General de Educación de 1970, adelantándose a la mayoría de países hoy pertenecientes a la UE. En ésta existen carreras completas sobre Ciencias del Mar del tipo “Bachelor+Máster” en los casos británico e irlandés y más recientemente en Alemania, y también secciones de facultades de corte clásico, como en Portugal, Francia o Suecia.

De toda la documentación disponible se ha seleccionado la referente a aquellas universidades o centros que *a priori* parecen más próximos a la futura concepción de una carrera de Grado de Ciencias del Mar en Europa. Del análisis realizado, referido a instituciones de Educación Superior en Alemania, Bélgica, Francia, Grecia, Holanda, Italia, Irlanda, Portugal y el Reino Unido emergen tres modelos europeos, o concepciones diferentes aunque no opuestas de la Educación Superior en Ciencias del Mar:

- Estudios de Grado de Ciencias del Mar.
- Estudios de Grado de Ciencias del Mar + Post-Grado.
- Estudios de Post-Grado que se nutren de otros titulados, aunque este modelo está siendo cuestionado a favor del anterior¹.

1. Véanse por ejemplo el informe: H. Fischer (2003), *Strukturmodell eines gestuften Studiensystems, Universität Hamburg* (Estructura de un modelo escalonado de estudios), y el artículo: de A Spekat (2003), “Bachelor- und Masterstudium Meteorologie—ein Zwischenbericht”, DMG Mitteilungen 3/2003, pp. 18-19.

Y también destacan claramente tres pautas generales:

- En los países donde existen estudios de Ciencias del Mar, no exclusivamente de Post-Grado, no tienen duración superior a 4 años.
- No se halla aún extendido el sistema ECTS, excepto a efectos de traslados o movilidad a través de los programas Erasmus, Sócrates, etc.
- Con frecuencia, las carreras equivalentes a un Grado en Oceanografía o Ciencias del Mar se hallan ligadas a grandes laboratorios y centros de investigación, en especial en Alemania y el Reino Unido. Sin embargo, en los últimos años la tendencia se ha invertido y países sin ese tipo de carreras, como Francia, Grecia e Italia, las han implantado.

La tabla 5.2.4. recoge las informaciones más importantes acerca de los estudios de Ciencias del Mar en países de la Unión Europea.

Tabla 5.2.4. Información relevante sobre los estudios de Ciencias del Mar en los países de la UE

País	Lugar	Titulaciones	Duración	¿ECTS?
Alemania	Oldenburg	Marine	2+2,5 años	No. Están calculando la equivalencia para comenzar con Bolonia
		Umweltwissenschaften	En proyecto una de 3 + Máster	
Francia	Marsella	Sciences de la Mer et de l'Environnement (es de una nueva creación y contempla un ciclo completo con Licenciatura, Másters y Doctorado)	3=2+1 (Licence)	Sí (nuevos: comienzan con esta idea)
Grecia	U. del Egeo	Ciencias del Mar	4 años	No
Irlanda	Galway	Marine Science Degree, Earth and Ocean Sciencs Degree	4 años	No
Italia	Génova	laurea in Scienze Ambientali: Conservazione e Grstione dell'Ambiente Marino	3 años	Sí (nuevos: comenzaron ya con esta idea) 25 h/ECTS
	Pisa	Lauree (varias) in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente	3 años	Sí (nuevos: comenzaron ya con esta idea) 25 h/ECTS

País	Lugar	Titulaciones	Duración	¿ECTS?
Portugal	Faro	Biología Marina/ Oceanografía	5 años	No. Provisionalmente, equivalencia 1 a 1 entre el crédito de 10 horas de clase y el ECTS
Reino Unido	Bangor (School of Ocean Sciences)	Varias, con diferentes Grados de contenido marino	4 años (3+1)	No en teoría, sí en la práctica. 25 h/ECTS
	Southampton	Varias, con diferentes Grados de contenido marino	4 años (3+1)	No en teoría, sí en la práctica. 25h/ECTS
	Plymouth	Marine Biology	4, con varias orientaciones	No en teoría, sí en la práctica. 25h/ECTS

Desde el punto de vista del espectro de conocimientos, se observa que en la distribución de materias priman las grandes áreas de Biología y Física, manteniéndose las Matemáticas en el nivel instrumental, mientras que los conocimientos de Química y Geología dependen notablemente de cada centro concreto.

Las nuevas carreras de Grado (Alemania, Francia, Italia) aparecen como ciclos preparatorios con una doble finalidad: dotar a los futuros trabajadores en el campo de las Ciencias del Mar de una componente científica y proveerles de una cualificación profesional general susceptible de posterior especialización en caso necesario.

5.2.5. Formación no universitaria

En la actualidad existen un total de 23 centros donde se pueden cursar estudios no universitarios a nivel de formación profesional en España, tanto de grado medio (se necesita haber cursado la ESO completa) como de grado superior (se necesita haber cursado el Bachillerato completo, o en su defecto para mayores de 21 años superar una prueba de acceso), relacionados con ciencias y tecnologías marinas (tabla 5.2.5.). La “familia profesional” que recoge la formación más próxima en ciencias y tecnologías marinas es la de Actividades Marítimo-Pesqueras que incluye títulos de formación profesional de:

- Buceador.
- Navegación, pesca y transporte marítimo.
- Producción acuícola.
- Maquinaria, mantenimiento e instalaciones de buques.

Cada una de ellas tiene su vertiente de grado medio y de grado superior. En ningún centro se ofrece la totalidad de los estudios de la familia profesional. Lo habitual es que los

centros con el título de producción acuícola o bien es el único, o en su defecto comparte centro con el título de buceador. Mientras que los centros que tienen el título de navegación, pesca y transporte marítimo suelen tener también el de maquinaria, mantenimiento en instalaciones marinas.

Tabla 5.2.5. Relación de centros de formación profesional náutico-pesquera en España

Centro	Localidad	CC.AA.
Escuela de Formación Profesional Marítimo Pesquera de Almería	Almería	Andalucía
Instituto Politécnico Marítimo Pesquero del Estrecho en Cádiz	Cádiz	Andalucía
Instituto de Educación Secundaria "Sancti Petri"	San Fernando	Andalucía
Escuela de Formación Profesional Marítimo Pesquera de Huelva	Huelva	Andalucía
Centro de Formación Profesional Marítimo Pesquera de Gijón	Gijón	Asturias
Instituto de Formación Profesional Marítimo Pesquero de Arrecife	Arrecife	Canarias
Instituto de Formación Profesional Marítimo Pesquero de Las Palmas	Las Palmas	Canarias
C.F. en Operaciones Acuícolas Telde	Las Palmas	Canarias
Instituto de Formación Profesional Marítimo Pesquero de Santa Cruz	Tenerife	Canarias
Centro de Formación Profesional Náutico Pesquera de Cantabria	Santander	Cantabria
Institut de Ensenyament Secundari "Els Alfacs"	San Carlos de la Rápita	Cataluña
Institut d'Educació Secundaria Escola de Capacitació Nautico Pesquera de Catalunya	L'Ametlla de Mar	Cataluña
Instituto de Enseñanza Secundaria Marítimo Pesquero de Pasaia	Pasaia	Euskadi
IES Náutico Pesquero Vicealmirante Fontán Lobe	Bermeo	Euskadi

Centro	Localidad	CC.AA.
Centro Profesional de Educación Secundaria Nuestra Señora de la Antigua	Ondarroa	Euskadi
Escola Oficial Náutico-Pesqueira de Ribeira	Ribeira	Galicia
Escola Oficial Náutico-Pesqueira de Ferrol	Serrantes	Galicia
Instituto Politécnico Marítimo-Pesqueiro do Atlántico	Vigo	Galicia
Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGAFA)	Vilanova de Arousa	Galicia
Escuela de Formación Náutico-Pesquera IES Son Ferrer	Calvià	Illes Balears
Centro Autorizado de Formación Náutico-Pesquera	Cartagena	Murcia
Instituto de Enseñanza Secundaria "Manuel Tárrega Escribano"	San Pedro del Pinatar	Murcia
Instituto Politécnico Marítimo Pesquero del Mediterráneo	Alacant	Valencia

Referencias

Base de datos TESEO. <http://www.mcu.es/TESEO/teseo.html>

Estudios de grado de Ciencias del Mar, ANECA. http://www.aneca.es/modal_eval/docs/libroblanco_ccmar_def.pdf

Ministerio de Educación y Ciencia. http://www.mec.es/univ/html/convocatorias/mencion_calidad_doctorado/mencion_calidad_doctorado05.html

5.3.1. Planes Nacionales de Investigación y Desarrollo

Dentro de los presupuestos generales del Estado, la Administración española destina una partida para proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (I+D) que gestiona en su mayor parte el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) a través de Planes Nacionales



Krill.

de I+D. Estos planes cuatrianuales tienen como objetivo estratégico promover la investigación de calidad en un contexto internacional y contribuir a la solución de los problemas sociales, económicos y tecnológicos de la sociedad española. Los objetivos de un determinado plan son seleccionados por el MEC basándose en los objetivos generales y en los que han sido identificados por la Unión Europea en los Programas Marco. En 1995 se identificaron las Ciencias y Tecnologías Marinas (CTM) como un Programa dentro del Plan Nacional de I+D, pero a partir de 2000, CTM pasó a ser un sub-programa como reflejo del cambio experimentado por el VI Programa Marco de la UE y la pérdida de visibilidad de las ciencias y tecnologías marinas en el mismo.

Dentro de los planes nacionales, además de su programa propio las ciencias y tecnologías marinas están representadas por los programas de acuicultura (ACU), que de 1995 a 1999 formó parte de CTM, pero a partir de 2000 está integrada en el Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, en algunos de los proyectos antárticos (ANT) y de tecnología de los alimentos (TECNO). Además, pueden presentarse en los programas de biodiversidad y cambio global proyectos relacionados con las ciencias y tecnologías marinas.

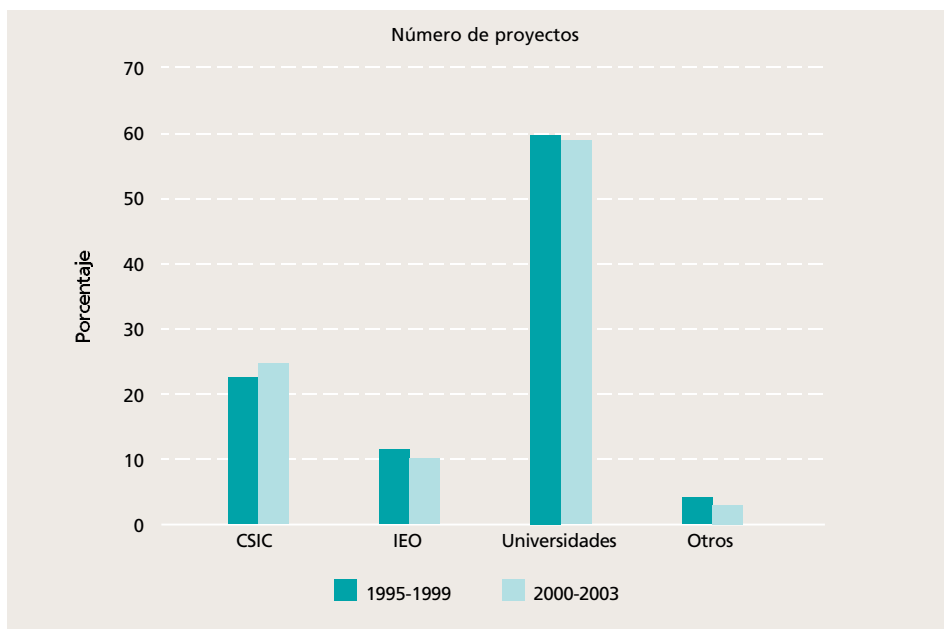
Planes Nacionales de 1995 a 2003

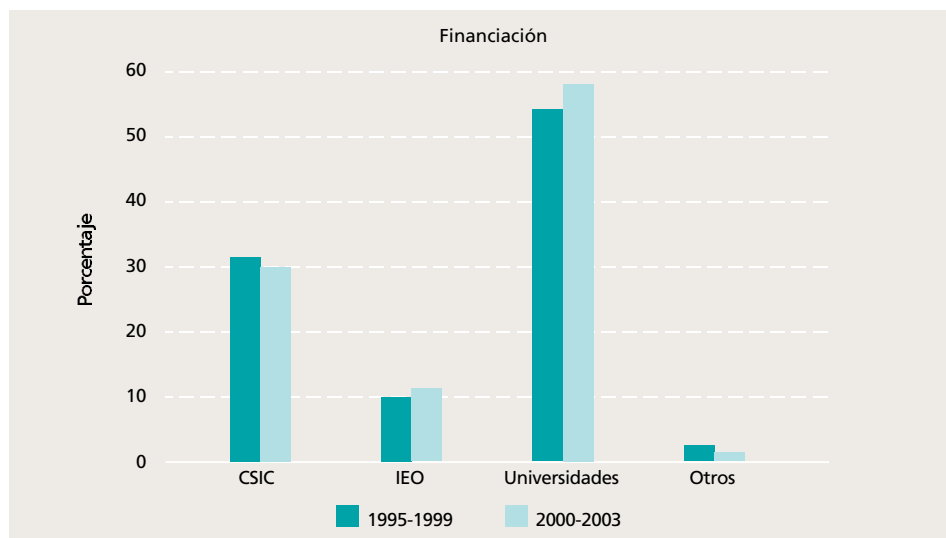
Anualmente, se realiza una convocatoria pública y competitiva para solicitar proyectos de I+D que son evaluados por la Agencia Española de Evaluación y por un Comité de expertos del MEC (<http://www.mec.es>). Los proyectos son seleccionados por su calidad científica, su ajuste a los objetivos de la convocatoria, la composición del equipo solicitante y su excelencia, la adecuación de las técnicas y plan de trabajo para alcanzar los objetivos propuestos, así como la adecuada justificación del presupuesto solicitado.

En el PN 1995-1999 se aprobaron 189 proyectos, con una financiación de 9,14 millones de euros y una participación de 550 personas/año; mientras que en el PN 2000-2003 se aprobaron 175 proyectos, con 12,42 millones de euros y con la participación de 780 personas/año; con un índice de éxito (nº propuestas/nº proyectos aprobados) de 47% y 51%, respectivamente (Morales-Nin & Sánchez-Fernández, 2004).

La participación, considerada como organismo al que pertenece el investigador principal, demuestra que los principales actores en las ciencias marinas españolas son las universidades (figura 5.3.1.) tanto en número de propuestas como en financiación conseguida. En segunda posición se encuentra el CSIC con una proporción un poco mayor en los presupuestos concedidos (figura 5.3.1.).

Figura 5.3.1. Proyectos aprobados y financiación concedida en los dos planes nacionales completados por institución del investigador principal





Periodo 2004-2005. Recursos obtenidos en los programas de ciencias marinas y acuicultura

En el tercer PN se ha mantenido un subprograma específico para CTM con objetivos similares a los anteriores, pero con matices hacia una mayor implicación tecnológica (<http://www.mec.es/ciencia/jsp/>). En las dos convocatorias completadas al escribir este documento, se ha mantenido el índice de éxito de los proyectos solicitados (47,3% en 2004 y 45,7% en 2005), si bien la financiación concedida en 2005 ha superado netamente la concedida en años anteriores (tabla 5.3.1.). El número de propuestas presentadas en cada convocatoria oscila entre 70-80 anuales desde 1995 y el promedio de los proyectos aprobados alrededor de 30. Por el contrario, la inversión en promedio por cada proyecto aprobado ha ascendido notablemente de 48.300 euros en 1995-1999, 70.900 euros en 2000-2003, a 92.575 euros en 2004 y 160.214 euros en 2005, sin embargo no alcanza al 50% de lo solicitado (Morales-Nin & Sánchez-Fernández, 2004; tabla 5.3.1.). Es importante notar que la financiación para coste de buques no está incluida en los presupuestos de proyectos desde 2002.

El MEC concede a los proyectos con mejor calificación en becas predoctorales (FPI) y contratos de técnicos asociados al proyecto. La cantidad de becas concedida es parecida a lo largo del tiempo, con una disminución en 2004-2005 (1995-1999: 45; 2000-2003: 49; 2004-2005: 26) así como el de técnicos, aunque éstos son muy escasos (Morales-Nin & Sánchez-Fernández, 2004; tabla 5.3.1.).

El índice de éxito de los proyectos de ciencias del mar solicitados en el programa antártico es muy superior, tanto en propuestas aprobadas como en la financiación conseguida (tabla 5.3.1.). Este mayor índice de éxito de estos proyectos también se manifiesta en los becarios predoctorales concedidos en proporción a los proyectos aprobados (tabla 5.3.1.).

Durante el bienio 2004-2005 la acuicultura marina continuó integrada en el PN de recursos y tecnologías agroalimentarias y se presentaron alrededor de 53 proyectos/año con un porcentaje medio de aprobación del 40% (tabla 5.3.1). En 2005 la inversión promedio por proyecto se incrementó ligeramente con respecto a 2004 (72.417 euros en 2004 y 75.842 euros en 2005). Se observa una cierta tendencia a la estabilidad en cuanto al número de becas FPI concedidas y una gran escasez en la concesión de técnicos (sólo uno por año).

Tabla 5.3.1. Resumen de los proyectos solicitados y aprobados en las convocatorias de 2004 y 2005

Año	Nº Proyectos				Importe				Técnicos conced. (nº)	Becarios conced. (nº)
	Progr.	Solicit.	Aprob.	% Aprob.	Solicitado (€)	Concedido (€)	% Financ.			
2004	MAR	76	36	47,37	12.463.149	3.332.700	26,74		3	15
	ANT	8	6	75,00	1.339.493	708.900	52,92		–	2
	ACUI	53	24	45,28	4.703.993	1.738.000	36,94		1	7
2005	MAR	70	32	45,71	12.393.562	5.126.877	41,37		3	11
	ANT	13	7	53,85	2.277.395	940.457	41,30		–	4
	ACUI	54	19	35,18	6.594.176	1.441.000	21,85		1	5

Fuente: MAR: ciencias y tecnologías marinas, ANT: Antártida, ACUI: acuicultura marina, Plan Nacional de I+D.

Participación en los proyectos CTM y ACU

Cada investigador de plantilla dispone de un equivalente de dedicación plena (EDP1 en la nomenclatura del Plan Nacional de I+D) que puede utilizar en un solo proyecto o compartir en dos. En los proyectos de ámbito marino el número de EDP1 por proyecto solicitados osciló en las convocatorias de 2004 y 2005 entre 1 y 12, con un tamaño medio de 6,62 personas/proyecto (error estándar 0,20) y $3,70 \pm 0,32$ EDP1/proyecto, similar a la de los proyectos aprobados ($7,49 \pm 0,50$ y $3,84 \pm 0,26$, respectivamente) (tabla 5.3.2). Por el contrario, en acuicultura el número de EDPs totales fue de 75 en 2004 y 80 en 2005 y, por tanto, el tamaño medio de los equipos fue ligeramente inferior al de CTM, oscilando entre 3 y 4 EDP1/ proyecto y fue algo inferior en 2004 (3,13 en 2004 y 4,21 en 2005). Por ello en ACU, al considerar la inversión por EDP1, se observó un importante descenso en 2005 (23.173€/EDP1 en 2004 frente a 18.013€/EDP1 en 2005). La mayoría de propuestas presentadas (85%) contaba con cinco o menos investigadores de plantilla participantes, mientras que sólo una de



Jaulas para el cultivo de peces marinos. (S. Zanuy)

cada siete propuestas contó con mayor participación (figura 5.3.2.). El porcentaje de proyectos aprobados no aumentó ni disminuyó con el tamaño del grupo, excepto por una penalización de proyectos presentados por investigadores solitarios, de los que ninguno ha sido financiado (en casos de propuestas excelentes se les concedió financiamiento puente para un año), frente a un 46% de éxito de las propuestas, en general.

La participación de mujeres como IP (investigadora principal) en CTM es muy baja, sólo el 19%, disminuyendo en 2005 a pesar de que desde esa fecha existen medidas proactivas (tabla 5.3.2.). La participación de mujeres como IP en ACUI es algo superior a la de CTM y asimismo se observó un descenso en 2005 (29 y 21% 2005, respectivamente).

Tabla 5.3.2. Datos para 2004 y 2005 de la participación en la convocatoria CTM por proyecto financiado

Año	Personas (nº)	Promedio persona/proyecto	Instituciones (nº)	Promedio instituciones/proyecto	EDP tipo 1 (nº)	Promedio EDP/proyecto	IP mujeres (nº)	IP mujeres (%)
2004	267	7,42	96	2,67	141	3,92	7	19,44
2005	242	7,56	75	2,34	120	3,75	5	15,63
Total	509	7,49	171	2,51	261	3,84	12	17,65

Figura 5.3.2. Número de propuestas en CTM presentadas para cada tamaño del equipo solicitante (medido en EDP1)

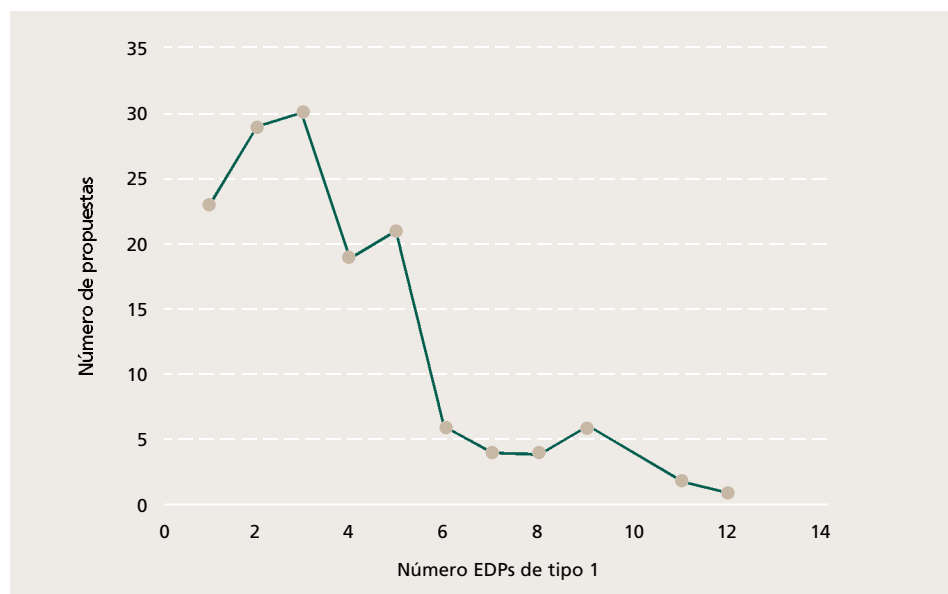
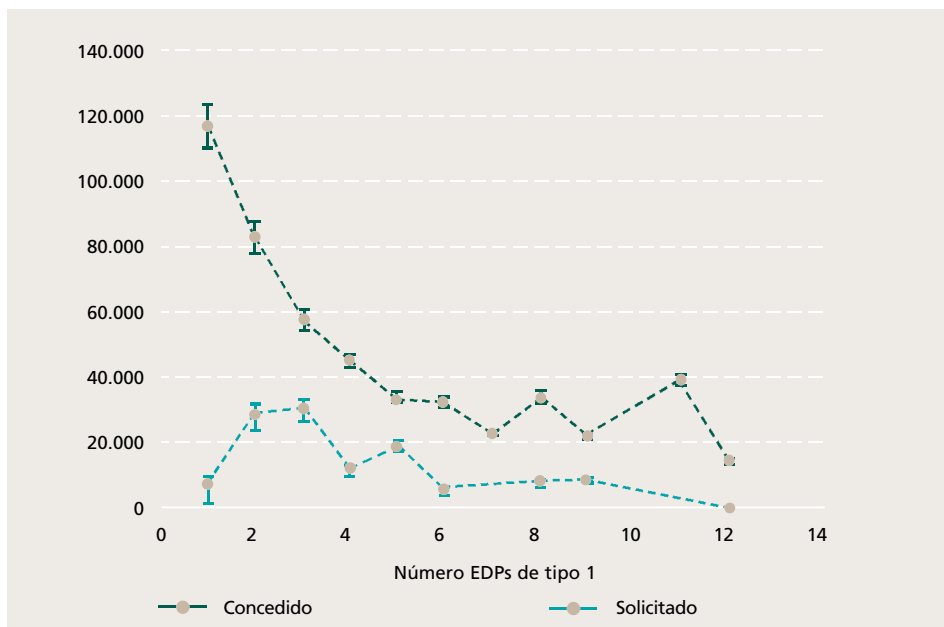


Figura 5.3.3. Financiación promedio solicitada y concedida por EDP1 en el programa CTM



Este patrón sugiere que los grupos de investigación de ciencias y tecnologías marinas tienen un tamaño típico de 3 investigadores de plantilla y que el número de grupos de investigación de tamaño superior es muy reducido (15%).

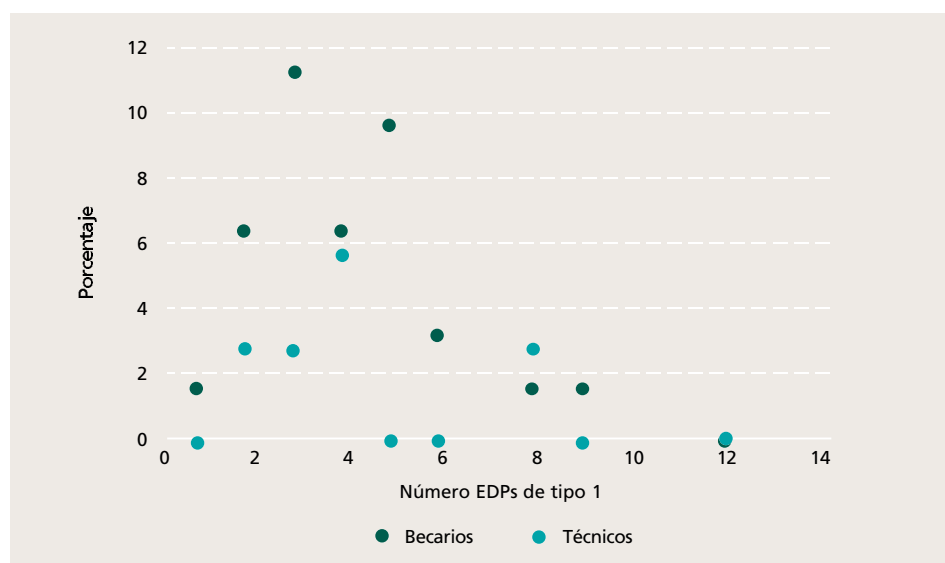
Se concedieron el 37,14% de los becarios solicitados por los proyectos aprobados; para técnicos sólo el 13,16%. Con respecto al tamaño del grupo solicitante tienen mayor éxito las propuestas de 4-5 EDP1, los equipos mayores no se ven beneficiados ya que son tan pocos los recursos disponibles que a partir de un umbral de calidad científica el tamaño del grupo no beneficia en este aspecto (figura 5.3.3. y 5.3.4.).

La financiación solicitada por investigador tuvo un valor promedio de $62,0 \pm 0,5$ mil euros (máxima 369.000 euros por investigador), disminuyendo de forma exponencial con el tamaño del equipo de investigación (fig. 5.3.3.), de forma que los proyectos con 6 o más investigadores solicitan cuatro veces menos presupuesto por investigador, en promedio, que un proyecto con un único investigador. El porcentaje de financiación concedida en relación a la solicitada fue, en promedio, del 67,6%, sin que se aprecie un patrón claro hacia un aumento o una disminución con el tamaño del proyecto (fig. 5.3.3.).

Estos resultados indican que el proceso de evaluación y decisión de los proyectos por parte de la ANEP y el departamento correspondiente del Plan Nacional de I+D es relativamente neutro en cuanto a los recursos que asignan por investigador a los proyectos de investigación que se financian. La extendida percepción entre los investigadores de que los proyectos

pequeños reciben más recursos por investigador participante tiene su fundamento en los propios solicitantes y no en el proceso de evaluación. Sin embargo, los equipos grandes con una gran participación, no son especialmente apoyados, particularmente en la asignación de becas de doctorado y contratos de técnicos. En el caso de grandes proyectos que requieren un gran presupuesto se intenta buscar soluciones alternativas.

Figura 5.3.4. Distribución por tamaño del grupo solicitante de los becarios predoctorales y técnicos asignados en los proyectos CTM concedidos



Dado que los paneles de evaluación actúan de forma neutra en cuanto al tamaño de los proyectos (a excepción de la tendencia a penalizar los proyectos de investigadores individuales), el estímulo de proyectos con un mayor tamaño crítico, capaces de abordar investigación interdisciplinar, usar eficientemente las grandes infraestructuras requeridas en investigación marina y competir con éxito en el Programa Marco de la UE, requiere de actuaciones de política científica. Estas actuaciones se debieran plasmar en convocatorias específicas, como el programa Consolidar y Consolidar-Ingenio 2010 (> 30 investigadores), y para tamaños intermedios de grupos de investigación, estímulos claramente identificados en la convocatoria (e.g. prioridad en programas de asignación de técnicos y becarios), que animen a que los participantes se consorcien en grupos de mayor tamaño (>5 investigadores) y que guíen el comportamiento neutro de los procesos de evaluación y selección para premiar los esfuerzos para presentar proyectos con grupos de mayor masa crítica.

Sin embargo, es importante que el tejido científico se mantenga y se creen grupos pequeños emergentes, dentro de los criterios de excelencia científica, por lo que esta política necesita

de una diversificación en los tipos de convocatorias con una dotación presupuestaria suficiente para financiar adecuadamente grupos grandes y medianos.

Actores en los proyectos CTM

Los OPIs dependientes del MEC y las universidades son los actores principales en las convocatorias CTM con la participación de otros entes como el IGME, Puertos del Estado y AZTI. El gran papel de la universidad, ya demostrado en anteriores PN, continúa con el 57,35% de los proyectos aprobados. El CSIC sigue con el 36,8%, mientras que el IEO y otros entes tienen una proporción similar del 2,94%. En lo que respecta a los recursos obtenidos, la financiación total en ambos años ha sido de 8.459.577 euros de la que la universidad ha conseguido el 51,5%, el CSIC el 43%, otros entes el 35,16% y el IEO el 18,6%. Respecto a los recursos obtenidos en Acuicultura para 2004-2005, se observa una tendencia parecida. Las universidades son las que presentan una participación más alta (56% y 79% en 2004 y 2005, respectivamente), seguidas por los OPIS (35,8% en 2004 y 21% en 2005) de los cuales el CSIC, entre los dos años considerados, obtuvo una media del 68% de los recursos asignados a los OPIS, seguido por el INIA y el IEO, el resto de los recursos correspondió a centros de las Administraciones Autonómicas.

Sin embargo, lo concedido frente a lo solicitado muestra que el CSIC tiene mejor ajuste (43% obtenido) seguido por la universidad (31,7%), el IEO (29,6%) y los otros entes (14,25%) (figura 5.3.5.). En lo que respecta a las solicitudes por comunidades autónomas hay variabilidad interanual, pero Cataluña es la comunidad más activa seguida por Andalucía (figura 5.3.6.). Al considerar la participación, medida en EDP1, y la obtención de financiación, se observa cierta variabilidad interanual tanto por entes como por comunidades (figuras 5.3.7. y 5.3.8.). La misma situación se observa en acuicultura, aunque a pesar de la variación interanual, la comunidad más activa es Galicia seguida por igual por Andalucía, Valencia y Cataluña.



Congreso ASLO 2005 en Santiago de Compostela. (C. M. Duarte)

Figura 5.3.5. Concedido versus solicitado para las convocatorias de CTM de 2004 y 2005 por entes

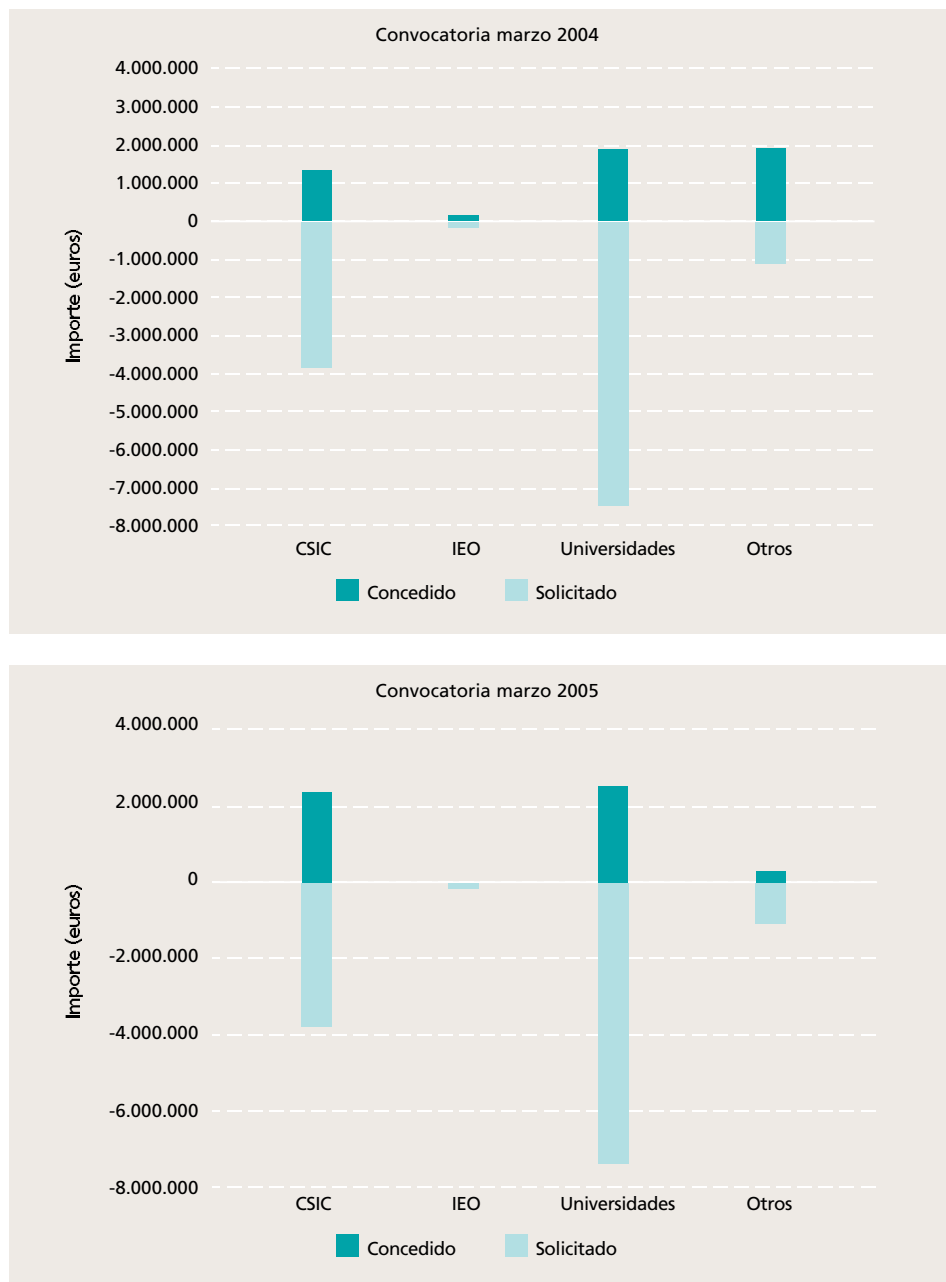


Figura 5.3.6. Importe concedido por EDP para cada ente

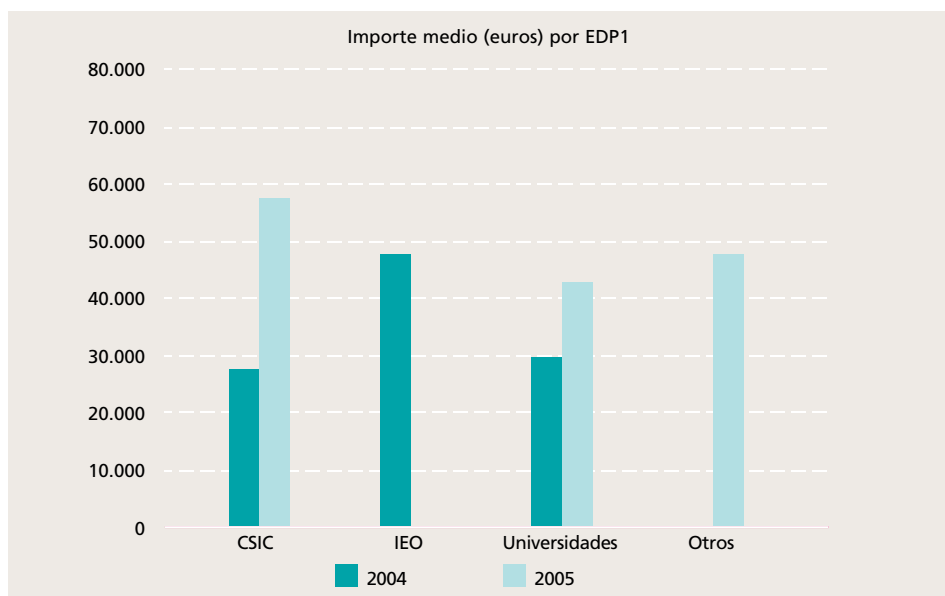


Figura 5.3.7. Financiación promedio por EDP1 en proyectos de ciencias y tecnologías marinas de distintas comunidades autónomas en las convocatorias de 2004 y 2005

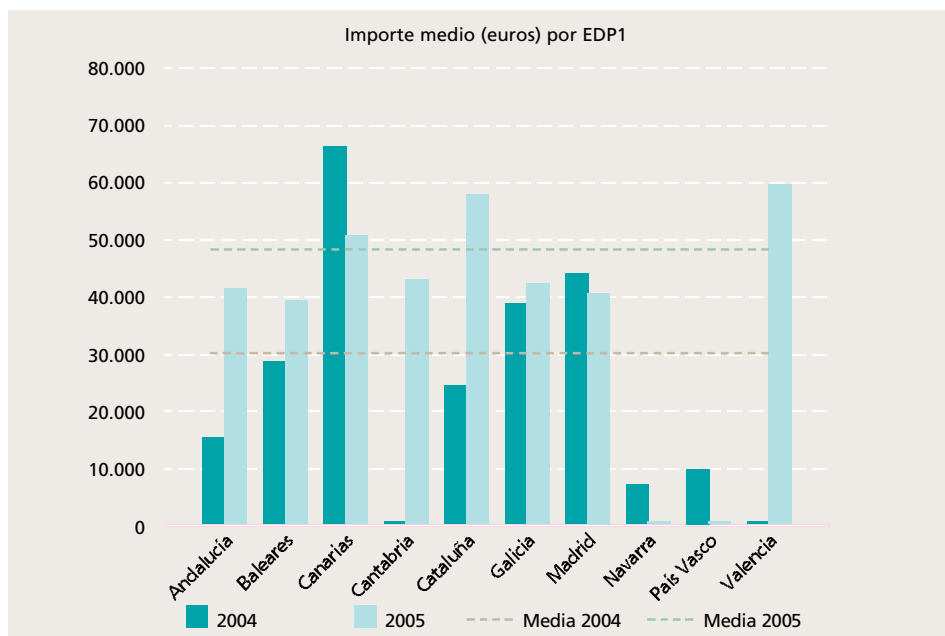


Figura 5.3.8. Importe total de proyectos de ciencias y tecnologías marinas de distintas comunidades autónomas solicitado y concedido en las convocatorias de 2004 y 2005



5.3.2. Comunidades autónomas

Prácticamente todas las comunidades autónomas que ocupan la franja costera de nuestro país poseen en la actualidad un Plan de I+D+I propio. Dichos planes han sido gestados con notable desigualdad temporal. Así, Andalucía, Asturias y Cataluña lo establecieron en el periodo 1987-1993 (tabla 5.3.3.), mientras que Canarias y Cantabria lo han llevado a cabo en el 2003 y 2006, respectivamente. Dado que el proceso autonómico en España se desarrolló a principios de la década de 1980, es de destacar que incluso los primeros en dar el paso lo hicieron con casi 10 años de retraso. Algunas comunidades han tardado más de 20 años en sacar a la luz sus planes de investigación. El proceso, en general, ha sido excesivamente lento.

La financiación de la investigación se realiza generalmente a través de las consejerías de Educación o de Investigación (por ejemplo, Cataluña y Andalucía) de las comunidades autónomas o de las direcciones generales de universidades e investigación (p.e., Canarias y Galicia). En algunas comunidades, la financiación se realiza a través de sociedades y fundaciones como ocurre en Cantabria y Asturias. También existen convocatorias de las consejerías de Industria o de Agricultura y Pesca.

En relación a las ciencias y tecnologías marinas, la falta de planes específicos ha sido la tónica general. Sólo Andalucía y Galicia han mostrado planes en esta materia. Las demás comunidades, por el contrario, presentan líneas prioritarias o bien mencionan las ciencias y tecnologías marinas como parte de sus objetivos. Sin embargo, llaman la atención las cuantías destinadas a la financiación de grupos de investigación. En general, estas cantidades suelen ser insuficientes para el desarrollo de la investigación marina dado su alto coste en infraestructuras y utilización de buques oceanográficos y/o pesqueros. Así, existen comunidades donde la máxima financiación competitiva es de 18.000 euros (Balears), 30.000 euros (Valencia) o 60.000 euros (Canarias), y otras donde esta cifra se eleva a cantidades más razonables como el caso de los 240.000 euros de Andalucía, los 180.000 euros de Asturias o los 120.000 euros de Galicia (ver tabla 5.3.3.).

En algunas comunidades la financiación más cuantiosa se realiza mediante convenios o proyectos no competitivos otorgados por los gobiernos autónomos y sus distintas consejerías. En algunos casos, dicha financiación es de 10 a 100 veces superior a la asignada a los proyectos competitivos. Ésta es una situación que debe cambiar en el sistema estatal de la investigación pues, sin duda, no es la filosofía ni del Estado ni de la Unión Europea asignar



Pulpo, *Octopus vulgaris*. (M. E. Garci)

financiación de forma no competitiva. Ésta parece ser una importante laguna en el desarrollo de un sistema integral de investigación en este país.

En relación a la seriedad y profesionalidad de la política científica, es de destacar que la diferencia entre comunidades es importante. Así, mientras que en Galicia la percepción es que prácticamente la dotación presupuestaria dedicada a investigación entra en el sistema competitivo de asignación, en otras comunidades como Canarias y Baleares no lo es tanto. Particularmente, en Canarias los cuantiosos fondos *Interreg* de la UE tuvieron, y tienen, una asignación nada acorde con los baremos estándar utilizados a nivel nacional o de la Unión Europea.

La inversión en centros de investigación marina en las distintas comunidades ha sido importante. Así, salvo Valencia, Murcia y Cantabria, todas las demás comunidades han apostado por la creación de sus propios centros de investigación marina (ver apartado 4.3. y tabla 5.3.3.), aún teniendo centros importantes de investigación de gestión estatal. Es de destacar Galicia, donde existen tres centros propios de la Comunidad (CIMA, CETMAR e INTECMAR) que conjuntamente con los centros oceanográficos de A Coruña y Vigo del IEO, el Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo del CSIC, la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Vigo, diferentes grupos de investigación en las universidades de Santiago de Compostela y A Coruña, ANFACO-CECOPESCA y el Laboratorio Europeo de Referencia en Biotoxinas Marinas conforman una de las mayores apuestas por las ciencias y tecnologías marinas en el país. Igualmente existe una concentración significativa de instituciones de investigación marina de la Comunidad Autónoma de Andalucía en la provincia de Cádiz. A la Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales hay que añadir el Centro Andaluz de Ciencia y Tecnologías Marinas así como el Centro de Investigación y Formación de Producción Acuícola “El Toruño”. A estas tres instituciones de gestión autonómica se les unen otras de ámbito estatal como el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía del CSIC o las dependencias que el centro Oceanográfico de Puerto Real del IEO tiene en Cádiz. Además, el Ministerio de Defensa tiene localizados en la provincia al Instituto Hidrográfico de la Marina y al Real Observatorio de la Armada. En su conjunto, esta batería de instituciones suponen una importante concentración de efectivos dedicados al estudio del mar, algunos de ellos con historia centenaria y otros de reciente creación. En el lado opuesto podemos considerar al País Vasco, el cual no posee centro perteneciente al Gobierno Autónomo. La Fundación AZTI es privada y no accede a las ayudas a la investigación de su Comunidad tal y como hacen las universidades vascas.

En resumen, el único factor común en la investigación tutelada por las comunidades autónomas es la creación de los distintos Planes de I+D+I, en general con bastante retraso en relación al proceso autonómico. Con respecto a las líneas prioritarias en ciencias y tecnologías marinas son pocas las comunidades que las han establecido. La financiación competitiva es extraordinariamente variable y en la mayoría de los casos absolutamente deficiente para abordar los problemas de la investigación marina. Se percibe entre la comunidad científica de algunas autonomías que existe una importante porción de la financiación que no entra en el sistema competitivo de la ciencia. Por último, existe una notoria diversidad de centros de investigación marina a nivel autonómico, mostrando una importante apuesta de determinadas comunidades por esta línea de investigación.

Tabla 5.3.3. Número de Planes de I+D+I de las comunidades autónomas y fechas de comienzo

Autonomía	Plan I+D+I	Plan I+D+I desde	Número de Planes	Línea Prior. CC. Marinas	Mención CC. Marinas	Máx. Financ. Competitiva	Centro I+D CC. Marinas
Cataluña	Sí	1993	4	No	?	75.000 €	IRTA
Baleares	Sí	2001	2	No	Sí	18.000 €	LIMA
Valencia	Sí	2001	1	No	No	30.000 €	No
Murcia	Sí (POI)	2000	1	No	No		No
Andalucía	Sí	1987	3	Sí	Sí	240.000 €	ICMAN
Galicia	Sí	1999	3	Sí	Sí	140.000 €	CIMA, CETMAR, INTECMAR
Asturias	Sí	1989	3	No	Sí	180.000 €	CEP
Cantabria	Sí	2006	1	No	?		No
País Vasco	Sí	1997	3	No	Sí		AZTI (Fund)
Canarias	Sí	2003	1	No	Sí	60.000 €	ICCM

Se indica también si existe líneas prioritarias en Ciencias Marinas, mención de alguna línea de investigación marina y la máxima financiación otorgada a proyectos competitivos.

- CIMA
- CETMAR
- INTECMAR
- ICMAN
- ICCM
- CEP
- IRTA
- LIMA
- Centro de Investigaciones Marinas
- Centro Tecnológico del Mar
- Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino de Galicia
- Instituto de Ciencias del Mar de Andalucía
- Instituto Canario de Ciencias Marinas
- Centro de Experimentación Pesquera
- Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries
- Laboratori d'Investigacions Marines i Acuicultura

5.3.3. V y VI Programa Marco de la UE

El V Programa Marco de I+D de la UE supuso un cambio de tendencia con los programas anteriores en los que las ciencias y tecnologías marinas estaban reunidas dentro del programa temático MAST (*Marine Science and Technology*). En el V Programa Marco se retuvieron contenidos claramente marinos en el ámbito de 5 programas temáticos, sobre todo dentro de los de calidad de vida y medio ambiente. Los proyectos financiados en el ámbito marino con participación española fueron 122, en los cuales actuaron 195 socios españoles (tabla 5.3.4.). El retorno correspondiente fue de 24 millones de euros, que supone, en términos del porcentaje de la financiación en programas de ámbito marino captado por los participantes españoles, un 7,3% (tabla 5.3.5.), un punto porcentual inferior al retorno de 8,2% obtenido en el programa MAST III del IV Programa Marco (Duarte *et al.*, 1999).

Tabla 5.3.4. Número de proyectos con participación española y número de participantes españoles en los proyectos de ciencias y tecnologías marinas contenidos en los distintos programas específicos del V y VI Programa Marco de la UE

PM	Programa	Nº proys.	Nº participaciones
V	Calidad de vida	62	105
V	Crecimiento sostenible	11	14
V	Innovación y pymes	1	1
V	Medio ambiente	44	65
V	Sociedad de la Información	4	10
V	Total	122	195
VI	Aeronáutica y espacio	2	8
VI	Apoyo a infraestructuras de investigación	2	4
VI	Apoyo a la coordinación de actividades	5	7
VI	Apoyo a política UE	18	31
VI	Cambio global y ecosistemas	9	22
VI	Cooperación internacional	4	5
VI	Investigación e innovación	2	2
VI	Medidas específicas para pymes	12	28
VI	NEST	1	1
VI	Recursos humanos y movilidad	1	1
VI	Seguridad alimentaria	5	23
VI	Sistemas energéticos sostenibles	1	1
VI	Transporte sostenible	6	13
VI	Total	68	146

Fuente: Los resultados del VI Programa Marco son provisionales, dado que queda por resolver una convocatoria.

Las ciencias y tecnologías marinas se vieron muy fragmentadas en el programa marco que concluye este año (VI Programa Marco), donde aparecieron dispersas entre 13 programas específicos. Los datos que se presentan son provisionales, pues aún falta por conocer los resultados de la última convocatoria. El número de proyectos con participación española se reduce casi a la mitad en relación a los proyectos del V Programa Marco, aunque el número de participantes en estos proyectos como socios por equipos españoles es comparable al del Programa Marco 5 (tabla 5.3.4.). Este contraste entre número de participantes y número de proyectos entre el V y VI Programa Marco se debe a la introducción de los “nuevos instrumentos”, redes de excelencia y proyectos integrados con entre 20 y 60 participantes cada uno. De hecho, los investigadores españoles participan en las tres redes de excelencia de ámbito marino del Programa Marco VI: MarBEF (www.marbef.org), socios españoles



Ola rompiendo en la proa del *Hespérides*. (C. M. Duarte)

CSIC, Univ. Illes Balears, donde un investigador del CSIC actúa como líder del Tema 2 de la red y es miembro del *Executive Committee* y otro es miembro del *Scientific Committee*; EUR-OCEANS (www.eur-oceans.org), con CSIC, IEO, Univ. Las Palmas de Gran Canaria y la Universidad de Vigo como socios españoles, donde un investigador del CSIC lidera dos paquetes de trabajo y es miembro del *Scientific* y *Executive Committees*; y *Marine Genomics* (www.marine-genomics-europe.org), con CSIC, Centro de Acuicultura de Tarragona y la Universidad de Barcelona como socios españoles, y donde un investigador del CSIC es miembro del *Scientific Steering Committee*. Además, un investigador también del CSIC coordina el proyecto integrado *Thresholds* (www.thresholds-eu.org), el único Programa Integrado de ámbito marino liderado por un investigador español. Aun así, el número de proyectos del VI Programa Marco coordinados por investigadores españoles es muy inferior a cualquiera de los programas marcos desarrollados en la década anterior, apuntando a una preocupante caída del liderazgo español. La cantidad retornada hasta la fecha en el VI Programa Marco, 20,3 millones de euros, es inferior a la retornada en el V Programa Marco, y corresponde a un retorno de 6,1%, lo que supone una reducción de 1,2 puntos porcentuales en relación a los retornos obtenidos en el Programa Marco anterior.

Tabla 5.3.5. Financiación total y proporción de financiación obtenida por los investigadores españoles en los proyectos de ciencias y tecnologías marinas contenidos en los distintos programas específicos del V y VI Programa Marco de la UE

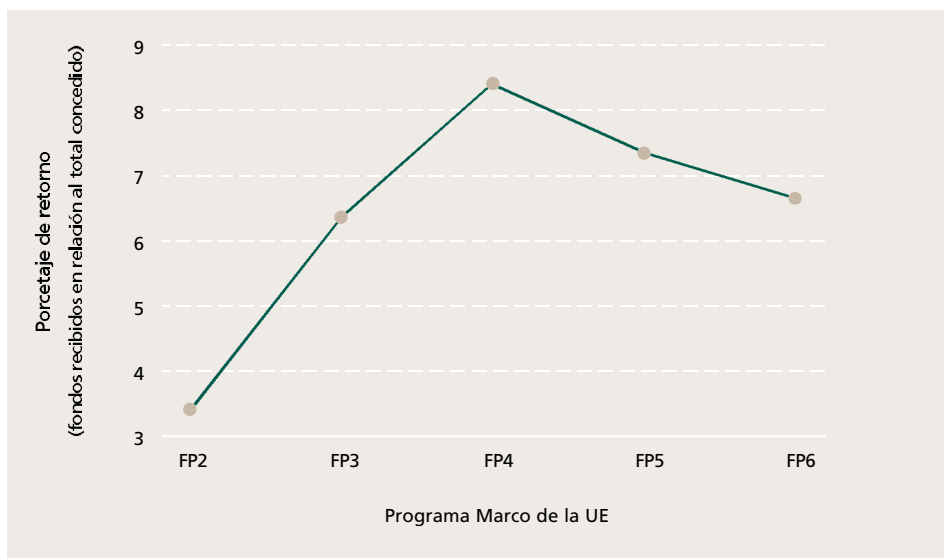
PM	Programa	Total E	Total resto UE	% ES/Total UE
V	Calidad de vida	12.497.538	100.035.543	11,1%
V	Crecimientos sostenible	2.147.393	45.493.506	4,5%
V	Innovación y pymes	103.206	4.050.976	2,5%
V	Medio ambiente	8.963.462	150.947.041	5,6%
V	Sociedad de la Información	403.980	5.928.947	6,4%
V total		24.115.579	306.456.013	7,3%
VI	Aeronáutica y espacio	1.788.091	31.715.595	5,3%
VI	Apoyo a infraestructuras de investigación	589.778	22.298.699	2,6%
VI	Apoyo a la coordinación de actividades	973.968	14.468.304	6,3%
VI	Apoyo a política UE	3.452.190	36.666.706	8,6%
VI	Cambio global y ecosistemas	4.119.923	68.053.230	5,7%
VI	Ciencias de la vida, genómica para la salud		11.999.962	0,0%
VI	Cooperación internacional	922.223	22.815.956	3,9%
VI	Investigación e innovación	85.224	1.424.529	5,6%
VI	Medidas específicas para pymes	1.923.760	17.016.909	10,2%
VI	NEST	470.000	2.681.740	14,9%
VI	Recursos humanos y movilidad	525.862	8.886.066	5,6%
VI	Seguridad alimentaria	4.142.721	36.072.295	10,3%
VI	Sistemas energéticos sostenibles	13.358	1.786.656	0,7%
VI	Transporte de superficie sostenible	1.347.788	36.404.513	3,6%
VI total		20.354.886	312.291.161	6,1%
Total general		€ 44.470.464,33	€ 618.747.174,48	6,7%

Los resultados del VI Programa Marco son provisionales, dado que queda por resolver una convocatoria.

Los resultados obtenidos siguen mostrando la fuerte dependencia de las ciencias y tecnologías marinas españolas respecto del Programa Marco de la UE como fuente de financiación. Por ejemplo, a pesar de la disminución de los retornos, en términos absolutos y relativos, y al hecho de que aún no se ha resuelto la última convocatoria (2006) del VI Programa Marco, éste ha reportado, entre los años 2003-2005, un promedio de casi 7 millones de euros por año, lo que prácticamente duplica la financiación para proyectos de ciencias y tecnologías marinas aportada por el Plan Nacional de I+D (3,5 millones de euros por año). Por ello, el descenso de los resultados españoles es particularmente preocupante, ya que supone una pérdida de recursos esenciales para la I+D marina en España.

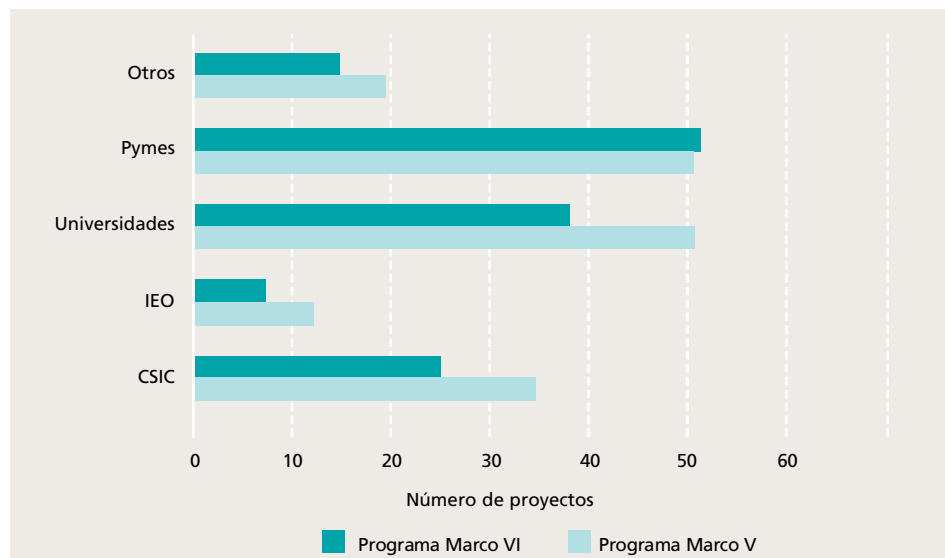
Los resultados descritos apuntan a un cambio importante de tendencia en los últimos 6 años, en relación a los resultados obtenidos en el II, III y IV Programa Marco, con una caída de un 2,2% de retorno (figura 5.3.9), lo que supone una importante pérdida de competitividad de los investigadores españoles. Hay que tener en cuenta que en el VI Programa Marco participa un número mayor de países que los que participaban en los anteriores (i.e. UE 25), por lo que la disminución del retorno porcentual podría ser, en parte, un efecto estadístico del aumento del número de países. Sin embargo, a pesar de que el presupuesto del VI Programa Marco fue superior al del V Programa Marco, los retornos absolutos para España disminuyeron de forma importante en el último.

Fig. 5.3.9. Cambios en el porcentaje de retorno para España en programas de ciencias y tecnologías marinas a lo largo de los últimos cinco Programas Marco de I+D de la UE



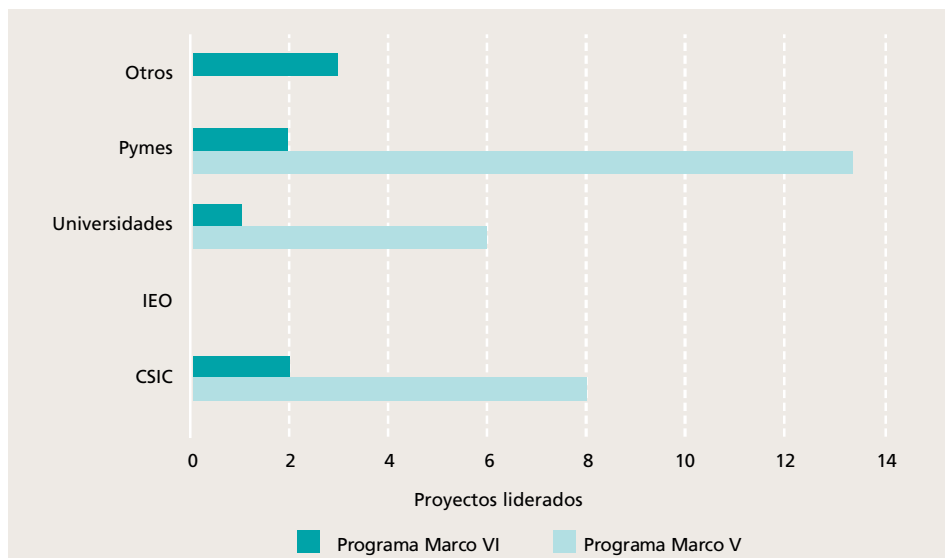
La participación en proyectos decayó en un 20% entre el V y VI Programa Marco, en los que se mantuvo la participación de las PYMES, pero decayó de forma importante la participación de otros sectores (figura 5.3.10.). El número de proyectos de temática marina del Programa Marco liderados por investigadores españoles experimentó un colapso de un 70%, de 27 proyectos liderados por investigadores españoles en el V Programa Marco a tan sólo 8 en el VI Programa marco (figura 5.3.11.), de los cuales sólo uno corresponde a un “nuevo instrumento” (grandes proyectos), en particular el proyecto integrado *Thresholds of Environmental Sustainability*, coordinado desde el CSIC.

Figura 5.3.10. Participación, en términos de número de proyectos, de socios españoles de distintos sectores institucionales en proyectos en ciencias y tecnologías marinas de los Programas Marco V y VI de I+D



Posiblemente el deterioro de la participación española en el Programa Marco de la UE tiene múltiples explicaciones, aunque todas ellas contribuyen a una disminución de la competitividad de los investigadores españoles. Por un lado, la desaparición simultánea del programa temático MAST de la UE y el programa nacional de Ciencias y Tecnologías Marinas, CYTMAR, supuso un importante contratiempo. A diferencia de lo ocurrido en España, donde la desaparición del programa específico marino europeo se reprodujo en las estructuras nacionales, otros países en los cuales el sector marino tiene un peso importante como Irlanda o Portugal, han mantenido este programa específico. La desaparición de la Oficina de Ciencia y Tecnología en el año 2000 para dar paso al Ministerio de Ciencia y Tecnología supuso un descalabro de la eficiente maquinaria que habían establecido la CICYT primero y después la OCYT para negociar los contenidos de los programas marco, de forma que la presencia e influencia de negociadores españoles fue mucho menor que la aplicada en la negociación de los contenidos del IV y V Programa Marco. Igualmente, el paso de la UE15 a la UE25 ha hecho que el efecto “Cenicienta” desaparezca, de forma que el equilibrio regional de participación no demanda ya contar en los consorcios con un socio del sur de Europa, sino que ese papel de “Cenicienta” recae ahora sobre los nuevos países miembros de la UE, así como países en vía de incorporación y, en el VII Programa Marco, sobre los países en vía de desarrollo, que podrán participar como socios en los proyectos. Está claro que la participación española en proyectos del Programa Marco de la UE se ha de buscar no sobre la base de equilibrios geográficos sino sobre la base de excelencia.

Figura 5.3.11. Número de proyectos en ciencias y tecnologías marinas coordinados por investigadores españoles en los Programas Marco V y VI de I+D



El resultado es que los intereses y capacidades de la comunidad científica española no se vieron particularmente recogidos por los planes de trabajo del VI Programa Marco, que se ajustaban mejor a los intereses y capacidades de los investigadores de otros países, más activos en la negociación de contenidos. Lamentablemente, todo apunta a que la capacidad de influencia sigue y muy escasa, de forma que la situación se podría repetir en los contenidos del VII Programa Marco, que es el más importante hasta la fecha, dado que tiene una duración de 7 años, no de 4 como los anteriores. Igualmente, el paso de proyectos relativamente pequeños a proyectos de una dimensión 10 veces superior y con una complejidad de gestión importante, desanimó a los investigadores, cuyas instituciones carecen en general de capacidades para dar apoyo a esta compleja gestión. El liderazgo en estos grandes proyectos (típicamente de más de 20 socios) es sólo posible para grupos con masa crítica suficiente y con un fuerte apoyo institucional para facilitar su gestión. El desarrollo de estas capacidades, pobremente desarrolladas en la comunidad española de investigación marina, es fundamental para abordar el VII Programa Marco con garantías de éxito.

Como conclusión, los resultados presentados demuestran un cambio de tendencia a partir del V Programa Marco, con una reducción del éxito de los investigadores españoles, y una pérdida de retornos que han supuesto la caída de 2,2 puntos porcentuales desde el 8,3 % alcanzado en el IV Programa Marco a 6,1% en el VI, con una pérdida importante de los recursos para la investigación en ciencias y tecnologías marinas en España.

Urge contrarrestar esta tendencia potenciando nuestra participación en el VII Programa Marco, para lo que es imprescindible potenciar, a través del incentivo de la cooperación, la formación de equipos de investigación con mayor masa crítica, más competitivos, y redoblar los esfuerzos para informar a la comunidad científica de la marcha de la preparación del VII Programa Marco, sobre el que las noticias son escasísimas, y redoblar los esfuerzos para acercar las prioridades del programa de trabajo a los intereses españoles.

5.4. Flota oceanográfica

5

España posee una “flota oceanográfica” (tabla 5.4.1.) que, en gran medida, está envejecida; por tanto, es gravosa de mantener y con una operatividad reducida, lo cual dificulta abordar los requerimientos internacionales exigibles en siglo XXI. No obstante, se ha iniciado una renovación de la misma y, en ese sentido, se cuenta con el nuevo buque regional de la Subdirección General de Pesca Marítima (SGPM), *B/O E. Bardan*,

o los oceánicos *B/O Sarmiento de Gamboa* y *Miguel Oliver*, del CSIC y la SGPM, respectivamente. A estos nuevos buques, por su concepción y equipamiento, pueden agregarse el *Vizconde de Eza* y el *BIO Hespérides*. La responsabilidad de la flota oceanográfica implica fundamentalmente a los ministerios de Educación y Ciencia, Agricultura Pesca y Alimentación, y Defensa.

Los buques del IEO (<http://www.ieo.es/buques.htm>) dedican la mayor parte de su tiempo operativo al estudio de los recursos vivos y su explotación y a la contaminación marina, y sus científicos asesoran al Gobierno español en negociaciones sobre acuerdos pesqueros internacionales. Los buques adscritos y/o gestionados por el CSIC (<http://www.utm.csic.es/buques.asp>) dedican todo el tiempo operativo a la realización de proyectos de investigación subvencionados principalmente por el Plan Nacional de I+D, o

en su caso a proyectos subvencionados por la UE. Los buques pertenecientes a la SGPM (http://www.mapa.es/es/pesca/pags/vizconde_web/index.htm), la mayor parte de su tiempo operativo lo dedican a la prospección y evaluación pesquera para la planificación de la política de investigación en materia de pesca en coordinación con el MEC. Por último, los buques de la Armada



BIO Sarmiento de Gamboa el día de su botadura.

Española (<http://www.armada.mde.es/esp/CienciaCultura/>), realizan la operativa naval en tareas de investigación marina y apoyo logístico a la bases antárticas españolas, contando con la gestión técnica del CSIC.

Por otra parte, las infraestructuras dedicadas a la oceanografía española en materia de buques de investigación son diversas conforme a los requerimientos y objetivos de los distintos organismos mencionados. Al objeto de comprender la dimensión y utilización de estas infraestructuras, se ha clasificado la flota en base a los criterios internacionales europeos del Oceanographic Fleet Working Group (OFWG), y norteamericanos del US University –National Oceanographic Laboratory System (UNOLS). A partir de estos criterios, se dividió la flota oceanográfica española en: global, oceánica, regional y local, en función de las características del buque (eslora, autonomía, capacidades, etc.), y zona de trabajo. En la tabla 5.4.1. se muestran los principales buques oceanográficos españoles atendiendo a esta clasificación. De esta tabla se desprende que España sólo dispone de un buque con capacidad global incluyendo áreas polares (*Hespérides*), y 6 con capacidad oceánica (*Cornide de Saavedra*, *Vizconde de Eza*, *Sarmiento de Gamboa*, *Thalassa*¹, *Las Palmas*² y *Miguel Oliver*³). En cuanto a buques regionales que operan en el entorno de la Península Ibérica (Atlántico, Mediterráneo) se dispone de 5 buques (*García del Cid*, *Mytilus*, *Emma Bardan*, *F. P. Navarro* y *Odón de Buen*). También existen 3 buques que operan en un ámbito muy local (J. Rioja, J. M. Navaz, Lura).

Tabla 5.4.1. Clasificación de la flota oceanográfica española

Regional	Oceánico	Global
24-40 m	50-70 m	> 80 m
SGPM	CSIC	Armada/CSIC
CSIC	SGPM	
IEO	SGPM	
CSIC	IEO	

En términos de equipamiento científico, la situación es igualmente variable, así los buques del IEO (<http://www.seriestemporales-ieo.net/gestion/equipamiento.htm>) cuentan a bordo con equipamiento restringido a la investigación pesquera, y en menor medida a la investigación oceanografía física y biológica. Los buques del CSIC (<http://www.utm.csic.es/hesp equip.asp>) cuentan con equipamiento multidisciplinar, y mantienen un *pool* de equipamiento disponible a toda la comunidad científica, susceptible en algunos

1. *Thalassa*, buque compartido por IFREMER-Francia (10 meses), y el IEO-España (2 meses).
2. *Las Palmas*, buque de la Armada que presta apoyo logístico a las bases antárticas españolas.
3. *Miguel Oliver*, buque oceanográfico de la SGPM prevista su botadura para julio de 2007.

casos de ser utilizado en otros buques. Los buques de la SGPM (http://www.mapa.es/es/pesca/pags/vizconde_web/instrumentacion.htm), cuentan con equipamiento multidisciplinar.

5.4.1. Tripulaciones y técnicos

En cuanto a técnicos especialistas, el IEO cuenta con un número restringido de ellos que, en general, no realizan labores de mantenimiento. El CSIC cuenta con una plantilla de técnicos en diferentes disciplinas englobados en la Unidad de Tecnologías Marinas (UTM), que realizan tareas de manejo, mantenimiento y mejoras a bordo de los buques, así como en los talleres y laboratorios del CSIC. La SGPM cuenta con un reducido grupo de personal subcontratado que apoya las campañas a bordo, que realiza cierta parte del mantenimiento y el manejo de equipos a su cargo.

Así pues contamos con un sistema complejo de buques, de distinto tonelaje, con equipamiento dispar, antiguos en su concepción y diseño, si exceptuamos el *E. Bardam*, *Vizconde de Eza*, y el *Hespérides*, y por supuesto los nuevos buques oceanográficos en construcción como el *Sarmiento de Gamboa* o el *Miguel Oliver* (próximo buque de 70 m de la SGPM). El sistema de tripulaciones dedicadas a los buques es asimismo distinto en cada buque (ver tabla 5.4.2.).

Tabla 5.4.2. Sistema de tripulaciones

Régimen tripulaciones: buques oceanográficos

(1)	<i>Hespérides</i> , Armada: Una tripulación de la Armada: Disponibilidad del buque 290 días/año
(2)	<i>Cornide de Saavedra</i> , IEO: Una tripulación con convenio específico, siguiendo la normativa vigente (ver nota) (7 meses) y otra tripulación bajo contratación externa (5 meses). Disponibilidad del buque 300 días/año
(3)	<i>Vizconde de Eza</i> , SGPM: Toda la tripulación bajo contratación externa. Disponibilidad del buque 330 días/año
(4)	<i>García del Cid</i> , CSIC: Una tripulación con convenio específico, siguiendo la normativa vigente (véase Nota) Disponibilidad del buque 214 días/año
(5)	<i>Mytilus</i> , CSIC, Una tripulación subcontratada Disponibilidad del buque 110 días/año

- Real Decreto 285/2002, de 22 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo, en lo relativo al trabajo en la mar. BOE núm. 82 de 5 de abril.
- C147 Convenio sobre la marina mercante (normas mínimas), 1976 Ratificado por España el 28:04:1978 (una tripulación supone 7 meses operativos, 5 meses de descanso).

5.4.2. Funcionamiento de los buques gestionados por el IEO

Los buques gestionados por el IEO tienen financiación asignada a cargo de los presupuestos del propio IEO, ya que la mayor parte de sus campañas son misiones propias del IEO. Los costes de operación son el mantenimiento, combustible, víveres, etc., así como las tripulaciones. En el caso del *Cornide de Saavedra* la tripulación está constituida por personal laboral regido por el convenio específico del buque, a la que se añade otra tripulación contratada al objeto de poder operar el buque para investigación unos 300 días/año efectivos. En el año 2005 este buque tuvo una utilización que ronda el 34% de su tiempo disponible para proyectos financiados por el Plan Nacional de I+D+I. Este porcentaje se reduce al 11% para el *Odón de Buen*, y a sólo el 4% para el *F. P. Navarro*.



Cornide de Saavedra. (Cortesía del IEO)

5.4.3. Funcionamiento de los buques gestionados por la SGPM

Los buques gestionados por el SGPM tienen financiación asignada a cargo de los presupuestos del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, ya que todas sus campañas son misiones propias de la Secretaría General de Pesca Marítima, aunque en algún caso colaboran en el programa de la Zona Económica Exclusiva Española (ZEEE). Los costes de operación son el mantenimiento, combustible, víveres, equipamiento, etc., así como las tripulaciones. El *Vizconde de Eza* tiene una tripulación más amplia contratada externamente, que permite operar el buque 330 días al año. Hasta la fecha, el *Vizconde de Eza* no participa en campañas de investigación financiadas por el Plan Nacional de I+D+I.



B/O Hespérides en la Antártida.

5.4.4. Funcionamiento de los buques gestionados por el CSIC

B/O Hespérides

Pertenece a la Armada Española, tiene una tripulación en torno a las 50 personas (entre oficiales, suboficiales y marinería). El buque está disponible para la realización de campañas de investigación, prioritariamente investigación en la Antártida, un promedio de 260 días al año (incluidos tránsitos y puertos intermedios), lo que supone el 90% del tiempo disponible. El resto del tiempo se utiliza por la Armada para la investigación de la ZEEE que suponen alrededor de 30 días, y unos 45 días para el mantenimiento (PIP) del buque que se realiza en la Base de Cartagena. Además hay que contar con 15 días de preparación de la campaña Antártica, y otros 15 días tras el retorno de la Antártida (en la Armada se denomina “alistamiento”). Durante el periodo de mantenimiento en la Base de Cartagena, el personal técnico del CSIC realiza distintas actividades de mantenimiento del equipamiento científico que gestiona. El CSIC realiza todo el soporte técnico de las campañas de investigación con personal cualificado con un promedio de 6-7 técnicos por campaña.

Coste de acceso: El coste anual del *B/O Hespérides* está financiado por la Armada (tripulación), y por el MEC (combustible, mantenimiento, víveres, etc.). El equipamiento científico lo mantiene/repára/restituye la UTM del CSIC. En las solicitudes del Plan Nacional no se incluye coste por operación diaria.



B/O García del Cid.

B/O García del Cid

Pertenece al CSIC, tiene una sola tripulación que asciende a 14 tripulantes (puente, máquinas y marineros) que permite al buque una operatividad de 7 meses al año disponible al 100% para investigación financiada por el Plan Nacional de I+D+I. Ello se traduce en 154 días disponibles al año para investigación que se obtienen de la siguiente distribución:

- 30 días de mantenimiento. El mantenimiento de los buques se debe realizar con la tripulación a bordo.
- 1 día antes de la campaña tiene que estar en puerto, y 1 día después de la campaña, en total 2 días entre campañas, por Convenio.

Coste de acceso: Los costes de mantenimiento y de tripulación van a cargo de los presupuestos del CSIC, así como el equipamiento y el mantenimiento/ reparación/ restitución del mismo. El coste para uso científico lo cubre el Plan Nacional, a través de Acciones Complementarias (AACC) asociadas a los correspondientes proyectos, las resoluciones de las AACC en ocasiones sufren significativos retrasos, lo que ocasiona una situación crítica para el buque. El CSIC realiza todo el soporte técnico de las campañas con personal cualificado con un promedio de 1-3 técnicos por campaña.

B/O Mytilus

Pertenece al CSIC, tiene una sola tripulación con 6 tripulantes, subcontratada para proyectos financiados por la Xunta de Galicia, que cofinanció su construcción y equipamiento, el Plan Nacional de I+D+I y la UE. Ello se traduce en 110 días de trabajo, además de los días de varada anual para mantenimiento.

- 15 días de mantenimiento. El mantenimiento de los buques se debe realizar con la tripulación a bordo.
- 2 días para arranchado entre campañas.

Coste de acceso: Los costes de mantenimiento y de tripulación van a cargo del CSIC, así como el equipamiento científico el mantenimiento/repación/restitución del mismo. El CSIC realiza todo el soporte técnico de las campañas con personal cualificado con un técnico por campaña.

5.4.5. Utilización y disponibilidad de la flota oceanográfica española

El *BIO Hespérides* es el buque insignia de la investigación marina española, y ha supuesto un despegue notable de la investigación nacional. En el Anexo 5.4.I. se muestra una serie

de cuadros que reflejan la actividad investigadora realizada por el *BIO Hespérides* en la década 1991-2001, y en el último quinquenio 2000-2005.

Al objeto de poder realizar una pequeña aproximación comparativa del último año completo (2005), en la tabla 5.4.3. se muestran una serie de parámetros que evidencian la heterogeneidad de la flota, en función de la clasificación mencionada, la compelidad del mantenimiento, la gestión de la tripulación, etc. En un primer



Pescando en el *Flemish Cap*. (F. Saborido-Rey)

análisis, puede deducirse sin lugar a equívocos que el mayor peso en cuanto a disponibilidad de días para la realización de proyectos competitivos financiados por el Plan Nacional de I+D+I y proyectos europeos corresponde a los buques gestionados por el CSIC. Esta situación puede explicarse por las funciones específicas en materia de evaluación pesquera e investigación a las que están comprometidos los buques del IEO y de SGPM.

La evaluación de la disponibilidad para la realización de proyectos financiados por el Plan Nacional I+D+I en 2005 supuso 389 días (82% del total del tiempo) para los buques gestionados por el CSIC y 87 días para los gestionados por el IEO (18% del total de tiempo).

Tabla 5.4.3. Disponibilidad de buques oceanográficos dentro del Plan Nacional de I+D+I en el año 2005

Buque	Operación/ Gestión	Clase/Autonomía/Esloa		Investigación		Mantenimiento/Descanso		Tripulación		Coste utilización
		Clase/ Auton.	Esloa	Construcción/ Reforma	Plan Nacional; Prog. Marco	Otros Programas	Descanso/ Otros	Tripulantes/ Científicos	Coste /día	
		Días/Horas	M	Año	Días/Año	Días/Año	Días/Año	Sistema de tripulación	Euros	
Hespérides	Armada/CSIC	G/120d	83	1991/2004	260	30 (ZEE)	45	31	(1) 39 / 37	
Comide de Saavedra	IEO / IEO	O/120d	67	1972/1987	108	180 (stocks+)	60	12	(2) 27 / 25	11.435
Thalassa	IFREMER/ IEO	O/120d	74	1996	0	60 (Pesquerías)	30	31	25 / 25	14.000
Vizconde de Eza	SGPM/ SGPM	O/120d	53	2001	0	315 (Stocks + ZEE)	25	23	(3) 19 / 15	9.800
R/Las Palmas	Armada/ CSIC	O/45d	42	1978	90 logística					
García del Cid	CSIC/CSIC	R/30d	37	1979	58	20	45	150	(4) 14 / 12	4.000
Mytilus	CSIC/CSIC	R/15d	24	1996/2001 (alargamiento 4 metros)	71	25	30	179	(5) N6 / 10	1.200
						Prácticas alumnos con tripulación universidad	Manten. con tripulación			
F. P. Navarro	IEO / IEO	R/10d	30,5	1987	15	184	53		10 / 7	
Odón de Buen	IEO / IEO	R/14d	24	1973	15	94	> 60	> 90 reparación	6 / 6	
J. Rioja	IEO / IEO	L/40h	15,8	1984	Datos no dispon.				5 / 7	
J. M. Navaz	IEO / IEO	L/40h	15,8	1984	Datos no dispon.				5 / 7	
Lura	IEO / IEO	L/40h	14,3	1981	Datos no dispon.				5 / 5	

5.4.6. Consideraciones sobre la coordinación de buques oceanográficos

En marzo de 2003 se creó la Comisión de Coordinación y Seguimiento de las Actividades de los Buques Oceanográficos (COCSABO), con el objetivo principal de planificar las campañas oceanográficas científicas y técnicas, analizar las necesidades de equipamiento científico, de tripulaciones, personal técnico de apoyo a la investigación, así como evaluar y normalizar los costes de operación de los distintos buques oceanográficos. Transcurridos más de tres años desde su creación, poco se ha conseguido, a pesar del esfuerzo y trabajo de algunos de sus componentes. La COCSABO tan sólo ratifica los calendarios que realizan los distintos operadores de buques, hecho que anteriormente ya se realizaba con menor esfuerzo y mejores resultados.

En cuanto a estudios y evaluaciones de necesidades, tanto de equipamiento científico como de tripulaciones, temas del máximo interés, nunca se han abordado en las reuniones mantenidas hasta la fecha. Estos aspectos y un análisis en profundidad sobre los mismos son vitales para una correcta programación de futuro. Frente a lo anterior, lo que sí se ha conseguido es un cierto desconcierto en los aspectos de financiación de los buques, con el problema que conlleva en la propia financiación y gestión de los mismos (como son las reparaciones, mejoras en equipos e infraestructura, etc.).

La enorme tardanza y continuos retrasos en la asignación de campañas respecto al procedimiento anterior a la creación de la COCSABO ha supuesto que las campañas no se pudiesen financiar dentro de los proyectos, proponiéndose el procedimiento de hacer el abono directamente a los operadores, IEO y CSIC, y en un solo expediente. Ello no fue apoyado por la COCSABO, instaurándose un sistema de financiación a través de Acciones Complementarias (AACC), con el consiguiente aumento de expedientes particularizados y retrasos producidos en la convocatoria de AACC. Hasta la fecha, la COCSABO no ha cubierto las expectativas para conseguir una mayor agilización de los aspectos burocráticos, como son la revisión de convenios de tripulación, la gestión y adquisición de instrumentación, o la contratación de personal técnico, puntos donde esta Comisión hubiera sido especialmente útil.

En el caso de los buques operados por el CSIC, los requerimientos exigidos por los proyectos de investigación aprobados han sido proporcionados por el propio CSIC, sorteando así la falta de apoyo de la COCSABO.

La incorporación de los buques del IEO para apoyo de la investigación sufragada por el Plan Nacional no ha aportado hasta la fecha grandes novedades, ya que la aportación más significativa se debe al *B/O Cornide de Saavedra* que tan sólo dedica algo más de un 36% de su tiempo disponible a los proyectos del Plan Nacional. La aportación del resto de los buques del IEO a dichos proyectos es testimonial. Además, se da la circunstancia que la mayor parte de los Proyectos Nacionales ejecutados a bordo de buques del IEO corresponden a proyectos liderados por investigadores del IEO, lo cual da lugar a que sus investigadores solicitan también el buque al propio organismo, añadiendo problemas al tema de las planificaciones.

El *BIO Hespérides* es, a día de hoy, el buque insignia de la investigación oceanográfica española, tanto por sus características técnicas, como por su capacidad multidisciplinar, así como por el equipamiento científico del que dispone. A finales de 2003 se inició en el buque una importante remodelación que afectó tanto a su estructura como a los equipamientos científicos. La responsabilidad de estas modificaciones en primera instancia correspondió a La Armada, sin embargo, por ser un buque de investigación al servicio de la ciencia española, la financiación de la remodelación recayó en el anterior MCyT, hoy MEC. La Subdirección General de Grandes Instalaciones ha sido el departamento responsable del planteamiento, supervisión, y seguimiento de ejecución de las modificaciones llevadas a cabo, designando para ello un Jefe de Programa para las Obras.

Desde la finalización de las citadas obras, denominadas “Obras de Media Vida” (OMV), la comunidad científica que ha utilizado posteriormente el buque ha hecho comentarios y quejas referentes a problemas surgidos tras las OMV que afectan el normal desarrollo en la ejecución de las campañas de investigación. La aparentemente incompleta finalización de las obras o la deficiente ejecución de las mismas, afectaron a varias campañas y se tuvo que posponer el inicio de la campaña Antártica 2005-2006. Posteriormente, muchos de estos inconvenientes se han ido resolviendo, aunque persisten problemas en algunos de los motores del buque.

5.4.7. Contexto europeo de la investigación marina

La investigación científica española está fundamentalmente financiada por los Planes Nacionales de I+D+I, y por los Programas Marcos de la UE. En los últimos años, España ha conseguido importantes retornos en los distintos programas marcos europeos dentro de la investigación marina.

La Fundación Europea de la Ciencia⁴ ha realizado una serie de recomendaciones en cuanto a las infraestructuras marinas europeas se refiere, en el contexto del Espacio Europeo de Investigación, y recomienda a todos los países europeos una mejor adecuación de sus infraestructuras disponibles y futuras, así como una mayor colaboración e intercambio de las mismas. En este sentido funciona la Oceanographic Fleet Exchange Group (OFEG), que es una asociación entre los países europeos más destacados en investigación marina (Francia, Reino Unido, Alemania, Países Bajos). El objetivo básico de la OFEG consiste en optimizar los recursos disponibles entre los países miembros en un régimen de intercambio, basado en puntos adjudicados a cada infraestructura. Este sistema permite, entre otros aspectos, reducir los tránsitos de los buques de investigación y potenciar el intercambio de equipamiento y de técnicos especialistas. España está como observador dentro del grupo, y ha sido invitado formalmente (con fecha 14 noviembre de 2004) a participar como socio de pleno derecho. La posible participación española se podría iniciar incluyendo los buques que gestiona el

4. *Integrating Marine Science in Europe*, ESF-Marine Board, 2002, pp. 147.

CSIC, así como el futuro buque oceanográfico *Sarmiento de Gamboa*. El sistema de intercambio es muy flexible y no requiere que los saldos (diferencia de puntos entre intercambios a favor y en contra) entre países se realicen en una anualidad. Así por ejemplo Francia, que participa a través de IFREMER, no podrá cancelar sus saldos negativos con Alemania hasta el 2007 o 2008. El CSIC, a través de la UTM, ha solicitado formalmente al MEC la inclusión en ese grupo europeo. Recientemente la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación ha dado el visto bueno para que el CSIC agilice los trámites para convertirse en socio de pleno derecho. Los beneficios y rentabilidad de la participación española en la OFEG son:

- Opción de intercambio de grandes infraestructuras europeas, con la consiguiente rentabilidad de las inversiones.
- Ahorro sensible de largos tránsitos en campañas oceánicas, y por tanto optimización de los tiempos de buque.
- Intercambio de científicos y técnicos dentro de la flota OFEG, inmediatos beneficios en conocimiento, intercambio de modo de operaciones, aprendizaje mutuo.
- Estandarización a plazo medio de contenedores científicos, y equipamiento similar en la flota OFEG.
- Planes de futuro, incluyendo la constitución de una verdadera flota oceanográfica europea.
- Opción de solicitudes conjuntas de tiempo de buques dentro de los Programas Marco Europeos.

5.4.8. Diagnóstico

El escenario de las infraestructuras marinas, imprescindibles para la realización de una ciencia oceanográfica de primer nivel internacional, así como la gestión nacional de las mismas, requiere una pronta actuación a fin de mantener una posición internacional de calidad y liderazgo en diversos ámbitos de la investigación oceanográfica mundial. La operatividad de la flota oceanográfica española de investigación no es homogénea y ello se debe a causas muy diversas, que no sólo se refieren a las características técnicas, equipamiento, o la antigüedad de los buques, sino que tiene mucho que ver con la gestión y compromisos que tienen los diversos operadores. Entre las causas más significativas podemos mencionar las que se detallan a continuación:

- Los buques oceanográficos españoles están adscritos a organismos o instituciones con misiones y objetivos distintos.
- La gestión de los buques oceanográficos difiere en función del operador y del organismo o institución del que dependen.
- Los regímenes de funcionamiento de las tripulaciones son dispares y se rigen por diferentes convenios y/o contrataciones externas.

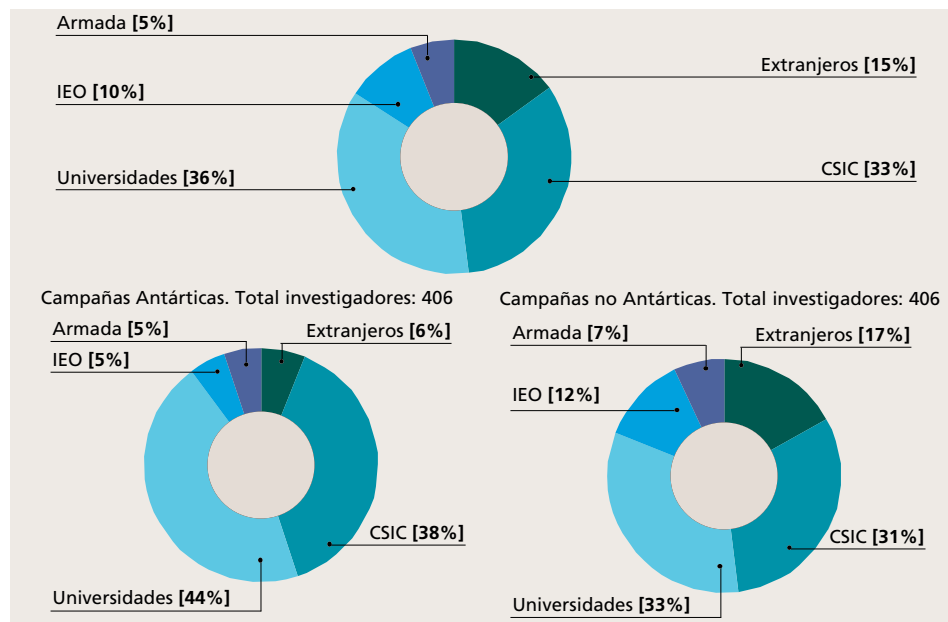
- Los costes de utilización de los buques, a efectos del investigador, van desde coste cero hasta unos valores que en algunos casos no cubren los costes reales del buque.
- La disponibilidad de los buques para su utilización en proyectos financiados por el Plan Nacional de I+D+I varía desde el 100% de los buques gestionados por el CSIC, hasta en torno a un 25% en el caso del IEO, y del 0% en el caso de los gestionados por la SGPM.
- El apoyo científico-técnico a bordo de los buques durante las campañas de investigación sólo está consolidado en el CSIC.

La vida útil de un buque depende en gran medida del mantenimiento que se realice, este aspecto es responsabilidad de los operadores, salvo en el caso de los buques de La Armada.

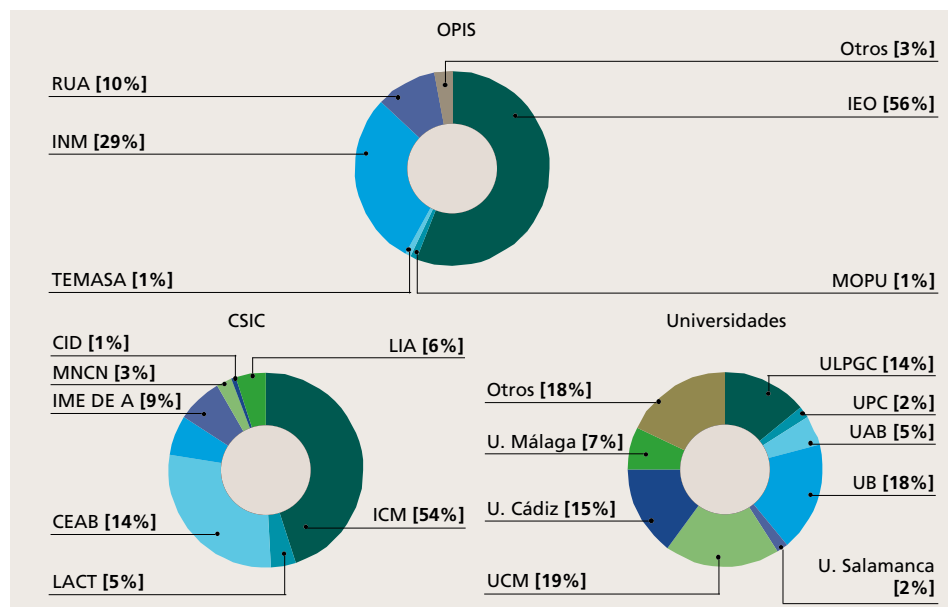
Este apartado plantea como inaplazable la coordinación entre todos los interlocutores para promover estructuras de gestión que abarquen desde cuestiones de renovación de la flota, *pool* nacional de equipamiento, plantilla amplia de técnicos especialistas en manejo, mantenimiento y desarrollo de equipamiento, amplias tripulaciones profesionales, con especial énfasis en puestos estructurales-estratégicos (puente y máquinas), hasta temas relacionados con solicitudes de permisos internacionales, seguridad a bordo, reglamentación marítima internacional, accidentes de vertidos ocasionales, acuerdos internacionales de intercambio de equipos, buques, técnicos, etc. Todo ello en el marco de una estructura europea de investigación, que es al fin y al cabo el escenario natural donde se mueve la ciencia española.

Anexo 5.4.I. Cuadros sobre la actividad y utilización del *BIO Hespérides* (1991-2001)

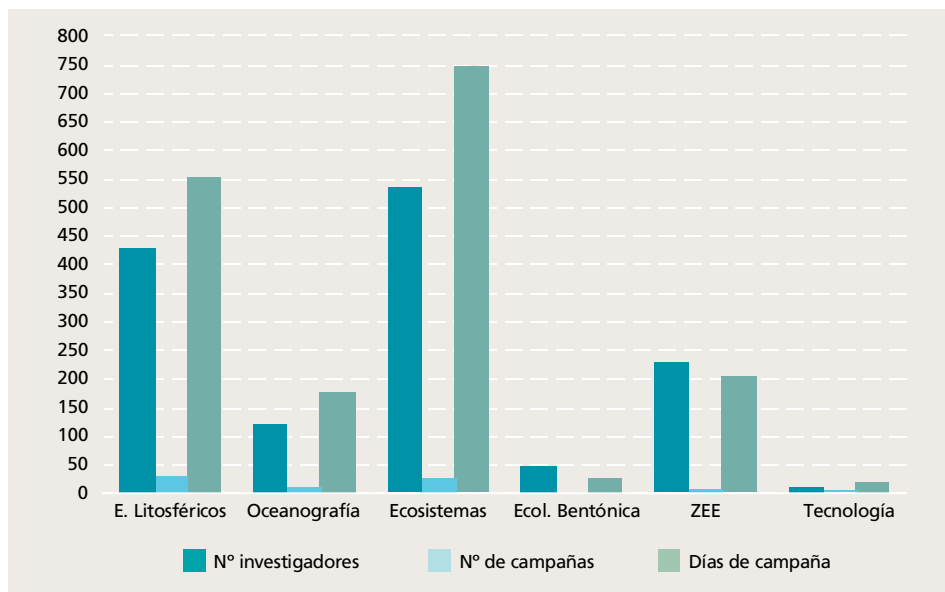
Participación total de investigadores *BIO Hespérides* 1991-2001



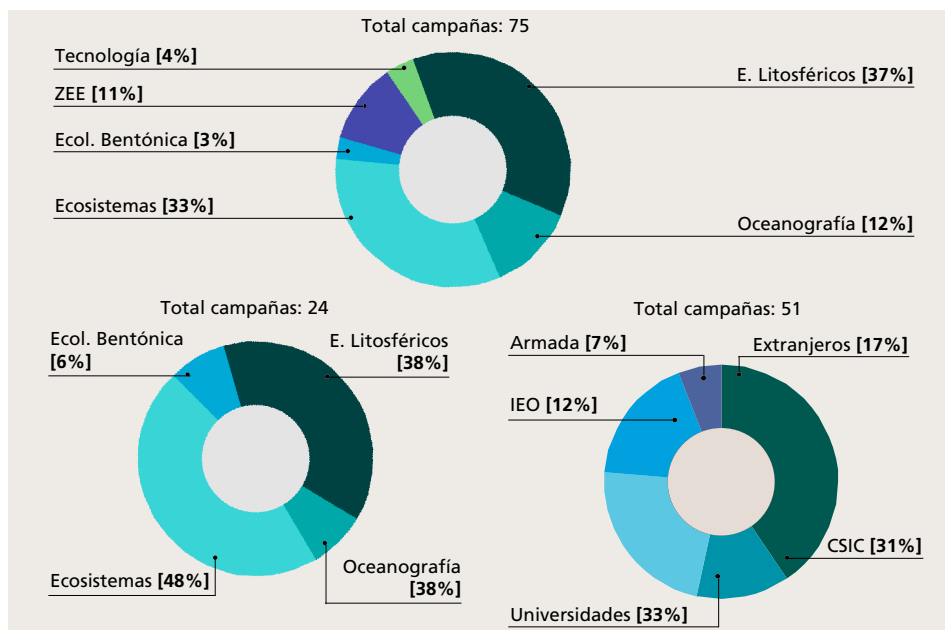
Participación por instituciones. Campañas no antárticas 1991-2001



Participación Nacional de Investigadores por objetivos científicos. *BIO Hespérides* 1991-2001

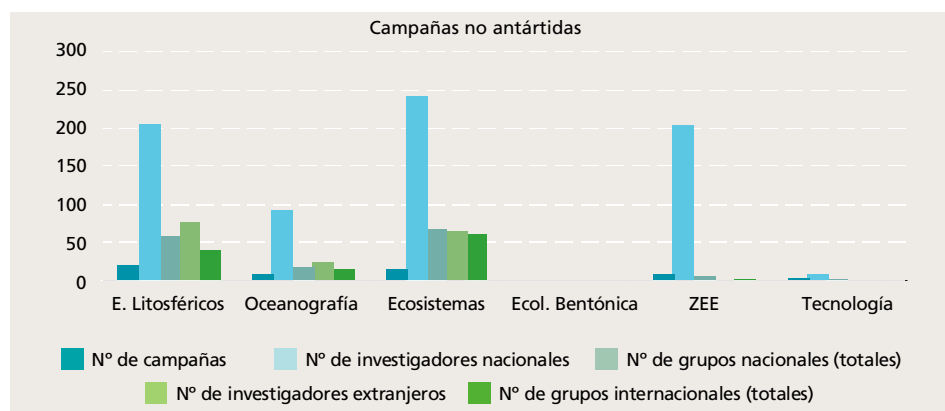
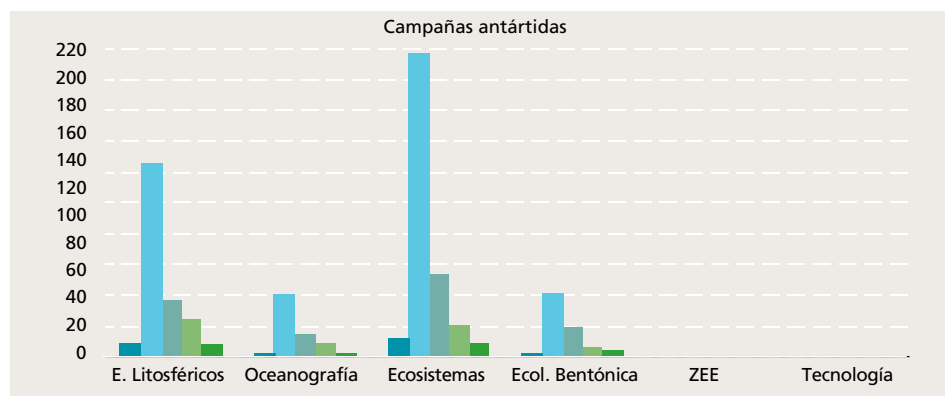
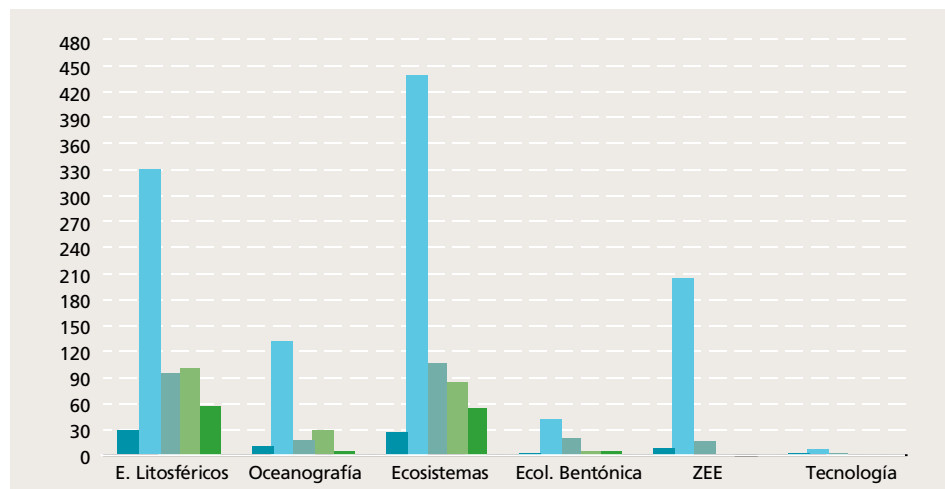


Objetivos científicos *BIO Hespérides* 1991-2001

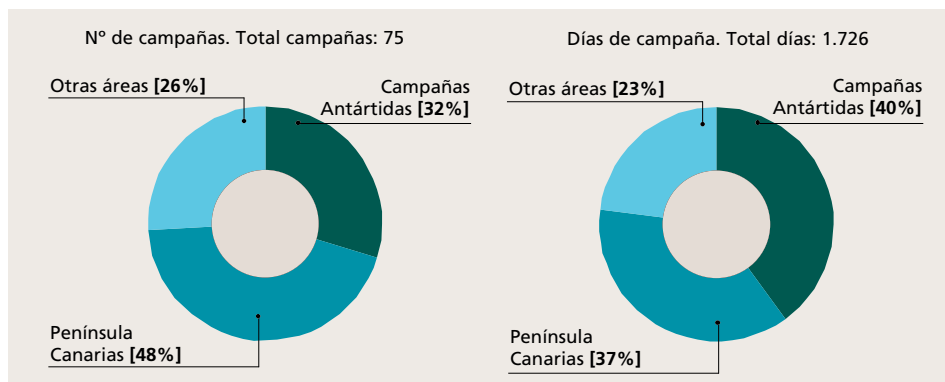


Participación (grupos e investigadores) por objetivos científicos.

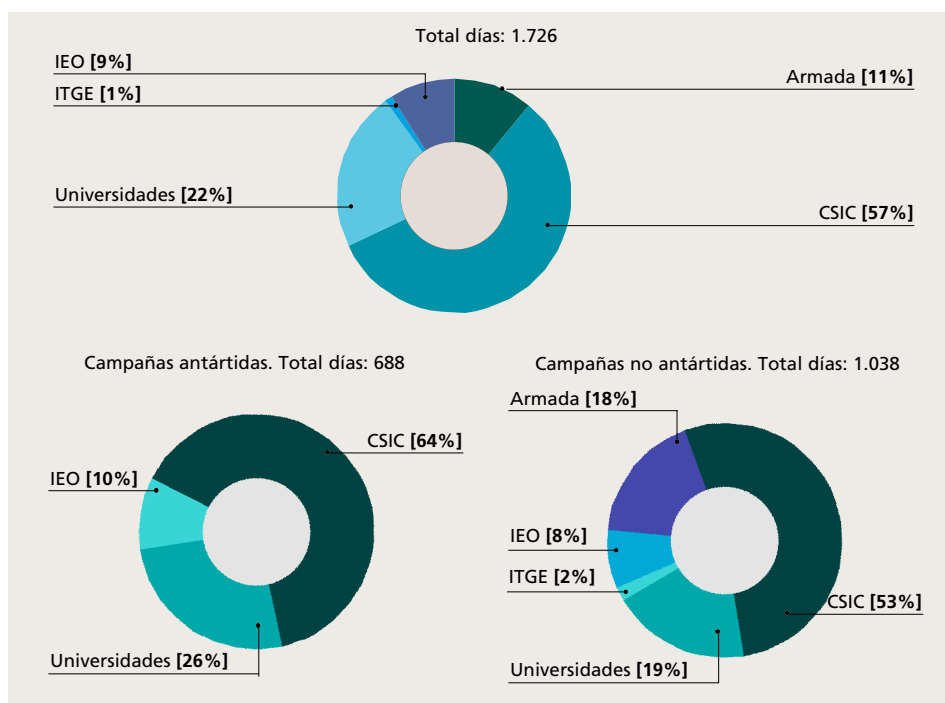
BIO Hespérides 1991-2001



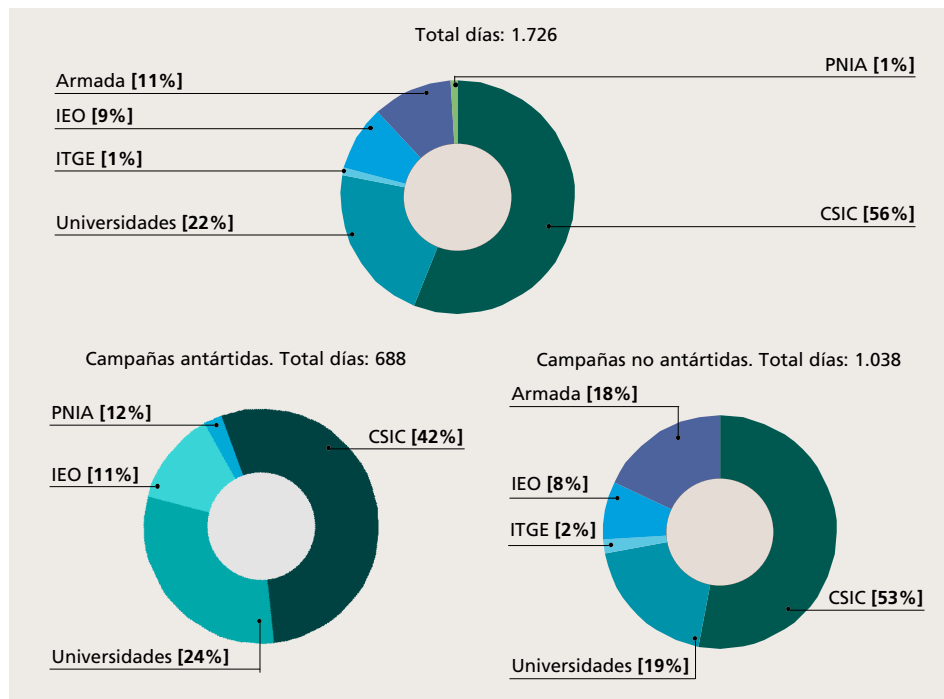
Número y días de campaña por área *BIO Hespérides* 1991-2001



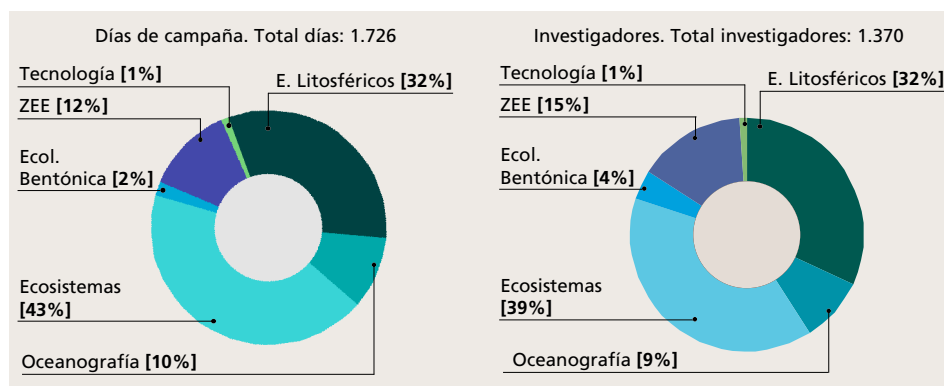
Días de campaña según investigador principal *BIO Hespérides* 1991-2001



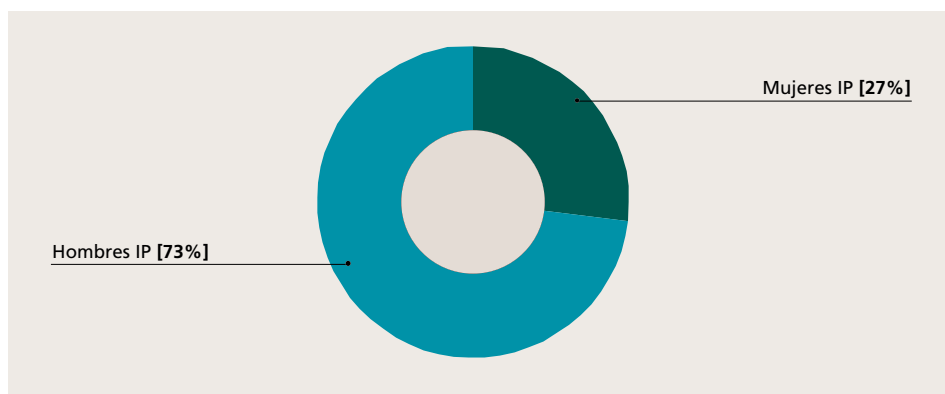
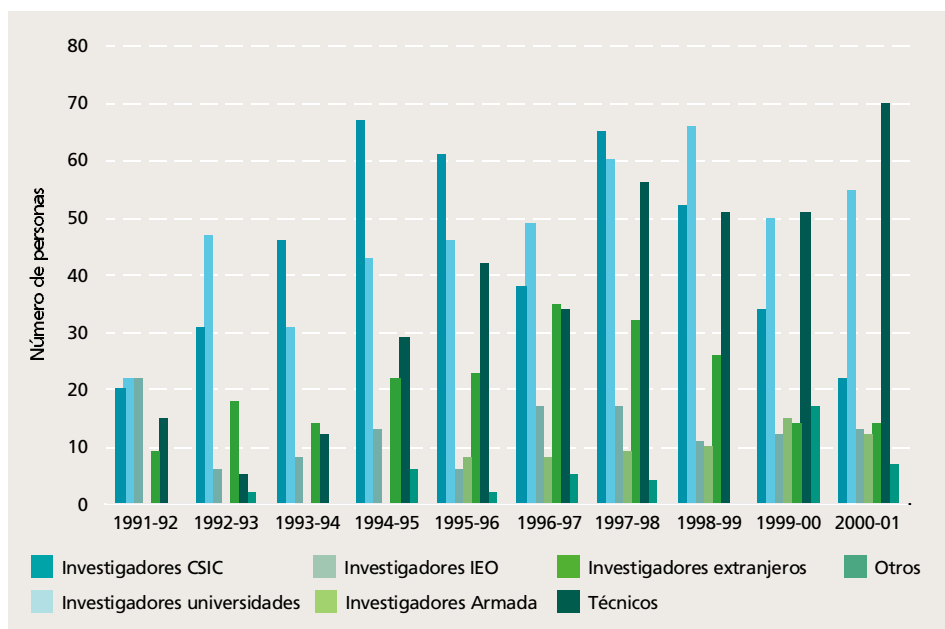
Días de campaña según jefe de campaña *BIO Hespérides* 1991-2001

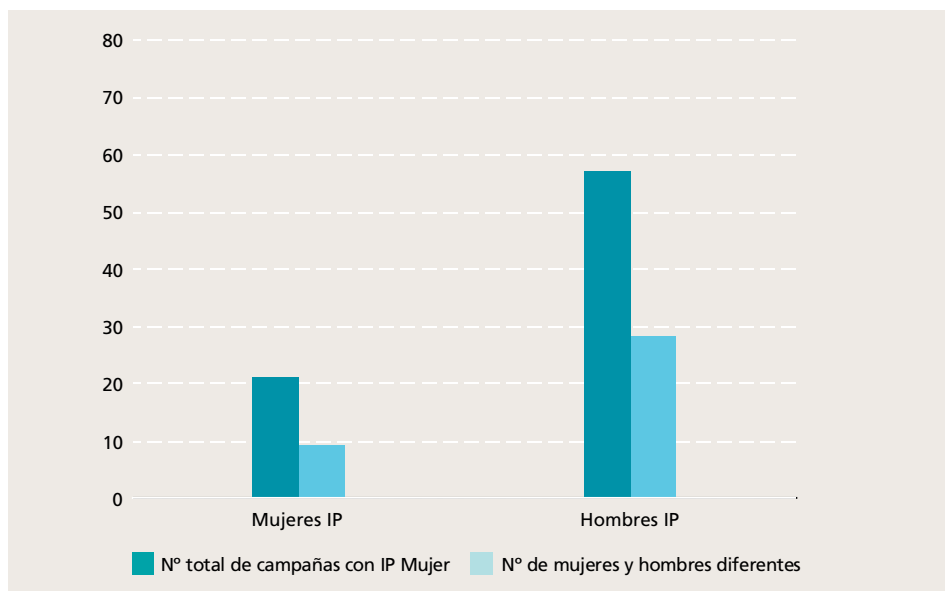


Participación (días e investigadores) en objetivos científicos. *BIO Hespérides* 1991-2001



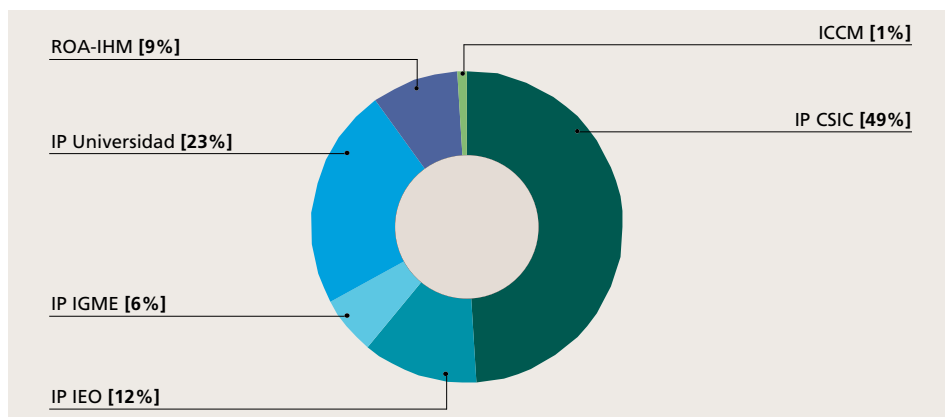
Participación por instituciones. *BIO Hespérides* 1991-2001



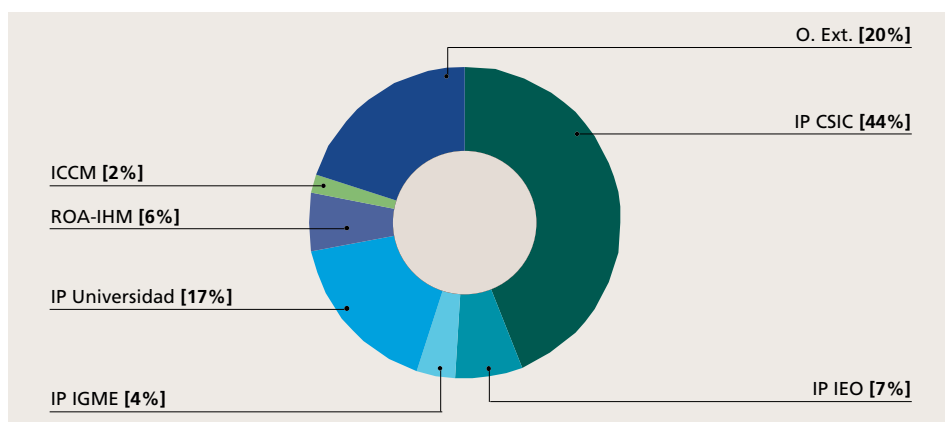


Anexo 5.4.2. Cuadros sobre la actividad y utilización del *BIO Hespérides* (2000-2005)

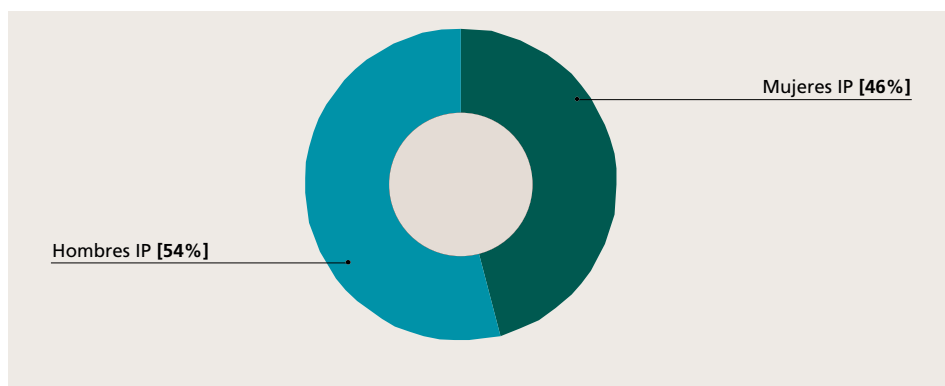
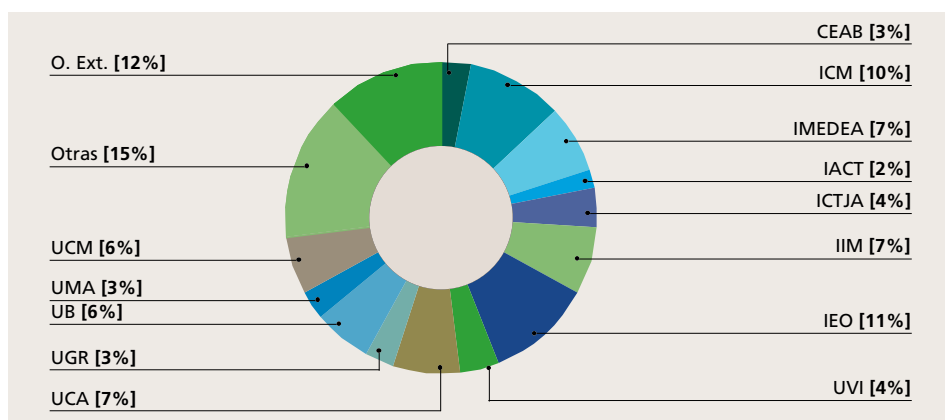
Días de campaña según investigador principal

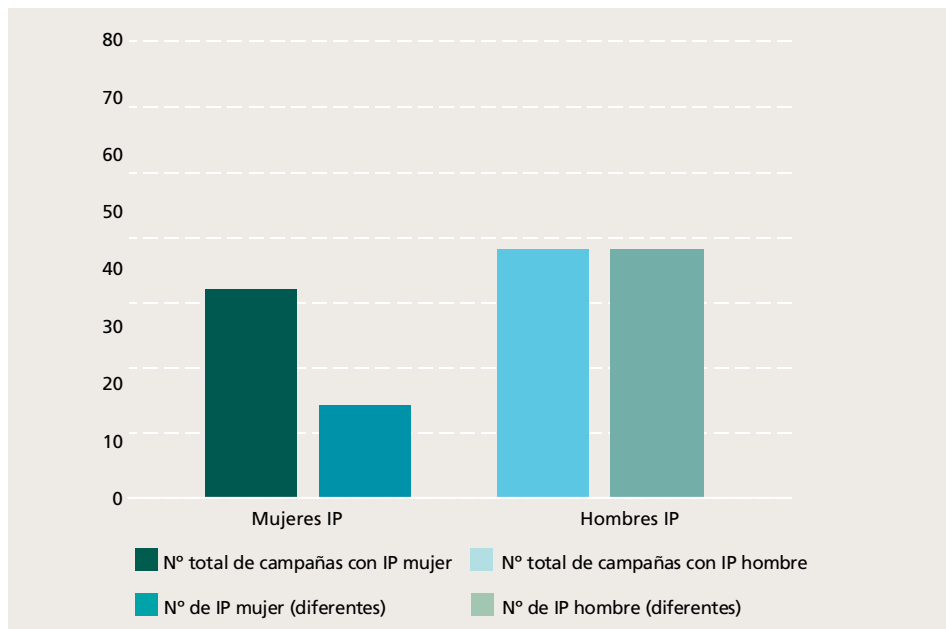


Organismos participantes



Organismos participantes





5.5. Grandes infraestructuras marinas



Además de buques de investigación oceanográfica y pesquera, las ciencias y tecnologías marinas requieren de importantes infraestructuras, incluyendo laboratorios de experimentación, estaciones de investigación costera y colecciones de referencia. Aunque nuestra comunidad científica no está particularmente bien dotada de estas infraestructuras, existen algunas que, por su singularidad, cabe destacar.

5.5.1. Centro de Estudios de Puertos y Costas-CEPYC-CEDEX

El Centro de Estudios de Puertos y Costas cuenta con una nave de experimentación para la realización de ensayos en modelo físico de una amplia gama de problemas de ingeniería portuaria, costera y marítima en general.

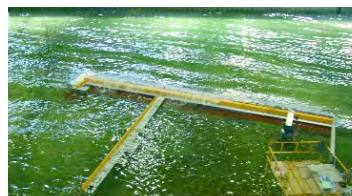
Dentro de sus infraestructuras destacan por su singularidad:

- Tanque de oleaje multidireccional.
- 2 Tanques de 35 y 45 x 6,50 metros.
- Canal de oleaje de 100 m de longitud.

Tanque de oleaje multidireccional

El tanque de oleaje multidireccional tiene por objeto la experimentación en modelo físico de actuaciones de ingeniería marítima con el mayor nivel de realismo. Permite generar oleajes cruzados, crestas cortas o con cualquier reparto direccional de energía, lo que lo distingue de la mayor parte de las instalaciones, sólo capaces de generar oleaje de una dirección. Para ello, el generador de oleaje está formado por múltiples segmentos que se mueven independientemente, controlados por un sistema de ordenadores trabajando en red. La combinación de los movimientos de las paletas produce la estructura deseada de oleaje de ensayo.

Las grandes dimensiones del tanque permiten la consideración en tres dimensiones de las estructuras y zonas de costa a ensayar, a la vez que la singularidad de la instalación la hace muy útil para el desarrollo de investigación básica sobre el oleaje en zonas costeras y para el contraste de modelos numéricos.



Características técnicas:

- Dimensiones: 34 x 26 x 1,60 metros (calado máximo 1,15 m).
- Generador de oleaje: 72 paletas pistón independientes de 1,60 m de altura y 0,40 m de anchura (frente total 28,80 m).
- Actuadores: eléctricos con recorrido 0,60 m.
- Altura de ola máxima: 0,58 m para frente plano regular.
- Sistema de control: ordenador principal conectado mediante red ETHERNET a servo ordenadores modulares para el control digital de los actuadores.
- Atenuación lateral: múltiples cortinas de chapa perforada.
- Generación de corrientes: caudal variable, hasta 200 l/s.
- Estructuras *offshore*: foso de ensayos de 3 x 3 x 1 m.
- Análisis y síntesis de oleaje: Aplicación GEDAP, NRC.

Tanques de 35 y 45 x 6,50 metros

El CEPYC dispone, asimismo, de dos tanques de ensayo de 35 y 45 m x 6,50 m de anchura con profundidad variable (profundidad frente al generador de oleaje 1,50 y 0,80 m). Esta anchura permite abordar el análisis de puntos singulares de las obras de abrigo (morros, cambios de alineación) así como el estudio bajo oleaje oblicuo de secciones de dique.

El tanque de mayor calado posee una paleta con dos actuadores independientes para los movimientos de traslación y rotación lo que permite ajustar de forma óptima sus movimientos a la cinemática del oleaje, reduciendo la generación de ondas evanescentes y permitiendo la obtención de oleajes muy peraltados sin rotura en la paleta.

Características técnicas:

- Dimensiones: 45 y 35 x 6,50 m con profundidad variable (altura máxima 2,0 m en el tanque 1 y 1,30 en el tanque 2).
- Sistema de generación: paleta tipo pistón-flap con recorrido 0,80 + 0,40 m en tanque 1; pistón de recorrido 0,80 m en tanque 2.
- Sistema de control: unidades de control analógicas MTS con entrada de cinta magnética u ordenador.
- Equipos complementarios: pasarelas móviles para instrumentación. Pórtico de medida de fuerzas. Cabina de control sobre los tanques.

- Otras características: depósito de 500 metros cúbicos para llenado / vaciado rápido.
- Desarrollos previstos: sistema de absorción activa de reflexiones.

Canal de oleaje de 100 metros

El Canal de 100 m proviene del antiguo Laboratorio de Puertos y ha sido dotado de dos equipos de generación de oleaje en sus extremos, con tecnología SCHENCK y MTS respectivamente, lo que permite la realización simultánea de dos ensayos.

La instalación está dedicada a la realización de estudios de obras portuarias y de protección de costas en dos dimensiones.

Características técnicas:

- Dimensiones: 100 x 1 x 1,50 m (máxima profundidad de agua 1,10 m).
- Sistema de generación: 1 paleta tipo pistón con recorrido 1 metro en cada extremo del canal. Actuador y fuentes de alimentación hidráulicas independientes.
- Sistema de control: unidades de control analógicas con posibilidad de entrada desde ordenador o cinta magnética.
- Equipos complementarios: carros móviles para instrumentación. Pórtico de medida de fuerzas.
- Otras características: canal de estructura metálica con paramentos de vidrio. Sistema de iluminación fija en las secciones de ensayo.
- Desarrollos previstos: sistema de absorción activa de reflexiones.

5.5.2. Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo

El CEHIPAR (Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo) fue creado en 1928 por La Armada española. Se trata de un centro público de investigación, desarrollo tecnológico y asistencia técnica de alto nivel, configurado administrativamente como organismo autónomo del Estado y adscrito al Ministerio de Defensa a través de la Dirección General de Armamento y Material. Se rige normativamente por el R.D. 451/1995 de 24 de marzo.

La misión fundamental del CEHIPAR es el estudio, la experimentación y la investigación de los aspectos hidrodinámicos de la construcción naval militar, mercante, pesquera y deportiva. Esta misión está recogida en el Real Decreto de Reorganización 451/1995 de 24 de marzo, en el que se definen también sus principales funciones, entre las que destacan:

- La experimentación con modelos para el estudio y proyecto de buques, equipos y artefactos en sus aspectos hidrodinámicos.
- La investigación y experimentación encaminada al ahorro energético de los buques.
- La certificación de las velocidades previsibles para el buque y otros parámetros o características hidrodinámicas deducidas de los resultados obtenidos en sus pruebas

de mar y la homologación de dichas pruebas, así como las de otros sistemas y equipos cuando se requiera.

- El estudio de cuestiones hidrodinámicas que pueden ser de aplicación a otras ramas de la técnica y especialidades científicas.

El CEHIPAR cuenta con infraestructuras únicas en su género en España entre las que se encuentran:

- Canal de Aguas Tranquilas.
- Laboratorio de Dinámica de Buques.



Canal de Aguas Tranquilas

Las dimensiones del Canal de Aguas Tranquilas son 320 m de largo, 12,5 m de ancho y 6,5 m de profundidad. El Carro Remolcador alcanza velocidades de ensayo de hasta 10 m/s, con una aceleración máxima de 1 m/s². Su software de control permite establecer de forma automatizada los perfiles de velocidad de ensayo. Sus características e instrumentación permiten la realización de diferentes ensayos, siendo los más habituales los siguientes:

- Resistencia al avance.
- Autopropulsión, arrastre y tracción.
- Propulsor aislado.
- Medida de estela.
- Líneas de corriente.

El sistema de adquisición y análisis de datos se realiza de forma automática y tecnología digital, con programas de análisis desarrollados específicamente para esta instalación. La labor de modernización y mejora es continua. Entre la instrumentación disponible, aparte de diversos equipos propios diseñados en el Centro, cabe destacar los siguientes equipos:

- Dinamómetro de remolque.
- Dinamómetro de propulsor aislado.
- Dinamómetros de autopropulsión.
- Dinamómetro de 6 componentes.
- Video cámaras y equipo de registro.

La instalación, al tener una gran sección transversal, tiene un efecto de bloqueo prácticamente despreciable y, por tanto, las mediciones tienen un alto grado de fiabilidad. Los ensayos

que se realizan en esta instalación permiten determinar con gran exactitud el valor de la resistencia al avance de un buque.

La determinación de los coeficientes propulsivos de un buque se utiliza para analizar y estudiar soluciones sobre la influencia de las formas del casco en el funcionamiento de su propulsor. Mediante videos submarinos se decide la orientación y situación de los apéndices.

También es posible realizar cualquier otro tipo de ensayo hidrodinámico que esté dentro de los límites operativos de la instalación.



Laboratorio de Dinámica del Buque

El Laboratorio de Dinámica del Buque, inaugurado en 1992, dispone de moderna tecnología de generación de oleaje e instrumentación para ensayos de los movimientos de buques, plataformas *off-shore* y artefactos flotantes en olas y viento.

Cuenta con un generador de olas lateral del tipo *multiflap*, anchura 30 m con sesenta paletas rígidas de simple articulación. La articulación está situada a 2 m del fondo del canal. Los 60 segmentos o *flaps* que configuran el generador de olas se accionan hidráulicamente.

En el extremo opuesto se encuentra la playa de absorción del oleaje generado, formada por una capa de virutas de acero inoxidable de 50 cm de espesor.

Características del canal de ensayos

Canal de 150 m de largo, 30 m de ancho y 5 m de profundidad.

Pozo de ensayo de estructuras fijas. Cuadrado de 10 m de lado con 5 m adicionales de profundidad (profundidad total 10 m) situado en la proximidad del generador de olas.

Características del generador de oleaje

Generador de efecto *snake* de 60 flaps.

Tipos de oleajes:

- Olas regulares, longitudinales y oblicuas con longitudes entre 1 y 15 m y alturas de hasta 0,9 m. Ángulos hasta 45°.
- Olas irregulares de cresta larga y corta con alturas significativas de hasta 0,4 m.
- Espectros estándar o arbitrarios.
- Capacidad de reproducir el espectro de grupos.
- Olas episódicas.



Características del CPMC (Computerized Planar Motion Carriage)

Se denomina CPMC al conjunto integrado por la estructura que se mueve sobre el vaso del canal denominado carro principal y subcarros. La misión fundamental de este conjunto es reproducir, con la máxima precisión y a escala del modelo, todo movimiento horizontal que un buque de cualquier tipo es capaz de ejecutar en la mar.

El conjunto está compuesto por una estructura principal (carro principal), que se desplaza con movimiento uniforme X en toda la longitud del canal, sobre la que van suspendidas tres estructuras (carros) mecánicamente independientes y cuyos movimientos Y, DX, y se superponen al movimiento de la estructura (carro) principal. El subcarro transversal (Y) incorpora un dispositivo que permite la variación en altura de los subcarros incremental (DX) y de giro (y). Su misión es ajustar el francobordo del modelo a las condiciones requeridas de ensayo.

Una aplicación software de control (desarrollada por el CEHIPAR) gestiona de forma continua las distintas tareas que realiza simultáneamente el CPMC: control de movimientos, posicionamientos, monitorización del modelo, adquisición de datos, evaluación de las carreras de ensayo, etc.

5.5.3. Laboratorio de ingeniería marítima (LIM-UPC)

El canal del laboratorio de ingeniería marítima de la UPC, conocido como CIEM (Canal de Investigación y Experimentación Marítima), fue construido entre 1988-1992. Sus características son:

- Dimensiones: 100 m x 3 m x 5 m de profundidad con paredes laterales de cristal.
- Sistema de generación para oleaje regular e irregular con alturas de ola de hasta 1,6 m, incluyendo absorción activa.

El CIEM ha participado como *Large Scale Facility* dentro de los proyectos europeos SPANWAVE y Wavelab.



5.5.4. Zonas de acuarios y tanques experimentales con condiciones controladas para experimentación en acuicultura marina

La acuicultura es, actualmente, una de las actividades más importantes para proveer proteínas de origen acuático. En Europa, la producción de organismos a través de esta actividad durante la última década se ha incrementado alrededor del 50%. Incremento que, en gran medida, se debe al auge experimentado por los cultivos de organismos marinos. En el año 2006, la producción española de peces marinos cultivados se estima que estará alrededor de las 37.000 TM, frente a las 15.500 de 2001. Esto nos da una idea del potencial y la importancia de esta actividad, cuyo incremento exponencial se debe a que la industria acuícola se ha beneficiado de los avances científico-técnicos obtenidos a través de la investigación fundamental y aplicada relacionada con la biología, ecología y fisiología de organismos marinos susceptibles de cultivo. En el océano, estos organismos viven en un medio complejo y cambiante y sus procesos fisiológicos están adaptados a estas fluctuaciones e interrelaciones. Por ello, es muy importante que se desarrollen infraestructuras que permitan simular y controlar, con la mayor fidelidad posible, un número significativo de parámetros ambientales y así poder recrear condiciones naturales claves para el buen funcionamiento de las especies cultivadas. La simulación de condiciones ambientales y su control en el laboratorio permite llevar a cabo investigaciones fundamentales y aplicadas acerca del impacto de los factores ambientales sobre la biología, ecología, metabolismo, alimentación, crecimiento, reproducción, estrés, inmunología, etc., de los organismos cultivados. Ello, sin lugar a dudas, tiene un impacto directo tanto en la mejora de la producción, como en la sostenibilidad de los cultivos y en el bienestar de los animales. En España ya existen algunas instalaciones con una gran

capacidad de simular, manipular y controlar diversos factores ambientales y, en general, se puede decir que el resto van adaptando su equipamiento experimental a estas premisas ambientales. Algunas de las instalaciones existentes para investigación en acuicultura son las siguientes:

- Planta de cultivos marinos del Centro Tecnológico Gallego en Acuicultura (CETGA, Cluster de Acuicultura de Galicia)
- Planta de cultivos del Centro de Investigación y Formación Pesquera y Acuícola “El Toruño” (CIFPA, Junta de Andalucía)
- Planta de cultivos del Centro de Investigación y Formación Pesquera y Acuícola “Agua del Pino” (CIFPA, Junta de Andalucía)
- Planta de cultivos marinos de Ribadeo del Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA, Xunta de Galicia)
- Zona de tanques experimentales de acuicultura del Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (CSIC)
- Zona de acuarios y cámaras experimentales (ZAE) del Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)
- Tanque de experimentación y calibración de instrumentos oceanográficos del Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)
- Planta de cultivos del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC)
- Planta de cultivos del Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC)
- Sala de acuarios de seguridad biológica del Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC)
- Planta de acuicultura y jaulas flotantes del Laboratori d’Investigacions Marines i Aquicultura (Gobern Illes Balears)
- Mesocosmos de cría de larvas de peces marinos del Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM, Gobierno de Canarias)
- Planta de cultivos del Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM, Gobierno de Canarias)
- Planta experimental de cultivos marinos del Centro Oceanográfico de Canarias (IEO)
- Planta de experimental de cultivos marinos del Centro Oceanográfico de Murcia (IEO)
- Planta de investigación en acuicultura de algas del Centro Oceanográfico de Santander (IEO)
- Planta de investigación de acuicultura de peces marinos del Centro Oceanográfico de Santander (IEO)
- Planta experimental de cultivos marinos del Centro Oceanográfico de Vigo (IEO)
- Planta de cultivos del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)
- Zona de tanques experimentales de acuicultura del Centro de Acuicultura de San Carlos de la Rápita, Institut de Recerca Agroalimentaria (IRTA)

5.5.5. Estaciones de investigación costera

Éstas son instalaciones ubicadas junto al mar y dotadas de medios para la investigación experimental *in situ* y en tanques experimentales así como laboratorios, embarcaciones y capacidad de alojamiento de los usuarios. Al igual que los buques oceanográficos, se trata de instalaciones en las que sólo existe personal técnico, además de una dirección científica, abiertas, como los buques oceanográficos, a usuarios de la comunidad científica. La importancia de estas instalaciones radica en que muchos centros de investigación y campos universitarios están alejados del mar o bien se encuentran en zonas, como áreas portuarias, degradadas donde la calidad de aguas y sedimentos y el deterioro de los ecosistemas impiden la experimentación directa.

Nuestro país presenta un déficit tan importante en estas instalaciones que el propio concepto de estación de investigación costera nos resulta ajeno, confundándose a veces con centros de investigación situados junto a la costa, pero cuyas instalaciones están asignadas de forma permanente a equipos de investigación adscritos a éstas, que las ocupan de forma permanente.

Las estaciones de investigación costera existentes en el sistema español de I+D se limitan a las cuatro descritas a continuación.



Mesocosmos en la isla Livingstone, Antártida. (C. M. Duarte)

Estación de Investigación Costera del Faro de Cap Ses Salines (Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, CSIC)

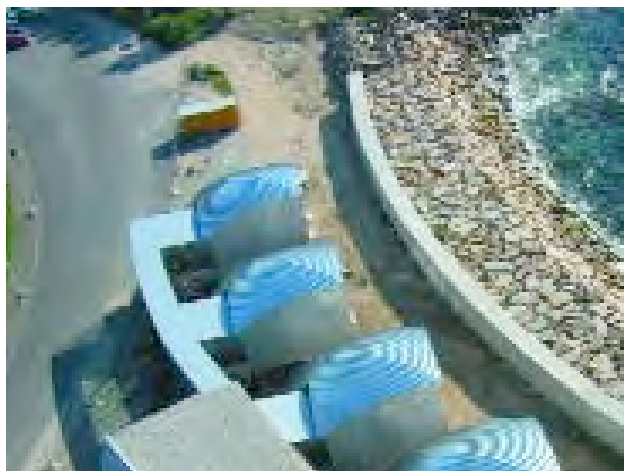
Situada en las instalaciones anexas a un faro del siglo XIX, la EIC del Faro de Cap Ses Salines se ubica en una zona virgen del litoral mallorquín recientemente protegida como Reserva Marina. La EIC del Faro de Cap Ses Salines surge como un observatorio del cambio global y sus efectos sobre los ecosistemas mediterráneos, siendo la primera instalación costera española diseñada a este efecto. Cuenta

con vegetación dunar y costera autóctona, y extensas praderas de *Posidonia oceánica* en buen estado de conservación en la franja sumergida.

Para más información consultar: www.imedeu.uib.es/natural/goi/faro/

Base Antártica Española Juan Carlos I

La Base Antártica Española (BAE) Juan Carlos I, gestionada por el CSIC, fue inaugurada en enero de 1988; está considerada como una Gran Instalación Científica por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT). La base está ocupada únicamente durante el verano austral, desde mediados de noviembre hasta principios de marzo, aunque se mantienen registros



Estación de Biología Marina de Toralla. (M. Nombela)

automatizados durante todo el año. Como todas las instalaciones antárticas españolas, tiene como objetivo apoyar las actividades de nuestro país en la Antártida, en particular la realización de los proyectos de investigación científica que coordina el Subprograma de Investigación en la Antártida del Programa Nacional de Recursos Naturales. Se encuentra situada en la costa sureste de Bahía Sur, en la Península Hurd de Isla Livingston (archipiélago de las Shetland del Sur), a unas 20 millas de navegación de la base española Gabriel de Castilla, situada en Isla Decepción.

Para más información consultar: <http://www.utm.csic.es/bae.asp>

“Estación de Biología Mariña de A Graña”, de la Universidad de Santiago de Compostela

Inaugurada el 21 de septiembre de 2001, se trata de una institución científica creada para fomentar y facilitar la investigación y la docencia en biología marina, así como asesorar y divulgar en temas relacionados con la fauna y flora marina de Galicia. Está situada en Graña, en la ría de Ferrol y consta de dos edificios: la “Casa do Hórreo” (dedicada a investigación) y la “Casa da Estrela” (dedicada a docencia y alojamiento), situadas a escasos 50 m del mar.

Más información en: <http://www.usc.es/gl/servizos/portadas/estacionmar.jsp>

“Estación de Biología Mariña de Toralla”, de la Universidad de Vigo

Se inauguró el día 16 de junio de 2006 en la Isla de Toralla (Ría de Vigo). Cuenta con cinco laboratorios húmedos con toma de agua marina situada a 400 m de la costa y a una profundidad de 9 m. También cuenta con un pañol de buceo, un laboratorio húmedo de preprocesado de muestras, 4 cámaras de cultivos de algas y un laboratorio seco.

La gestión de la estación es en régimen de servicio para desarrollar experimentos que requieran agua de mar.

5.5.6. Colecciones de Referencia

Colecciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales

El MNCN, CSIC, mantiene un importante patrimonio de colecciones de vertebrados e invertebrados marinos, entre las que destacan las siguientes:

Colección de ictiología

La colección de ictiología del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) es la más numerosa dentro de las de vertebrados de este centro. Sus más de 30.000 lotes, que totalizan un número de ejemplares superior a 305.000, la confirman como la mayor de España en su especialidad. Incluye ejemplares de prácticamente todos los grandes grupos faunísticos que de un modo clásico se han considerado peces. Ello lo demuestra la presencia en sus fondos de lampreas, quimeras, tiburones, rayas, esturiones, peces pulmonados, bichires, peces cocodrilo y multitud de peces óseos modernos. En total están representadas aproximadamente unas 2.500 especies diferentes, pertenecientes a más de la mitad de las 482 familias de peces vivientes que se reconocen, según Nelson (1994). Contiene especies de agua dulce y marina, procedentes de la Península Ibérica y una buena representación mundial de Europa, América, África y Asia. Y se ha convertido en colección de referencia internacional de ictiofauna continental de algunas zonas geográficas, como el norte de África y Centroamérica.

Conserva ejemplares testigo de todos los últimos cambios importantes en la taxonomía de la ictiofauna ibérica, como por ejemplo los tipos de las especies *Squalius palaciosi* (Doadrio, 1980); *Squalius carolitertii* (Doadrio, 1984); *Chondrostoma turiense* (Elvira, 1987); *Cobitis vettonica* (Doadrio & Perdices, 1997); y *Aphanius baeticus* (Doadrio, Carmona & Fernández Delgado, 2002).

Los fondos están compuestos fundamentalmente por ejemplares conservados en alcohol etílico, aunque hay transparentados y teñidos y un buen número de esqueletos desarticulados, así como colecciones antiguas de especímenes naturalizados, diversas piezas esqueléticas y esqueletos montados, de indudable importancia histórica.

Aunque por sus orígenes pueda considerarse una colección histórica, el crecimiento de los últimos 20 años (en torno al 500%) la sitúa como una colección plenamente actual, con la mayor parte de su material bien datado y conservado. En números aproximados, el 87% de los fondos de la colección está determinado a nivel de especie o de género, el 10% a nivel de familia y el 3% restante a nivel de orden.

Colección de malacología

Las colecciones de moluscos del MNCN reúnen ejemplares de las siete clases descritas: aplacóforos, polioplacóforos, monoplacóforos, gasterópodos, cefalópodos, bivalvos y escafópodos. De todas se reúnen aproximadamente 500.000 ejemplares de ecosistemas terrestres, marinos y dulceacuícolas. Los ejemplares son conservados en seco, fluidos, preparaciones para microscopio óptico y preparaciones para microscopio de barrido. Todo el material contenido en las colecciones es susceptible de prestarse para estudio y exposiciones.

Las faunas mejor representadas son las de la Península Ibérica, Filipinas, Cuba, Guinea Ecuatorial y Sudamérica, aunque se custodia material de todo el mundo. De todo el material conservado, 4.000 ejemplares son tipos de aproximadamente 800 taxones. El crecimiento de la colección es continuo y su incorporación es a través de proyectos de investigación del propio museo y por donación o legado de investigadores o coleccionistas externos.

En la actualidad las colecciones se encuentran informatizadas en un 40%. Para este proceso se han tenido en cuenta dos criterios diferentes: a) informatización prioritaria de los ejemplares tipo; b) informatización de ejemplares para los que se ha dispuesto de personal específico para esta tarea (Proyecto Pacífico, Proyecto Asia, Proyecto Guinea Ecuatorial).

Las colecciones históricas que han conformado el núcleo de los fondos conservados son el resultado del trabajo de investigadores como Graells, Paz y Menbiela, González Hidalgo, Azpeitia, Ortiz de Zárate y Cobos.

Más información en: www.mncn.csic.es

Servicio de Colecciones Biológicas de Referencia (CBR) del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona

Consiste en un conjunto de instalaciones donde se identifican, catalogan y se depositan organismos marinos (peces, crustáceos y cefalópodos), principalmente recolectados en las campañas oceanográfico-pesqueras, llevadas a cabo por sus investigadores, en cualquier mar u océano donde éstas se hayan desarrollado. Con el fin de completar la visión de familias o géneros, también forman parte de sus fondos, especímenes donados o intercambiados con otras instituciones. La finalidad es la de actuar como referentes válidos de los resultados obtenidos en las investigaciones, aportar conocimiento sobre la biodiversidad y facilitar el acceso a especialistas y estudiosos que quieran efectuar una consulta del material catalogado.

Las Colecciones Biológicas de Referencia (CBR) están ubicadas en el sótano del Instituto de Ciencias del Mar (CMIMA-CSIC) de Barcelona. Se fundó en 1981, gracias a los esfuerzos de Jaume Rucabado, Domingo Lloris (G.I.M.) y Concepción Allué (actual conservadora). Sin embargo, su apertura oficial para la consulta no se realizó hasta el 8 de marzo de 1982. Están totalmente informatizadas y a partir de 1990 vienen catalogadas por el Ministerio de Cultura (C. Sanz-Pastor y F. de Piérola, 1990-Museos y Colecciones de España).

Su fondo actual es de más de 10.000 ejemplares, correspondientes a unas 2.000 especies, siendo especialmente interesantes las procedentes de Namibia (SWA) y Tierra

del Fuego (Argentina), aunque están bien representadas las procedentes del Mediterráneo y de otras localidades (Antártico, Atlántico, Índico y Pacífico). Las CBR también disponen de un fondo, con más de 3.000 separatas bibliográficas, que documenta y contribuye a facilitar el conocimiento de los ejemplares material orgánico depositado. A destacar la colección de 171 especies de crustáceos decápodos cedida por Dr. Zariquiey. En 1982 la colección de peces fue declarada integrante del Patrimonio Nacional.

Para más información: www.cmima.csic.es/serveis/cole/

Colección de cultivos de microalgas marinas (ICMAN, Instituto de Ciencias del Mar de Andalucía, CSIC)

Instalación incluida en la BioCISE (*Resource Identification for a Biological Information Service in Europe*). Más información en: <http://www.icman.csic.es/>, menú colecciones.

Banco de cistes de artemia (Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, CSIC)

Importante colección que será incorporada a la *Global Biodiversity Information Facility*.

Litoteca de sedimentos marinos del Institut Ciències del Mar, Barcelona (CSIC)

Colección de testigos de sedimento marino obtenidos en cualquier mar. Ofrece medios por los cuales los científicos, ingenieros y otras partes interesadas puedan conocer la existencia de esta litoteca vía Internet (<http://www.eu-seased.net>).

Colecciones de perfiles de sismica de reflexión del Institut Ciències del Mar, Barcelona (CSIC)

Perfiles de sismica obtenidos a lo largo de más de 20 años mediante diversos sistemas (perfiladores de sedimentos, *sparker*, *boomer*, cañones de aire y sonar de barrido lateral) a lo largo de la totalidad del margen continental catalano-balear, y en las regiones de Alborán, Golfo de Cádiz, Canarias, Atlántico ecuatorial, Caribe y Antártida.

Más información en: <http://www.icm.csic.es/geogma/dbfulle.htm>

Colección de moluscos europeos del Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC)

Reúne ejemplares de las siete clases descritas en ecosistemas marinos europeos (aplacóforos, poliplacóforos, monoplacóforos, gasterópodos, cefalópodos, bivalvos y escafópodos). Los ejemplares se preservan en seco y en recipientes con el conservante adecuado. En la actualidad se está procediendo a su informatización.

5.5.7. Laboratorios de referencia

Laboratorio Comunitario de Referencia de Biotoxinas Marinas

Ubicado en Vigo, sus funciones son: 1) coordinar y asesorar a las redes europea y nacional, en la identificación de toxinas y su control; 2) liderar el desarrollo y puesta en marcha de nuevos métodos de detección de toxinas marinas en moluscos, y en la identificación de nuevas toxinas que puedan ser causa de problemas para la salud; y 3) asesorar a la DG SANCO (Comisión Europea) para desarrollar la legislación necesaria que se adapte a las demandas técnicas del control de las toxinas.

Más información en la página: <http://www.aesa.msc.es/crlmb/web/CRLMB.jsp>

Laboratorio Nacional de Referencia para enfermedades de moluscos bivalvos

Constituido por la Directiva UE 95/70CE de 22 de diciembre de 1995 para controlar las enfermedades que afectan a los moluscos bivalvos, factor limitante para la consolidación y expansión del cultivo de estos organismos debido al detrimento de la producción (bien por mortalidad o descenso de la tasa de crecimiento o de rendimiento en carne), a la difusión de las enfermedades hacia zonas libres y por las limitaciones al comercio de animales entre zonas de la UE. Está ubicado en el Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC), bajo la responsabilidad del Grupo de Patología de Organismos Marinos.

Sus funciones son: 1) crear y mantener una colección de placas histológicas, cepas y aislados de los agentes patógenos, al objeto de ser utilizado en el diagnóstico y confirmación de posibles focos de enfermedades; 2) organizar cursos de formación, dirigidos tanto a miembros del sector como a técnicos de laboratorio; 3) elaborar publicaciones técnicas de las enfermedades más importantes de los moluscos bivalvos; 4) poner a punto técnicas de diagnóstico rápido basadas en biología molecular para la detección de los distintos patógenos; 5) llevar a cabo la homologación de las técnicas diagnósticas empleadas por los laboratorios autorizados de las comunidades autónomas; 6) confirmar los casos sospechosos diagnosticados por los laboratorios autorizados de las comunidades autónomas; 7) controlar las importaciones de moluscos para cultivo; 8) elaborar informes de los análisis efectuados en el marco del control de enfermedades de los moluscos y remisión a la Dirección General de Ganadería; 9) comunicar e informar a la Dirección General de Ganadería de las actuaciones en relación con las enfermedades objeto de declaración y de programas de control; y 10) asesorar, en su caso, a la Dirección General de Ganadería, en cuanto a lo concerniente a medidas necesarias para la prevención y control (en su caso) de estas enfermedades.

5.6. Redes de observación y predicción. Fuentes y bases de datos



5.6.1. Puertos del Estado

Puertos del Estado es una institución dependiente del Ministerio de Fomento que tiene la responsabilidad global sobre el sistema portuario dependiente del Estado. Comprende un total de 27 Autoridades Portuarias y es la encargada de coordinar dicho sistema, así como de implementar la política del gobierno en materia portuaria. Uno de sus papeles fundamentales es el mantenimiento de las redes de observación del medio físico que afecta al sistema portuario. Esta labor se realiza por parte del Área del Medio Físico. Los servicios desarrollados por el Área del Medio Físico están disponibles para uso público. La distribución se realiza vía web en la página (<http://www.puertos.es>).

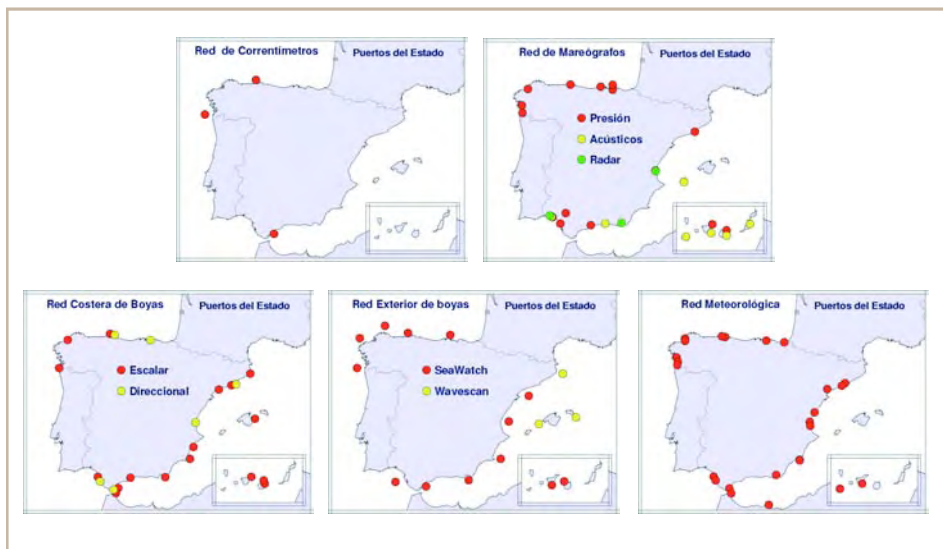
El Área del Medio Físico tiene 3 ámbitos fundamentales de actividad: 1) Redes de Observación; 2) Sistemas de predicción y 3) Bases de datos.

Redes de observación

Puertos del Estado opera las siguientes redes de observación (figura 5.6.1.)

- La Red de aguas profundas está formada por 11 boyas Seawatch y 3 Wavescan. Los instrumentos están ubicados en puntos con profundidades entre 200 y 800 metros y miden parámetros oceanográficos y meteorológicos. Los datos son transmitidos cada hora vía satélite y se envían a la web.
- Red Costera de Puertos del Estado. Proporciona datos de oleaje en tiempo real en puntos de aguas poco profundas. Su objetivo es complementar las medidas de la red exterior en lugares de especial interés para las actividades portuarias o la validación de modelos de oleaje. Consta de boyas escalares Waverider (red REMRO, cuyo mantenimiento es llevado a cabo por CEDEX), y de boyas direccionales Tryaxis.
- Red de correntímetros. El objetivo de esta red es obtener medidas oceanográficas (corrientes, temperatura y salinidad) que complementen y ayuden a interpretar las obtenidas por las boyas de la red exterior. Está formada por cadenas de correntímetros (modelo RCM7) que se ubican a profundidades predefinidas. No transmiten en tiempo real.

Figura 5.6.1. Red de medidas. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: red de aguas profundas, red costera, red de correntímetros, red de mareógrafos y red meteorológica



- La Red de Meteorología Portuaria (REMPOR). Consta actualmente de 30 estaciones meteorológicas instaladas en 21 Autoridades Portuarias. Todas ellas disponen de sensores de viento, presión, temperatura, humedad relativa y precipitación. Tanto sus características técnicas como su explotación responde a convenciones determinadas por la Organización Meteorológica Mundial y se ajustan a los Proyectos de Norma Española de la serie 500.
- La Red de Mareógrafos REDMAR. Está en funcionamiento desde 1992. El objetivo es la monitorización del dato de nivel del mar en tiempo real y la generación de series históricas para su posterior explotación. En la actualidad está constituida por 15 mareógrafos acústicos SONAR y 7 mareógrafos de presión aanderaa
- La tecnología Radar de Alta Frecuencia (Radar HF). Permite la monitorización remota de corrientes y oleaje en un área con rango entre centenas y miles de kilómetros cuadrados. Puertos del Estado, la Autoridad Portuaria de A Coruña, la Autoridad Portuaria de Vigo y Qualitas Instruments suscribieron el pasado 14 de abril de 2005 un protocolo encaminado a implantar dos estaciones radar HF SeaSonde de Codar Ocean Sensors, para la monitorización remota de corrientes y oleaje en los faros de Finisterre y Silleiro, a efectos de demostración de su utilidad en las necesidades derivadas del diseño, seguridad y operatividad de las infraestructuras portuarias.
- Red de monitorización de diques. La instrumentación de diques ya construidos permite mejorar y acotar la aplicabilidad de las formulaciones empíricas empleadas en el

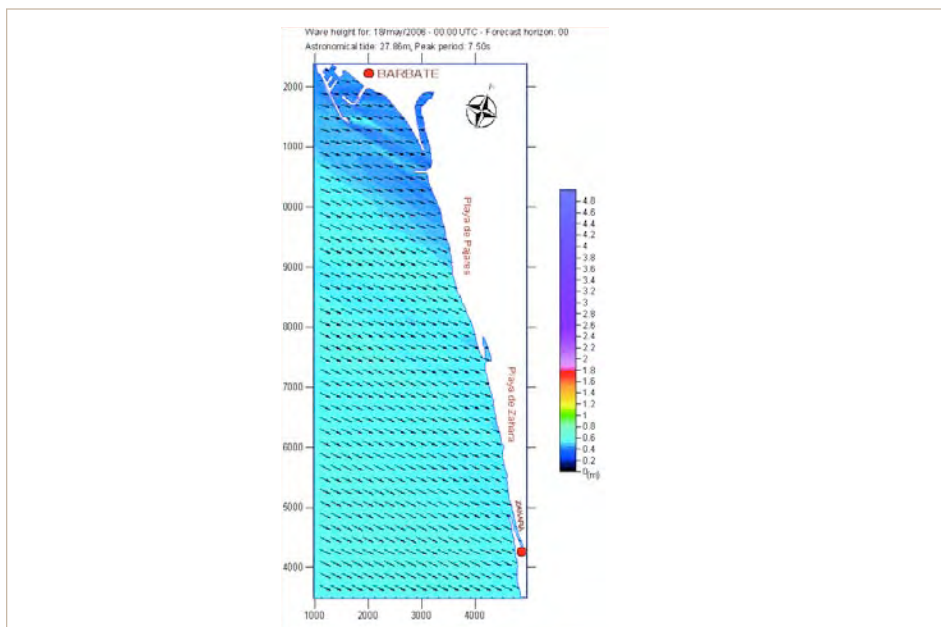
prediseño y determinar elementos de corrección para los efectos de escala y otros factores de incertidumbre inherentes a los resultados de los ensayos. Para la obtención de las presiones ejercidas sobre la obra se han instalado sensores en su cimentación y en el paramento.

Sistemas de predicción

Los siguientes sistemas de predicción están actualmente disponibles *on-line*:

- El sistema para la predicción del nivel del mar es un conjunto de aplicaciones destinado a obtener una predicción del nivel del mar a corto plazo (48 horas) a partir de los datos de viento y presión proporcionado por el Instituto Nacional de Meteorología. El sistema, creado en 1998, basa su funcionamiento en la previsión armónica del nivel del mar, obtenida del sistema de mareógrafos de Puertos del Estado, y en el uso de los modelos numéricos HAMSOM (circulación oceánica, Puertos del Estado) y HIRLAM (circulación atmosférica, Instituto Nacional de Meteorología). Los datos de los mareógrafos de la REDMAR son utilizados también para el proceso de asimilación y son imprescindibles para corregir desviaciones sistemáticas que no pueden ser resueltas por el modelo de circulación. El horizonte de previsión de Nivmar es de 48 horas.
- Predicción de la Marea Astronómica para cualquier fecha seleccionada por el usuario. Los resultados se obtienen a partir del análisis realizado por la red REDMAR.
- El Sistema de Predicción de Oleaje (SPO) fue desarrollado por Puertos del Estado en 1995. Es resultado de los trabajos realizados en el campo de los modelos de oleaje con el fin de satisfacer las necesidades de las Autoridades Portuarias a la hora de planificar y gestionar las actividades portuarias. El sistema se basa en una versión del código WAM modificada por Puertos del Estado. Asimismo, existen aplicaciones operacionales de más alta resolución basadas en los modelos WAVEWATCH y SWAN. Los datos de las boyas se utilizan para realizar la validación en tiempo real. Los usuarios pueden acceder a la información a través de la página del INM, institución responsable de mantener dicha información. Puertos del Estado y el INM han sido responsables conjuntamente para el desarrollo del SPO.
- El Sistema Avanzado de Predicción Local (SAPO) ha sido desarrollado por Puertos del Estado en colaboración con universidades como la de Cantabria para la realización de sistemas de predicción local fundamentalmente para aplicaciones en puertos y playas. Las aplicaciones en puertos permiten obtener la agitación en el interior del puerto mientras que las aplicaciones en playas además del oleaje generan información relativa a nivel, corrientes en la playa y características de las zonas de rompientes. Los modelos de locales de agitación portuaria o de hidrodinámica en la zona de rompientes toman sus datos del Sistema de Predicción de Oleaje. Los resultados con horizontes de hasta 48 horas se ponen a disposición del usuario vía web.

Figura 5.6.2. Predicción del sistema de corrientes en la Playa de Matas Blancas, realizado por Puertos del Estado y la Universidad de Cantabria



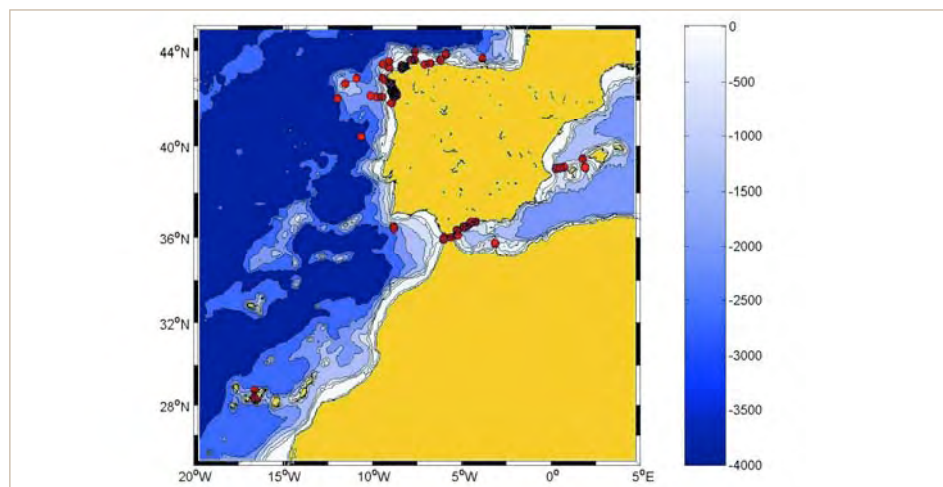
El Banco de Datos

- El Banco de Datos de Puertos del Estado almacena todos los datos generados tanto en la red de observación como los datos de los sistemas de predicción. Asimismo incluye varias bases de datos numéricas de retroanálisis. La base es accesible *on-line*.

5.6.2. Centro de Datos Oceanográficos (Instituto Español de Oceanografía)

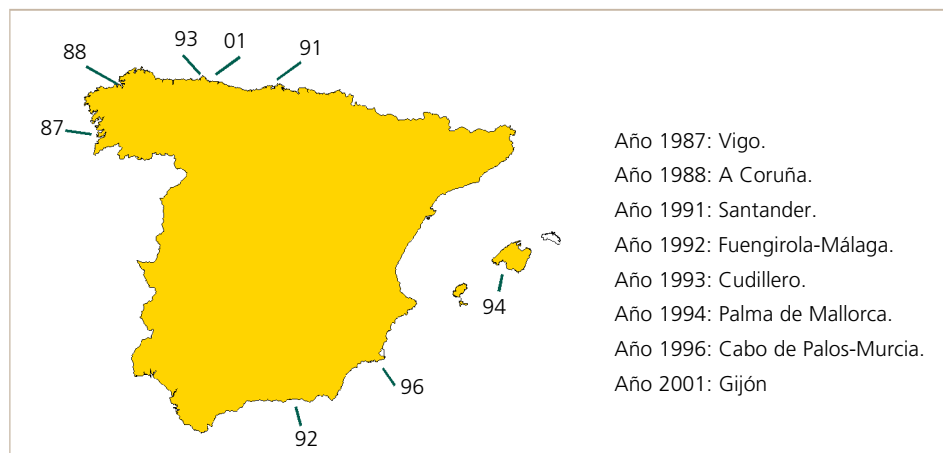
En 1964, en el Instituto Español de Oceanografía se estableció el Centro Español de Datos Oceanográficos (CEDO), en el marco del Sistema de Centros Nacionales de Datos Oceanográficos (NODCs), creado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI).

Asimismo, el Centro de Datos del IEO está integrado en diferentes redes de datos internacionales, siendo el objetivo común de todos ellos, el establecimiento de formatos, protocolos de control, diccionario de datos, así como el almacenamiento y salvaguarda de los datos e información en forma armonizada para su posterior intercambio, distribución e integración con otras fuentes de datos. De esta forma ha sido posible la elaboración de productos de ámbito regional y global.

Figura 5.6.3. Localización de los fondeos del IEO

A través de la página web del IEO se puede acceder a la base de metadatos en la que se encuentra la información correspondiente a inventarios de datos de campañas, de correntímetros así como de estaciones de observación (figura 5.6.3.).

La base de metadatos incluye la información relativa a las secciones estándar del Proyecto Radiales. Este proyecto incluye información en 8 transectos distribuidos alrededor del litoral español en los que desde 1987 se recoge información de variables oceanográficas (figura 5.6.4.).

Figura 5.6.4. Localización de los transectos del proyecto Radiales y año de comienzo de la toma de datos

El Proyecto Radiales basa la obtención de series temporales de datos oceanográficos en el muestreo sistemático y continuado del océano realizando observaciones interdisciplinares (física, química, biología) en una escala de tiempo que permite cubrir eventos oceanográficos en todas las estaciones del año y en años sucesivos, es decir, que permite discriminar entre distintas fuentes de variabilidad temporal.

Dentro del programa de muestreos in situ se realizan observaciones regulares (generalmente mensuales) en 8 transectos localizados en Santander, Gijón, Cudillero, A Coruña, Vigo, Fuengirola (Málaga), Cabo de Palos (Murcia) y Palma de Mallorca, así como campañas orientadas a estudiar procesos oceanográficos de interés especial. También se realizan muestreos de comunidades bentónicas en la Ría de A Coruña.

La elección de los transectos y estaciones de muestreo se realizó teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El muestreo debe ser realizado de forma sistemática y regular con una frecuencia que permita identificar los factores de variabilidad que gobiernan el ecosistema y resolver su periodicidad.
- La localización de las estaciones de muestreo debe ser tal que éstas queden fuera de la influencia de aportes continentales y de otros factores que enmascaren las condiciones naturales.
- La zona de muestreo debe ser representativa de la región en la que se localiza y no sólo de las condiciones locales.

Aparte de su importancia para las observaciones del mar a largo plazo, de valor incalculable en el contexto actual de cambio climático, las radiales constituyen una plataforma desde la cual los científicos no sólo del IEO, sino también de las universidades y otros centros desarrollan mucho trabajo de investigación. La prueba de ello es que el proyecto radiales ha producido más de 60 artículos en revistas con sistema de arbitraje, 12 tesis doctorales, 4 capítulos de libro, 5 seminarios de investigación y ha sido incluido en numerosas solicitudes de financiación para proyectos de ámbito europeo, nacional, autonómico, etc.

El IEO cuenta también con una importante red de mareógrafos que destaca especialmente por la longitud de sus registros que en algunos casos supera los 60 años (tabla 5.6.1.).

Tabla 5.6.1. Posición y periodos de registro de la red de mareógrafos del Instituto Español de Oceanografía

Nombre	Posición	Periodo
Santander	Lat: 43° 28' N Lon: 03° 48' W	1943-en operación
A Coruña	Lat: 43° 22' N Lon: 08° 24' W	1943-en operación
Vigo	Lat: 42° 14' N Lon: 08° 44' W	1943-en operación
Cádiz	Lat: 36° 32' N Lon: 06° 17' W	1945-en operación

Nombre	Posición	Periodo
Tarifa	Lat:36° 00' N Lon:05° 36' W	1943-1961
		1963-1989
		1991-en operación
Ceuta	Lat:35° 54' N Lon:05° 19' W	1943-en operación
Algeciras	Lat:36° 07' N Lon:05° 26' W	1943-1955
Málaga	Lat:36° 43' N Lon:04° 25' W	1943-1959
		1961-en operación
Palma de Mallorca	Lat:39° 33' N Lon:02° 38' E	1963-1982
		1989-1993
		1996-en operación
Arrecife	Lat:28° 57' N Lon:13° 34' W	1949-1975
		1980-en operación
Puerto de la Cruz	Lat:28° 08' N Lon:15° 25' W	1949-1956
		1971-1989
		1991-en operación
Santa Cruz de la Palma	Lat:28° 41' N Lon:17° 33' W	1949-1989
		1997-en operación

5.6.3. Instituto Hidrográfico de la Marina

En 1943 nace el Instituto Hidrográfico de la Marina, por Ley de 30 de diciembre, con sede en Cádiz y como organismo dependiente del Estado Mayor de La Armada, para dar impulso a la cartografía y conseguir una más amplia acción en las funciones relativas a la hidrografía y la navegación. En 1970, por Decreto número 3.853 de 31 de diciembre, el Instituto Hidrográfico de la Marina pasa a ser un Organismo de La Armada, dependiente directamente del Almirante Jefe del Estado Mayor. Posteriormente la Ley 7/1986 de ordenación de la Cartografía dictamina que será competencia de la Administración del Estado, a través del Instituto Hidrográfico de la Marina la formación y conservación de la Cartografía Náutica Básica.

De esta manera se equipara al Instituto Hidrográfico con el Instituto Geográfico Nacional y a su producción cartográfica se le confiere la categoría de Cartografía de Estado y de Documentación Oficial y de preceptiva utilización para el navegante.

En cumplimiento de su misión como organismo científico y técnico tiene, entre otros, los siguientes cometidos principales:

- Levantamientos hidrográficos y estudio del relieve submarino en nuestras costas y zonas marítimas, así como en otras zonas que asume como consecuencia de su compromiso con la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), donde representa al Estado español.

- Observación sistemática y estudio de las mareas y corrientes, de la temperatura y propagación acústica y electromagnética en las aguas, de la meteorología y en general de todos aquellos fenómenos físicos que afectan a la navegación.
- Elaboración de cartas náuticas y redacción de libros y documentos de ayuda a la navegación, así como la edición y distribución de los mismos.

Por tanto, el IHM cuenta con la mayor fuente de datos relativa a la topografía de fondos en nuestros mares.

5.6.4. El Proyecto “Establecimiento de un Sistema Español de Oceanografía Operacional” (ESEOO)

Base de Metadatos

Dentro del marco del proyecto ESEOO, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia en el marco del Programa Nacional de Vertidos Marinos (VEM), se ha llevado a cabo una labor de recopilación de los metadatos oceanográficos y meteorológicos procedentes de observaciones en posesión de diferentes organismos. En la actualidad ésta es una de las mayores, si no la mayor base de metadatos oceanográficos en el país.

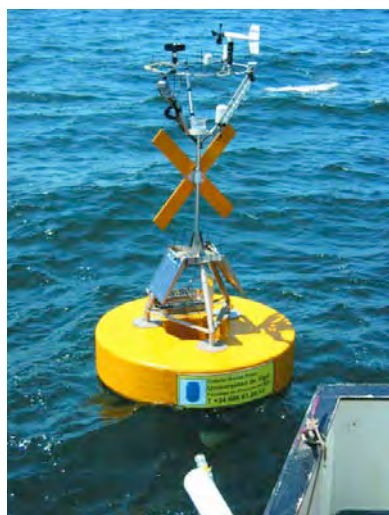
Las variables incluidas son las siguientes:

- Temperatura del agua.
- Salinidad/conductividad.
- Corrientes.
- Nivel del mar.
- Oleaje.
- Temperatura del aire.
- Viento.
- Presión atmosférica.
- Radiación.
- Lluvia.
- Oxígeno.
- Nitrato.
- Nitrito.
- Fosfato.
- Silicato.
- Clorofila.

Asimismo, se incluye la base de datos obtenida a partir de las boyas ARGOS lanzadas por SASEMAR, AZTI, ICM-CSIC y CEDRE entre 2003 y 2005 a raíz del hundimiento del *Prestige*.

Las entidades que participan en el proyecto ESEOO son: Puertos del Estado, IEO, INM, AZTI, INTA, MeteoGalicia, SASEMAR, IMEDEA e ICM del CSIC y las Universidades de Cantabria, Cádiz, Málaga, Vigo, UPC, Santiago de Compostela, Granada, Las Palmas, UNED y La Coruña.

La base de Metadatos es de libre acceso en www.esooo.org



Boya meteorológica. (M. Nombela)

El Sistema de Predicción ESEOO

El proyecto ESEOO cuenta también con un sistema de predicción de corrientes y otras variables oceanográficas actualmente en fase experimental. El Sistema de Predicción ESEOO es un conjunto de aplicaciones destinado a obtener una predicción a corto plazo (72 horas) de corrientes y otras variables oceanográficas, temperatura y salinidad entre ellas, así como una mejor comprensión de la dinámica marina en aguas españolas. El sistema de predicción está basado en el uso de modelos numéricos, los cuales son alimentados con campos meteorológicos y oceanográficos.

Con el fin de proporcionar predicción sobre la zona del Atlántico nororiental próxima a la Península Ibérica se ha desarrollado la aplicación regional

ESEOAT. Actualmente Puertos del Estado ejecuta de manera operativa sobre dicho dominio una aplicación basada en el modelo de circulación POLCOMS desarrollado por el Proudman Oceanographic Laboratory (POL),

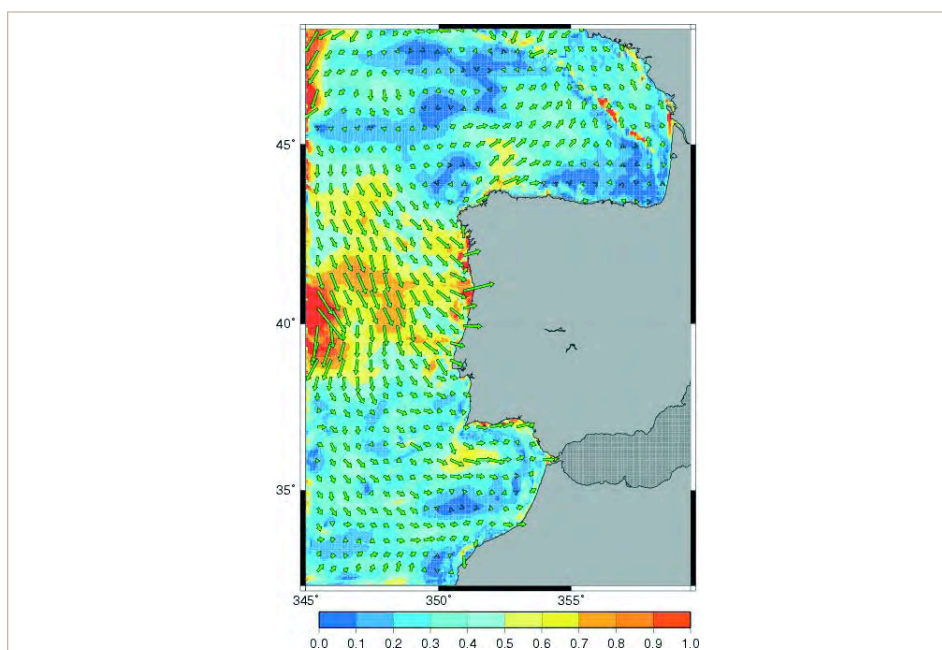
La aplicación ESEOAT

La predicción para el dominio ESEOAT se realiza por medio de una aplicación, basada en el modelo de circulación POLCOMS, con una resolución espacial de $1/20^\circ$ tanto en longitud como en latitud ($\sim 4\text{-}5\text{ km}$) y 34 niveles S en la vertical. Se fijan condiciones iniciales y de contorno, estas últimas actualizadas cada 6 horas, a partir de los datos del modelo global FOAM, proporcionados por el Servicio de Predicción Oceanográfica del UK MetOffice.

Asimismo, la simulación es forzada cada 6 horas con campos meteorológicos (viento a 10-m, presión superficial, temperatura y humedad relativa a 2-m, flujo superficial de calor sensible y latente, así como variables necesarias para el cálculo del balance radiactivo e hídrico superficial) proporcionados operativamente por el Sistema de Predicción, basado en el modelo HIRLAM, del Instituto Nacional de Meteorología (INM).

Se incluye también un forzamiento de marea (14 armónicos) en los contornos con datos proporcionado por el Coastal Oceanography Observatoire Midi Pyrénées en colaboración con el Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Oceanographie Spatiales (LEGOS/POC) (modelo MOG2D), así como el efecto que tiene la descarga de agua dulce provocada por los ríos. Para introducir este forzamiento de agua dulce se han empleado valores climatológicos de descarga proporcionados por el Global Runoff Data Center (GRDC) para los 14 ríos de caudal más notable. Los resultados en fase experimental de la aplicación ESEOAT están disponibles en la página web del proyecto (www.escoo.org).

Figura 5.6.5. Velocidad (m/s) y dirección de la corriente media prevista para el día 09/05/2006



5.6.5. Bases de datos de estaciones receptoras de imágenes de satélite

En España existen varias bases de datos de estaciones receptoras de satélite. En la tabla 5.6.2., compilada por Óscar Chic del ICM-CSIC, se recoge la información relativa a la mayor parte de las estaciones de las que se tiene conocimiento.

Tabla 5.6.2. Listado de estaciones receptoras de satélite en España

Institución	Contacto	Equipo	Datos	URL	Visibilidad datos
Univ. de Granada Facultad de Ciencias Física Aplicada	Lucas Alados-Arbolados, María	DARTCOM	A/VHRR,	www.ugr.es	No encontrada distribución pública de datos
	Teresa Camacho, Olmedo,		Meteosat		
	María Chica-Olmo, F. J. Olmo,				
	Reyes, J. Vida Manzano				
Univ. La Laguna (Tenerife) Fac. Física	M. Arbelo Pérez, A. González	Terascan 2.6	NOAA	¿?	No encontrada distribución pública de datos
	-Fernández, P. A. Hernández				
	Leal, F. Herrera Cabello				
Institut Cartogràfic de Catalunya	R. Arbiol Betrán, J. L.Colomer	¿?	¿?	www.icc.es	Se pueden descargar algunos mapas no imágenes de satélite
	Alberich, L. Martínez Rodrigo,				
	O. Mora Sacristán, V. Palà				
	Comelles, F. Pérez Aragües				
Univ. de Valladolid, Lab. de Teledetección	J.I. Casanova Roque, A. Calle	Antena	A/VHRR,	www.latuv.	No encontrada distribución pública de datos
	Montes, A. Romo Arranz	MODIS	Feng Yun,	uva.es	
		(Scanex)	MODIS		
Univ. Alcalá de Henares Fac. Ciencias Ambientales	E. Chuvieco Salinas, J. Meno	DARTCOM	NOAA,	www.geogra.	Venta de Imágenes. Posibilidad de inspeccionar quicklooks de NOAA,
	Berrios, E. Nicolás Gesé,		Fen Yung	uah.es	http://www.geogra.uah.es/inicio/noaa/suscripciones.php
	A. Palacios Orueta,				
	D. Riaño Arribas				
Univ. de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar	Santiago García López	N/A	N/A		No encontrada distribución pública de datos
	(santiago.garcia@uca.es)				
Univ. de Córdoba, Servicio Central Información del Territorio	M. P. González Dugo	N/A	N/A		Imágenes de pago. No encontrado nada más

Institución	Contacto	Equipo	Datos	URL	Visibilidad DATOS
Univ. de Jaén, Esc. Polit. Sup. Dpto. Física	Joaquín Tovar Pescador (jtovar@ujaen.es)	N/A	N/A		No encontrada distribución pública de datos
IEO Santander	A. Lavín Montero, L. Valdés Santurio	SmarTECH + ERDAS	AVHRR	http://www.teledeteccionoceano.grafica.net/	Quicklooks e imágenes de temperatura online. Control de calidad
AZTI País Vasc	Y. Sagaminaga	DartCom	¿?	http://www.azti.es	No encontrada distribución pública de datos
CREPAD INTA	M ^a A. Domínguez	Gran Estación Receptora	AVHRR, TOVS, SeaWiFS	http://www.crepad.rcanaria.es/	Navegador de quicklooks. Es posible solicitar datos
CEA, Valencia		No queda claro que tengan antena propia. Datos en la Web		http://www.gva.es/ceamet/satelite/satelite.htm	No encontrada distribución pública de datos
Institut Ciències del Mar, CSIC	O. Chic Gómez	HRPT Data Tools	AVHRR, TOVS, SeaWiFS, DCS/ARGOS, sat/	http://www.cmima.csic.es/serveis/	Quicklooks e imágenes de temperatura casi en tiempo real. Posibilidad de solicitar datos
Universidad de Vigo (CACTI)	Ramiro Álvarez Clavero		AVHRR NOAA	http://webs.uvigo.es/cactiweb/teledet.htm	Se pueden descargar algunas imágenes en http://webs.uvigo.es/ramiro/

5.6.6. Red de instrumentación oceanográfica y meteorológica de la Generalitat de Catalunya

La Red de Instrumentación Oceanográfica y Meteorológica (XIOM) es propiedad de la Generalitat de Catalunya y está compuesta por un conjunto de equipos de medida de las variables costeras más significativas, mediante diferentes tipos de boyas, estaciones meteorológicas y mareógrafos.

Actualmente existen diferentes boyas situadas en diversos puntos de la costa catalana (Golfo de Rosas, Delta del Tordera, Delta del Llobregat y el Cabo de Tortosa) que proporcionan información sobre el oleaje. La red es complementaria a la de Puertos del Estado, que dispone de boya en las bocanas de los Puertos de Barcelona, Tarragona y Palamós, así como boyas exteriores frente a Tarragona y al Cabo de Begur (figura 5.6.6.).

Figura 5.6.6. Descripción del sistema de boyas de clima marítimo del litoral catalán



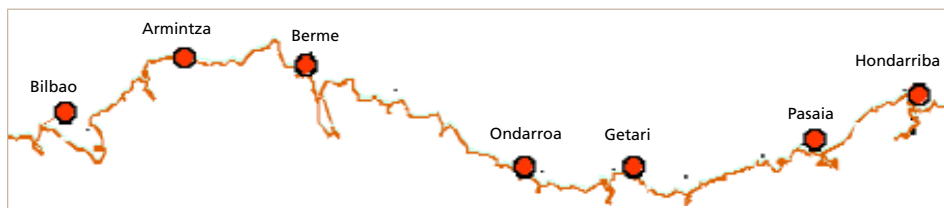
La información está disponible en Internet en la siguiente dirección:
<http://www.boiescat.org/>

5.6.7. Estaciones océano-meteorológicas de AZTI

Después de la instalación en agosto de 2001 de una estación océano-meteorológica piloto en la desembocadura del puerto de Pasaia, a través de un convenio entre el Departamento de Puertos y Obras Públicas y la Fundación AZTI, en el año 2003 se creó una extensa red océano-meteorológica con la instalación de seis estaciones más en los siguientes puertos de la Comunidad Autónoma del País Vasco: Bilbao, Arminza, Bermeo, Ondarroa, Getaria y Hondarribia (figura 5.6.7.). El diseño e instalación de los

sistemas de medida fue realizado desde AZTI-Tecnalia y los equipos fueron suministrados por Aanderaa Instruments.

Figura 5.6.7. Red de estaciones océano-meteorológicas en los puertos del País Vasco



Cada estación registra los siguientes parámetros meteorológicos: viento (dirección, velocidad media y racha máxima), presión atmosférica, temperatura del aire, visibilidad y radiación global y neta.

La información oceanográfica viene dada por un correntímetro ADCP de fondo (Aanderaa DCM12), que mide simultáneamente la velocidad y la dirección de las corrientes en 6 capas de la columna de agua. Además, un mareógrafo (Aanderaa WTR9) registra la altura de la marea, la altura significativa del oleaje, su periodo y la altura máxima de ola. Finalmente, se adquiere un perfil de temperaturas a través de una cadena de termistores con un sensor cada 5 metros de profundidad (desde la superficie, hasta 25 m de profundidad). Toda la información oceanográfica es transmitida por cable a un data-logger principal de la estación meteorológica y, desde ésta, junto a la información meteorológica, vía radio a la unidad de recepción, instalada en una oficina de cada puerto en el que se ubican las estaciones.

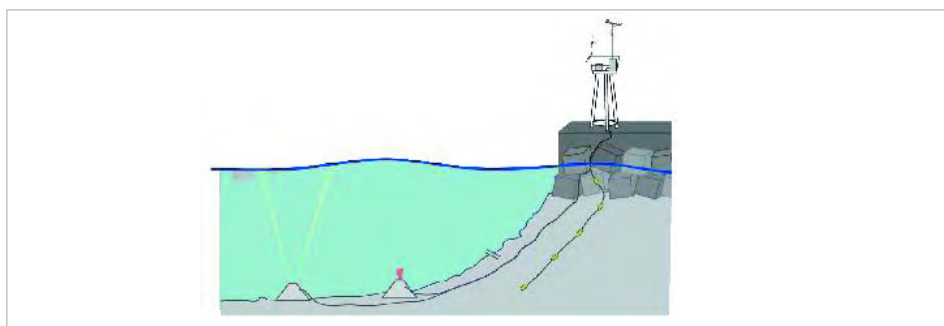
Esta información, recogida cada 10 minutos, es de gran interés tanto para su consulta en tiempo real (usuarios de puertos, implementación en modelos predictivos, etc.), como para la adquisición de series históricas necesarias para mejorar el conocimiento de los fenómenos que rigen el medio costero.

En cada uno de los siete puertos implicados, la estación océano-meteorológica instalada se divide en tres partes (figura 5.6.8.):

- La estación meteorológica, con:
 - una data-logger principal, centro de adquisición y de comunicación;
 - una unidad de alimentación independiente (aerogenerador + placas solares), que proporciona corriente eléctrica a todo el sistema;
 - un mástil para los sensores meteorológicos que soporta también las antenas de comunicación vía radio y GSM.
- Los sensores submarinos:
 - un correntímetro perfilador de corrientes;
 - un mareógrafo con medición de oleaje escalar;
 - una cadena de termistores.

- La unidad de recepción, con:
 - un sistema de recepción radio de los datos océano-meteorológicos;
 - un ordenador PC de almacenamiento.
 - una radio-módem que permite comunicar los datos en tiempo real a la central de la Dirección de Meteorología y Climatología situada en Vitoria-Gasteiz.

Figura 5.6.8. Esquema de una estación tipo con los tres equipos submarinos y la torreta meteorológica



5.6.8 Instituto Tecnológico para o Control do Medio Mariño (INTECMAR)

El Instituto Tecnológico para o Control do Medio Mariño de Galicia, INTECMAR, dependiente de la Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos, asume las competencias atribuidas al Centro de Control do Medio Mariño, constituyéndose como el instrumento de la Administración de la Comunidad Autónoma de Galicia para el ejercicio de las funciones del control de la calidad del medio marino, de aplicación de las disposiciones legales en materia de control técnico-sanitario de los productos del mar y de asesoría técnico-científica sobre pesca, marisqueo y acuicultura en el ámbito de las zonas de producción en aguas competencia de la Comunidad Autónoma.

El INTECMAR tiene como objetivo general desarrollar un estricto e intensivo sistema de control sobre las características del medio marino para darle cumplimiento formal a la legislación vigente en cuanto a la producción de moluscos y otros organismos marinos, contribuyendo a desarrollar nuevas estrategias de explotación y comercialización basada en la oferta de productos de óptima calidad con absoluta garantía sanitaria, desarrollo de estudios de carácter científico-técnico destinados a facilitar los conocimientos necesarios para la correcta gestión de los recursos marinos protegiendo y mejorando las calidades de sus aguas.

Desde 1992 se muestrean las rías gallegas semanalmente haciendo un seguimiento de las condiciones oceanográficas, fitoplancton, biotoxinas, contaminación química y microbiología, con especial referencia a los organismos que forman mareas rojas.

Más información en:

<http://www.intecmar.org/amsa/informacion/informacion.html>

5.6.9. Programa español de recopilación y gestión de datos del sector de la pesca. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Pesca Marítima

En cumplimiento de los requisitos de comisiones internacionales de evaluación y gestión pesquera como ICES o NAFO, se han recopilado, de forma regular desde la década de 1980, series históricas de datos sobre el sector de la pesca. Estas series de datos fueron inicialmente financiadas por organizaciones de pesca, la SGPM y el IEO. El Reglamento (CE) nº 1543/2000 del Consejo, de 29 de junio de 2000, por el que se establece un marco comunitario de recopilación y gestión



Pescando en el Flemish Cap. (F. Saborido-Rey)

de los datos necesarios para el funcionamiento de la política pesquera común, estableció una nueva política que es llevada a cabo en España por la SGPM a través del IEO. Este reglamento viene a unificar las tareas de recopilación y gestión de datos financiadas anteriormente total o parcialmente por la UE junto con las ya existentes a nivel nacional.

La recogida de datos, coordinada por el IEO, se realiza conjuntamente con otros organismos entre los que están: AZTI, el CSIC (ICM e IIM) y las Universidades de Alicante y de Girona. Básicamente, está compuesta por la Red de Información y Muestreo (RIM), la Red de Observadores a Bordo y las campañas oceanográficas. Entre los datos recogidos se encuentran:

- Datos relativos a la capacidad de pesca.
- Datos relativos al esfuerzo pesquero.
- Datos relativos a las capturas y desembarcos, donde se incluye el muestreo biológico.

La extensión histórica de esta base de datos es muy variable dependiendo de la especie, área, y/o dato biológico de interés (talla, peso, edad, maduración...) pero en algunos casos se puede extender hasta finales de los años 70. El grueso de los datos, tanto históricos como los recogidos en el reglamento europeo, son gestionados por el IEO mediante la aplicación SIRENO, que almacena la información procedente de las lonjas, de los observadores a bordo de buques comerciales y de las campañas de investigación.

Campañas oceanográficas

Son numerosas las campañas de investigación incluidas en este programa (un total de 13 en el 2005), destacando aquellas con una larga serie histórica, como las descritas a continuación. En todas ellas se recogen datos de abundancia y biomasa, tallas y pesos individuales y

diversos parámetros biológicos (edad, maduración, fecundidad, alimentación...) de peces, crustáceos y moluscos de las principales especies comerciales, aunque la intensidad de muestreo difiere según el objetivo de la campaña. En la mayoría se recogen también datos hidrográficos.

- IBTS “Cantábrico”: Desde 1983
Objetivo: Especies demersales de peces, crustáceos y moluscos
Área: Plataforma y talud continental del Atlántico español entre el Miño y el Bidasoa y entre las profundidades de 70 a 500 m
Época: Septiembre-octubre
- IBTS “Golfo de Cádiz”: Desde 1992
Objetivo: Especies demersales de peces, crustáceos y moluscos
Área: Plataforma y talud continental del Golfo de Cádiz
Época: Septiembre-octubre
- PELACUS: Desde 1983
Objetivo: Evaluación especies pelágicas de peces
Área: Norte y noroeste de la Península Ibérica
Época: Marzo-abril
- BIOMAN: Desde 1987
Objetivo: Abundancia y biomasa de la anchoa, y otros parámetros biológicos de plancton
Área: Golfo de Vizcaya
Época: Primavera
- ECOMED: Desde 1990
Objetivo: Evaluación especies pelágicas de peces
Área: Plataforma y talud continental del Mediterráneo español entre Gibraltar y Garrucha
Época: Mayo-junio
- FLEMISH CAP: Desde 1988
Objetivo: Especies demersales de peces, crustáceos y moluscos
Área: Banco Flemish Cap (División 3M de NAFO) hasta la profundidad de 1.400 m
Época: Junio-julio
- MEDITS: Desde 1994
Objetivo: Especies demersales de peces, crustáceos y moluscos
Área: Plataforma y talud continental del Mediterráneo español entre Gibraltar y Garrucha y entre las profundidades de 30 a 800 m
Época: Mayo-junio
- BALAR: Desde 2001
Objetivo: Especies demersales de peces, crustáceos y moluscos
Área: Plataforma y talud continental del Mediterráneo español en las Islas Baleares (zonas no cubiertas por MEDITS) y entre las profundidades de 30 a 800 m
Época: Mayo-junio

- MERSEL: Desde 1991
Objetivo: Especies demersales de peces, crustáceos y moluscos
Área: Plataforma y talud continental del Mediterráneo español en el Mar de Alborán
Época: Septiembre-octubre

Otras bases de datos pesqueras

Aunque ciertos organismos o Universidades puedan recoger datos, esencialmente biológicos, relacionados con la pesca, son las comunidades autónomas, a través de sus instituciones o centros de investigación las encargadas de la gestión de la pesca en aguas interiores, la cual es esencialmente pesca artesanal y deportiva. Destacan por su importancia, las bases de datos de la Xunta de Galicia, Gobierno Vasco y Junta de Andalucía. La subasta electrónica, actualmente introducida en las Lonjas de Venta de Pescado, permite obtener registros diarios por barco y especie, de las ventas que son gestionados por las comunidades autónomas.

5.6.10. Otras bases de datos

Otras series temporales de observación de ecosistemas marinos disponibles en España se recogen la tabla 5.6.3.

Tabla 5.6.3. Listado de otras series temporales de observación de los ecosistemas marinos españoles

Nombre	Localización	Periodo	Variables
Establier	Bahía de Cádiz: 36°35' N, 6°18' W.	1965-1988	Hidrología, Plancton
L'Estartit	Una milla de l'Estartit: 42° 03' N, 3° 15' E.	1974-actualidad	Hidrográfica
ESTOC	100 km al norte de Gran Canaria: 29°10' N, 15°30' W	1994-actualidad	Hidrología, Fondeos, Plancton
Bahía de Blanes	Bahía de Blanes: 41°40' N, 2°48' E.	1991-2005	Hidrología, Plancton
–	Secciones Canarias-Cádiz, Canarias-Madeira y Madeira-Lisboa	1998-2001	Secciones de XBTs
La Fosca	Playa de la Fosca: 41°51' N, 3°08' E	2001-2003	Hidrología, Plancton
–	Puerto de Barcelona	2001-actualidad	Línea Costa, Oleaje, Hidrología
Barcelona Litoral	Transecto perpendicular a Barcelona	2002-actualidad	Hidrología, Plancton, Color y Transparencia del agua, Línea de costa, Sedimentos, Observaciones sistema ARGUS
GIFT	Estrecho de Gibraltar	2003-actualidad	Hidrología, Fondeos, Biogeoquímica

5.6.11. Áreas marinas protegidas

En España hay 20 áreas marinas protegidas (AMPs) que cubren una superficie aproximada de 160.000 ha (tabla 5.6.4). De ellas 14 son reservas marinas que están formadas por un área exterior en la que se permite la pesca y otras actividades con restricciones, y un núcleo en la que se prohíben las actividades de explotación es lo que se conoce como reserva marina en sentido estricto. Una parte de las reservas son gestionadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (5 reservas) o mediante algún tipo de concierto con los gobiernos autónomos (4 AMPs). Las 11 reservas restantes son gestionadas de forma exclusiva por las comunidades autónomas o por el Ministerio de Medio Ambiente. Una característica particular de las AMP en España es la ausencia de reservas en la costa cantábrica, donde a excepción del pequeño santuario de Gaztelugatxe, en el País Vasco, no existe ninguna otra.

El seguimiento continuo de parámetros ambientales y de las comunidades biológicas es infrecuente o inexistente. La administración de AMP en España es sumamente compleja, debido a problemas de competencias territoriales. Esto se debe fundamentalmente a que las aguas costeras son competencia de los gobiernos autónomos mientras que las aguas oceánicas adyacentes están bajo la jurisdicción del gobierno central. Además, el establecimiento de las vedas pesqueras corresponde a los departamentos de pesca del gobierno central o de los regionales, siendo, sin embargo, la protección ambiental competencia de los departamentos de medio ambiente. Todos estos aspectos y su coordinación requieren aún un debate profundo.

La Unión Europea reconoce un déficit en la implementación de la red de reservas marinas en España necesaria para proteger los ecosistemas marinos representativos, así como las especies, dentro de la red Natura 2000 (http://europa.eu.int/comm/environment/nature/nature_conservation/natura_2000_network/marine_issues/index_en.htm).

Esta red se encuentra entre los objetivos de la UE para el año 2012, lo que conducirá no sólo a la declaración de reservas marinas en regiones poco representadas, sino también a la puesta en marcha y mantenimiento de sistemas de observación continua. En los próximos años esto representará un importante reto no sólo para la Administración española, sino para la comunidad científica marina.

- Página web de la comunidad Autónoma de las Islas Baleares:
http://dgpesca.caib.es/user/reserva/m_descripcio.es.htm
- Página con información sobre la gestión:
http://www.mapa.es/rmarinas/jornada_rrmm/lagestion.pdf
<http://www.nekanet.net/Naturaleza/renp/biotopos/gaztelugatxe/presentacion.htm>
- Web sobre reservas marinas de la Generalitat de Cataluña:
<http://www.gencat.net/darp/c/pescamar/zonprot/cnegre01.htm>
- Red de reservas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación:
http://www.mapa.es/rmarinas/index_rm.htm
- Web de BIOMEX:
<http://biomex.univ-perp.fr/>
- Web de Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente:
<http://www.mma.es/parques/lared/>

Tabla 5.6.4. Lista de áreas marinas protegidas en España

Nombre	Localización	Superficie (ha)	Año	Gestor	Tipo de AMP	Actividad científica*
Masia Blanca	Coma Ruga, El Vendrell, Tarragona, Cataluña. España	321,5	1999	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Reserva marina de interés pesquero	Sí (IEO)
Islas Columbretes	Castellón, C.A. de Valencia, España	4.400	1990	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Reserva marina de interés pesquero	Sí (IEO)
Isla de Tabarca	Alicante - Comunidad Valenciana. España	1.400	1986	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Comunidad Valenciana	Reserva marina de interés pesquero	Sí (IEO, BIOMEX*)
Cabo de Palos- Islas hormigas	Murcia - Comunidad Autónoma de Murcia. España	1.898	1995	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia	Reserva marina de interés pesquero	Sí (Univ. Murcia, BIOMEX*)
Cabo de Gata-Níjar	Almería - Comunidad Autónoma de Andalucía. España	4.613	1995	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Reserva marina de interés pesquero	?
Isla de Alborán	Almería - Comunidad Autónoma de Andalucía. España	854,65	1997	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Reserva marina de interés pesquero y Reserva de pesca	Sí (IEO)

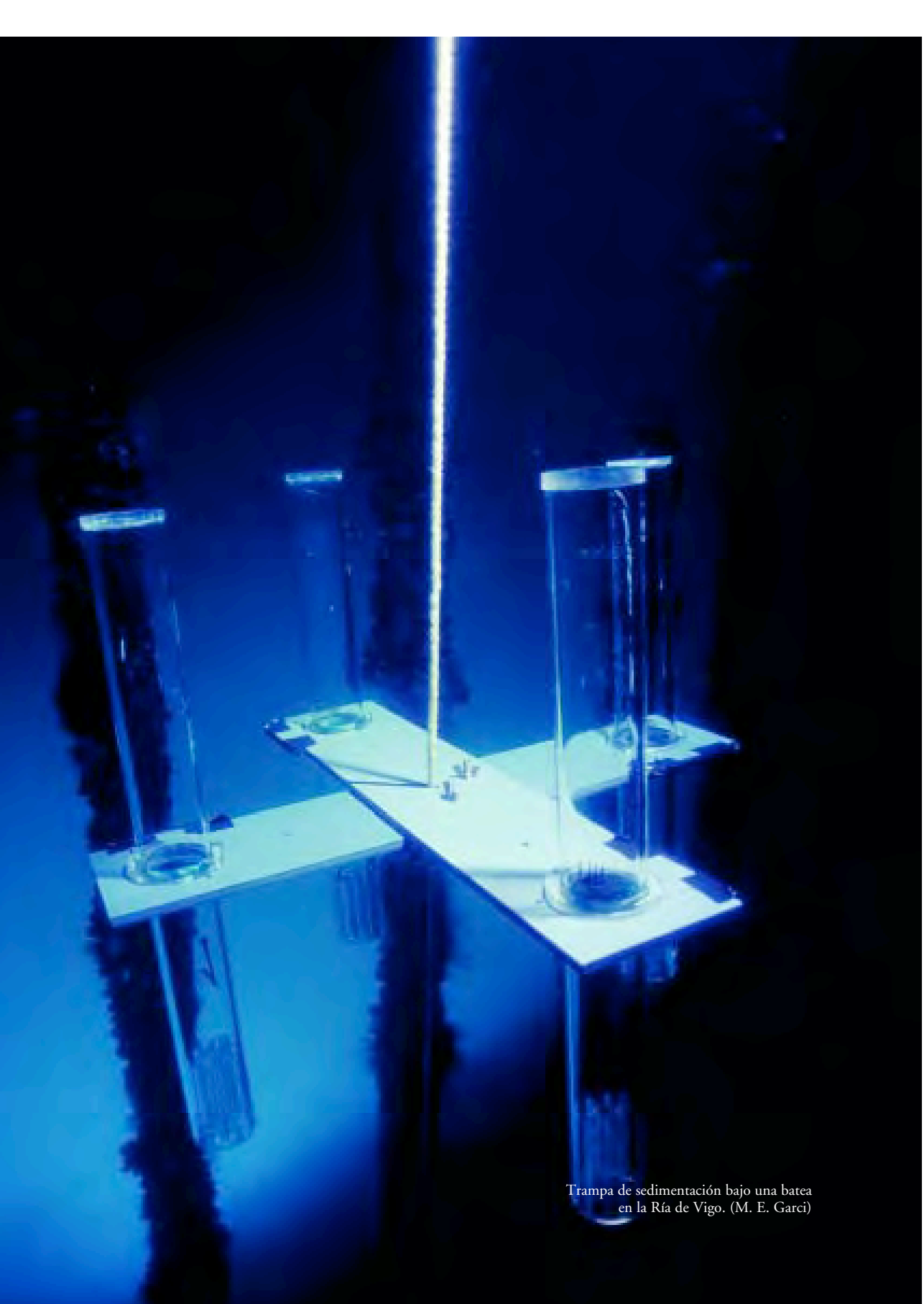
Nombre	Localización	Superficie (ha)	Año	Gestor	Tipo de AMP	Actividad científica*
Isla Graciosa e islotes del Norte de Lanzarote	Isla de Lanzarote (Gran Canaria) - Comunidad Autónoma de las Islas Canarias. España	70.700	1995	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Viceconsejería de Pesca, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Comunidad Autónoma de las Islas Canarias	Reserva marina de interés pesquero	?
La Restinga-Mar de las Calmas	Isla de El Hierro (Tenerife) - Comunidad Autónoma de las Islas Canarias. España	750	1996	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Comunidad Autónoma de las Islas Canarias	Reserva marina de interés pesquero	?
Isla de la Palma	La Palma (Tenerife) - Comunidad Autónoma de las Islas Canarias. España	3.719	2001	Secretaría General de Pesca Marítima, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Reserva marina de interés pesquero	?
Illes Medes	Costa Brava, Generalitat de Cataluña	511	1990	Comunidad Autónoma de Cataluña	Área protegida	Sí (Univ. Barcelona?, BIOMEX*)
Cap Negre	Gerona, Generalidad de Cataluña		1993	Comunidad Autónoma de Cataluña	Espacio marino protegido	Sí (CNMIMA/CSIC y Univ. Gerona)
Cap de Creus	Costa Brava Norte, Generalidad de Cataluña	3.064	1998	Comunidad Autónoma de Cataluña	Reserva natural integral	?
Cabo de San Antonio	Alicante - Comunidad Valenciana. España	110	1993	Generalitat Valenciana	Reserva marina	?

Nombre	Localización	Superficie (ha)	Año	Gestor	Tipo de AMP	Actividad científica*
Migjorn de Mallorca	Mallorca, Islas Baleares	22.332	2002	Comunidad Autónoma de las Islas Baleares	Reserva marina	?
Les Freus de Ibiza y Formentera	Entre Ibiza y Formentera, Islas Baleares	13.617	1999	Comunidad Autónoma de las Islas Baleares	Reserva marina	Sí
Norte de Menorca	Menorca, Islas Baleares	5.119	1999	Comunidad Autónoma de las Islas Baleares	Reserva marina	?
S'Arenal-Cabo de Regana	Mallorca, Islas Baleares	2.394	1999	Comunidad Autónoma de las Islas Baleares	Reserva marina	?
Archipiélago de Cabrera	Cabrera, Islas Baleares	8.703	1995	Ministerio de Medio Ambiente	Parque nacional marítimo merrestre	Sí
Islas Atlánticas	Galicia	14.570	2002	Ministerio de Medio Ambiente	Parque nacional marítimo Terrestre	?
Gaztelugatxe	Vizcaya, País Vasco	158	1998	Comunidad Autónoma del País Vasco	Biotopo protegido	?

* BIOMEX es un proyecto del VII Programa Marco de la EU para determinar la eficiencia de las áreas marinas protegidas como fuentes de biomasa. Las instituciones españolas participantes son IEO, CMIMA/CSIC, Universidad de Alicante y AZTI.

6

Productos de la investigación
en ciencias y tecnologías
marinas en España



Trampa de sedimentación bajo una batea
en la Ría de Vigo. (M. E. Garci)

6.1. Producción científica española en ciencias y tecnologías marinas (1994-2004)

Los datos sobre los documentos publicados por un país en revistas científicas de difusión internacional aportan una valiosa información sobre su actividad investigadora, ya que estas publicaciones son el principal canal de difusión del nuevo conocimiento que se genera a través de la investigación. Las publicaciones científicas desempeñan un importante papel en la Ciencia, porque no sólo permiten difundir los nuevos descubrimientos sino también atribuir la prioridad de los mismos a sus autores y otorgarles un reconocimiento a través de las citas.



Pulpo. (M. E. Garci)

citas, que son indicadores indirectos de la calidad de la investigación. En la actualidad se acepta que el uso combinado de distintos indicadores bibliométricos apoya y complementa con éxito el juicio de los expertos en las evaluaciones científicas (Van Leeuwen *et al.*, 2003).

En este capítulo se analizará la actividad de alcance internacional de los investigadores españoles en ciencias y tecnologías marinas durante los años 1994-2004 a través de sus publicaciones en revistas científicas de prestigio y difusión internacional. La relación de publicaciones analizada en este estudio incluye la descripción de muchos de los resultados obtenidos.

Por las razones mencionadas, los estudios bibliométricos o de producción científica han proliferado en los últimos años en los países más desarrollados, y han pasado a constituir un importante instrumento en la evaluación de la actividad científica de centros, áreas y países (ver por ejemplo, UE, 2003). Se han descrito indicadores cuantitativos, basados en el número de publicaciones, que cuantifican el esfuerzo investigador, junto a otros semi-cualitativos, como las

6.1.1. Aspectos metodológicos

Los documentos analizados corresponden a las publicaciones de los investigadores españoles en las revistas recogidas por el *Science Citation Index* (SCI), *Social Sciences Citation Index* y *Arts & Humanities Citation Index*, bases de datos multidisciplinares creadas por Thomson-ISI de Filadelfia (Estados Unidos), que recogen en conjunto más de 5.000 revistas de difusión internacional, seleccionadas atendiendo a criterios de calidad científica y formal (<http://www.isinet.com>).

Delimitación temática del área

Los estudios bibliométricos realizados sobre las bases de datos de Thomson-ISI con frecuencia proponen la delimitación temática de las áreas a partir de las disciplinas ofrecidas por la propia base de datos, resultantes de la agrupación de revistas según su contenido temático. Esta delimitación es sencilla de realizar, pero ofrece una cobertura incompleta de las áreas, al prescindir de documentos relevantes publicados en revistas de temas periféricos o multidisciplinares. Por esta razón, la delimitación del área de ciencias y tecnologías marinas se realizó en este documento a través de una estrategia mixta que incluía los siguientes pasos:

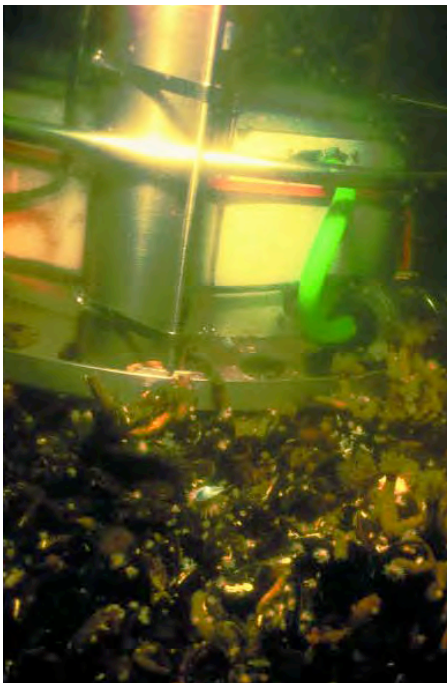


Incubaciones a pie de mar. (C. M. Duarte)

- Selección de documentos por revistas de publicación, incluyendo aquellos publicados en las revistas asignadas por la base de datos a las disciplinas de “Oceanography”, “Engineering, Ocean”, “Engineering, Marine” y “Fisheries”; así como los documentos publicados en una selección de revistas científicas, propuestas por investigadores españoles de ciencias y tecnologías marinas (ver Anexo 6.1.1.).
- Selección de documentos por descriptores temáticos, tanto descriptores de autor (asignados por los autores de los documentos) como descriptores de la base de datos (asignados por la base de datos) y palabras en el título de los documentos. Los descriptores utilizados, propuestos y revisados por investigadores españoles de ciencias y tecnologías marinas, se recogen en el Anexo 6.1.1.

Los documentos así obtenidos fueron revisados por expertos en el área, obteniéndose un conjunto de 6.898 documentos, una vez eliminados los que se consideraron no pertinentes para el tema en estudio. La precisión (documentos relevantes recuperados/total documentos recuperados) del conjunto final de documentos es muy elevada ($> 93\%$) mientras que la exhaustividad (documentos relevantes recuperados/total documentos relevantes) también se sitúa en niveles adecuados, en torno al 88%. Así pues, se estima que este estudio presenta una visión conservadora, siendo la producción científica real un 7-10% superior a la indicada aquí, que no incluye, además, libros, capítulos de libros y publicaciones en revistas no indexadas en SCI. El número de publicaciones anuales se completó con datos entre 1981 y 1993 derivados de un estudio previo (Insúa y Tortosa, 1999), contando así con una mayor proyección temporal de la evolución de la producción científica.

Indicadores bibliométricos



Cámara bectónica. (E. M. Garcí)

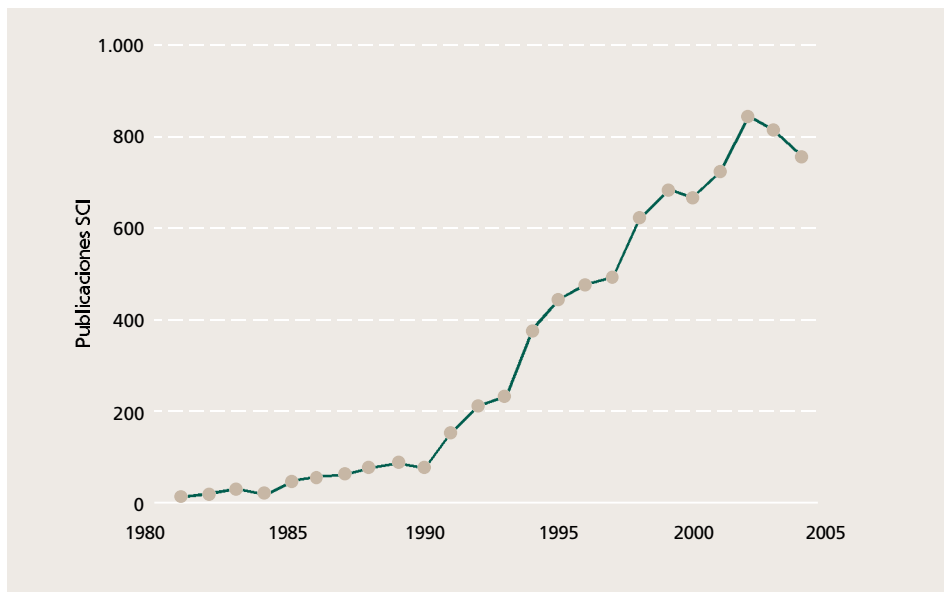
Se utilizaron una serie de indicadores para cuantificar la actividad, analizar su impacto y estudiar la colaboración. Los indicadores de actividad, basados en el número de documentos publicados por los investigadores, cuantifican la actividad científica, pero no aportan información sobre su calidad. Como aproximación indirecta a la calidad de los documentos se utilizan los indicadores de impacto, que se basan en las citas recibidas por los trabajos y en el factor de impacto de las revistas de publicación. Las citas son un indicador de la repercusión o influencia de la investigación sobre la comunidad científica del área, de forma que altas tasas de citación se asocian a documentos especialmente relevantes para el avance de la ciencia. El factor de impacto de las revistas es un indicador de su prestigio científico, asumiéndose que las revistas más prestigiosas son más exigentes en la aceptación de documentos para su publica-

ción, y que editan documentos de mayor calidad. Las citas son, pues, un indicador del impacto real u observado de un documento, mientras que el factor de impacto puede considerarse un indicador de impacto esperado. La descripción detallada de los indicadores utilizados se incluye en el Anexo 6.1.1.

6.1.2. Datos generales sobre la producción científica

La producción de España en ciencias y tecnologías marinas ascendió a 6.898 documentos durante el periodo 1994-2004, aumentando notablemente a lo largo del tiempo, desde tan sólo 30 publicaciones en 1981 hasta 839 en 2002 (figura 6.1.1.), con un rápido incremento durante la década de 1990. Esta tendencia ascendente se invierte en el año 2002, observándose un descenso en los últimos dos años. La progresión de la producción científica durante la década de 1990 sobrepasó el ritmo general de aumento de la producción científica en España, ya que las publicaciones en ciencias y tecnologías marinas pasaron de representar el 2,5% del total de publicaciones científicas españolas en revistas del sistema SCI en 1994 al 3,3% en el año 2002, atestiguando la clara progresión de esta disciplina en nuestro país. El descenso de la producción observado en el último año no es muy significativo, ya que un pequeño porcentaje de documentos de cada año se incluyen con retraso en la base de datos y no aparecen hasta el CD-ROM del año siguiente, por lo que se estima que la producción de 2004 puede situarse en un 10% por encima de la presentada en este trabajo. No obstante, parece que la caída de producción científica en ciencias y tecnologías marinas en 2003 y 2004 no refleja una coyuntura general de la investigación científica española, ya que el porcentaje que suponen las ciencias y tecnologías marinas decae del 3,3% de 2002 al 3,1 en 2004.

Figura 6.1.1. Evolución temporal del número de publicaciones españolas en ciencias marinas



Nota: Datos de 1981 a 1993 tomados de Insúa y Tortosa (1999).

La distribución de la producción por comunidades autónomas difiere de la descrita para la producción científica española en el total de las áreas, observándose una localización preferente en las regiones costeras. En el periodo 1994-2004 los investigadores ubicados en Cataluña publicaron el 27% de los documentos, mientras que Andalucía y Galicia fueron responsables del 21 y 19%, respectivamente, seguidos de Madrid con el 11% de las publicaciones (figura 6.1.2.). Estos resultados reflejan en parte el tamaño de la población, de forma que cuando se evalúa el número de documentos publicados por 100.000 habitantes la mayor producción corresponde a Galicia, seguida, a alguna distancia, de Baleares y Cataluña (fig. 6.1.2.). El grado de progresión de la producción científica mostró variaciones según las comunidades autónomas, con un mayor incremento a lo largo del periodo de Castilla y León (333%), Baleares (281%) y el País Vasco (235%), y una menor progresión en Cataluña (54%) y Canarias (64%) (figura 6.1.3.).

Figura 6.1.2. Contribución porcentual de los investigadores ubicados en las distintas comunidades autónomas a la producción científica en ciencias marinas en España y el número de publicaciones por 100.000 habitantes (1994-2004)

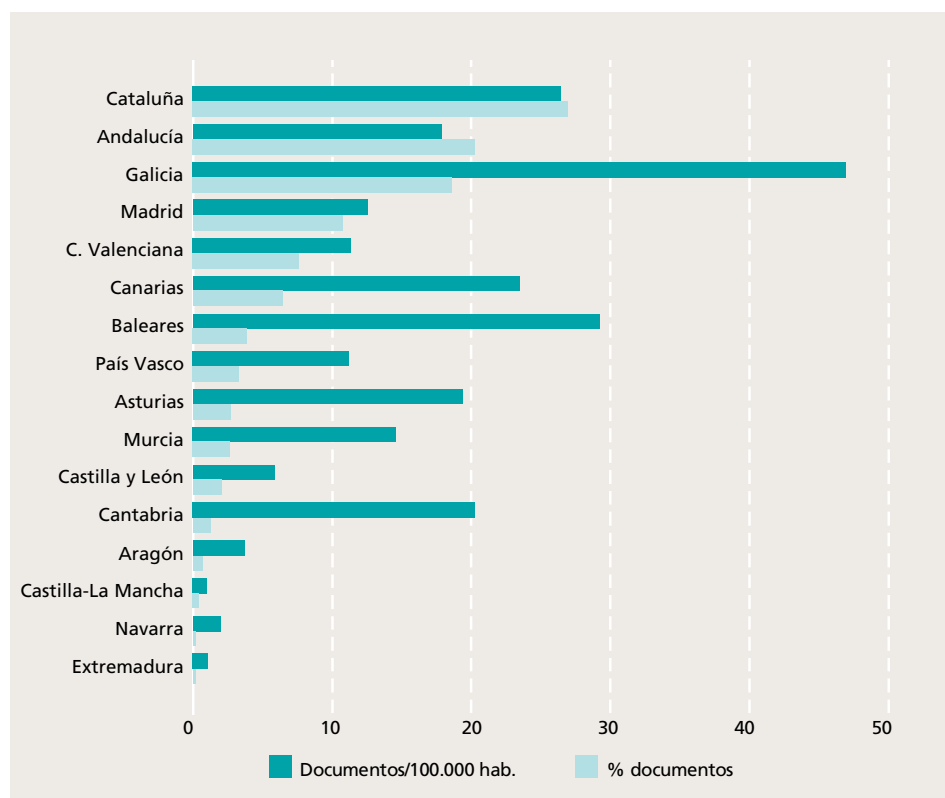
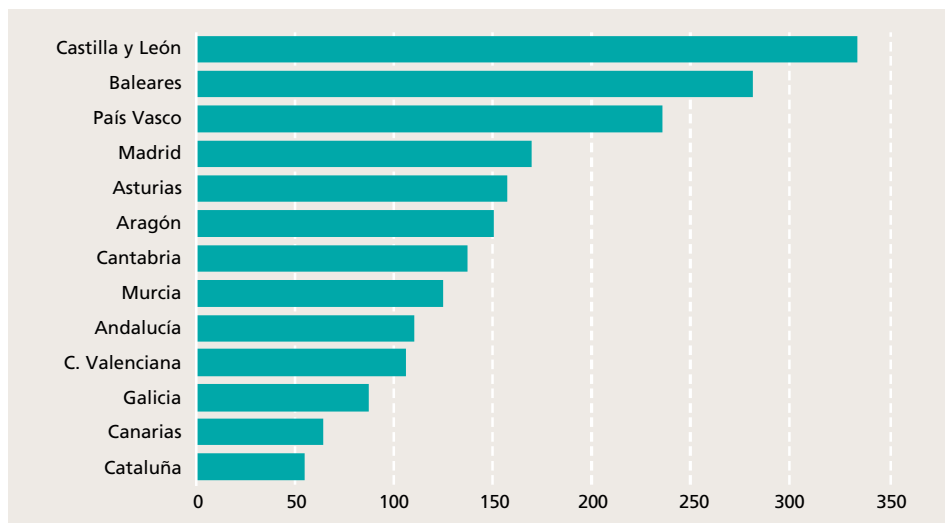


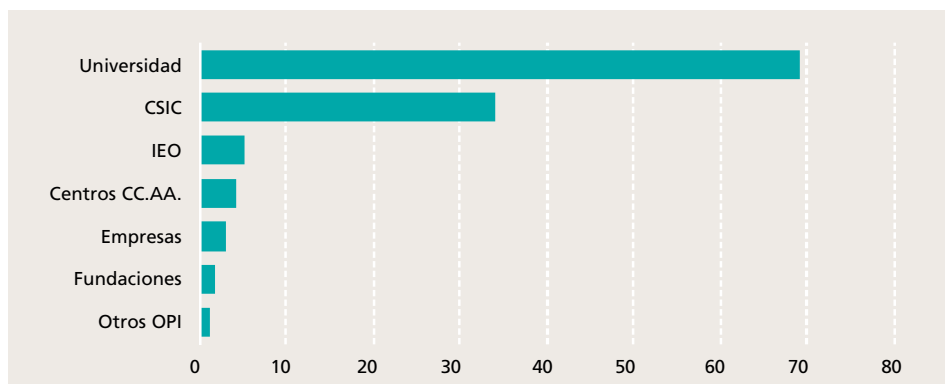
Figura 6.1.3. Incremento porcentual de la producción científica en ciencias marinas (1994-2004) en distintas comunidades autónomas



Nota: sólo comunidades autónomas con más de 100 documentos.

Los investigadores de las universidades españolas han participado en dos de cada tres publicaciones y los del CSIC en una de cada tres, mientras que los investigadores ubicados en el Instituto Español de Oceanografía (IEO), otros OPI, empresas, fundaciones y centros propios de las comunidades autónomas han participado, en total, en más del 11% de las publicaciones españolas en ciencias y tecnologías marinas entre 1994 y 2004 (figura 6.1.4).

Figura 6.1.4. Distribución de las publicaciones españolas en ciencias marinas por instituciones (1994-2004)



Nota: los datos suman más del 100% porque muchas publicaciones son fruto de colaboración entre instituciones.

En la tabla 6.1.1. se presenta de forma más detallada la distribución de documentos por sectores institucionales. Hay que destacar una alta actividad relativa de la Universidad, el CSIC y los otros OPI, comparada con su aportación porcentual al total de las áreas temáticas en España (63%, 20% y 2%, respectivamente) (Gómez *et al*, 2005a), sobre todo a expensas de una menor actividad del sector sanitario, apenas activo en ciencias y tecnologías marinas.

Más de 500 centros (facultades, institutos, empresas) contribuyen a la producción científica en ciencias y tecnologías marinas en España, aunque la participación de la mayoría de éstos es sólo ocasional. De hecho, tan sólo 23 de estos 500 centros contribuyen con más de 100 documentos en el periodo 1994-2004, siendo el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona el centro más prolífico. Considerando los 23 centros con más producción, que lideran la investigación en ciencias y tecnologías marinas en España, 6 están ubicados en Cataluña, 5 en Galicia, 5 en Andalucía, 2 en la Comunidad Valenciana, uno en Baleares, otro en Murcia, otro en el País Vasco, otro en Asturias y otro en Canarias (tabla 6.1.2.).

Tabla. 6.1.1. Distribución de documentos por sectores institucionales

Sector Institucional	N. Docs.	%
Universidad	4.774	69,21
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	2.338	33,89
Otros OPI	424	6,15
Inst. Español Oceanografía (IEO)	(353)	(5,12)
Inst. Nac. Invest. Tecnol. Alim. (INIA)	(31)	(0,45)
Inst. Tec. Geominero (ITGE)	(27)	(0,39)
Inst. Salud Carlos III (ISCIII)	(9)	(0,13)
C. Inv. Energ. Medioamb. Tecn. (CIEMAT)	(8)	(0,12)
C. Estud. Exp. Obras Pub. (CEDEX)	(5)	(0,07)
Inst. Nac. Téc. Aerosespacial (INTA)	(3)	(0,04)
Administración	339	4,91
Administración autonómica	(265)	(3,84)
Administración central	(64)	(0,93)
Administración periférica (ayunt., diput.)	(11)	(0,16)
Empresas	181	2,62
Privadas	(147)	(2,13)
Corporaciones empresariales	(21)	(0,30)
Públicas	(14)	(0,20)
Fundaciones y sociedades	101	1,46
Sector sanitario	49	0,71
Corporaciones	5	0,07
Entidades multi-sectoriales	5	0,07
Parques científicos y tecnológicos	2	0,03
Organismos internacionales	2	0,03
Otros	63	0,91

Nota: La suma es superior al 100% porque hay colaboración entre los distintos sectores.

A lo largo del periodo se observan variaciones en el peso de los distintos centros en la producción del área (véase tabla 6.1.2.). Destaca el incremento experimentado por el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados CSIC-Universidad de las Islas Baleares, que pasa del 0,85% en 1994-1995 al 3,83% en 2003-2004, el Edificio de Ciencias Experimentales de la Universidad de Vigo (incluye producción de distintas facultades) que asciende desde el 1,33% al 4,34% y el Centro Andaluz Superior de Estudios del Mar de la Universidad de Cádiz que pasa del 2,91% al 5,04%.

Tabla 6.1.2.Centros con mayor número de publicaciones en ciencias y tecnologías marinas (1994-2004)

Centros	1994-2004		1994-1995	2003-2004
	N. Docs.	%	%	%
I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	545	7,90	9,93	6,96
Fac. Biol. Univ. Barcelona	399	5,78	7,14	4,73
I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	391	5,67	5,57	4,98
C. Andaluz Superior Estud. Mar, Univ. Cádiz	306	4,44	2,91	5,04
Fac. Cienc. Univ. Málaga	296	4,29	4,96	3,26
C. Est. Avanz. Blanes CSIC, Girona	257	3,73	4,96	2,49
Edif. Cienc. Exper. Univ. Vigo	240	3,48	1,33	4,34
Fac. Biol. U. Santiago	205	2,97	6,54	2,11
I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears	199	2,88	0,85	3,83
Fac. CC. Mar. Univ. Las Palmas	192	2,78	4,48	2,23
I. Cienc. Marinas CSIC, Cádiz	168	2,44	2,78	1,85
I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	167	2,42	2,78	2,30
Fac. Cienc. Tecnol. Univ. P. Vasco, Bilbao	165	2,39	1,94	1,60
Fac. Biol. Univ. Valencia	159	2,31	2,78	2,23
Fac. Cienc. Univ. Granada	153	2,22	2,18	1,79
Fac. Biol. , Univ. Murcia	144	2,09	2,42	2,49
Fac. Cienc. Univ. La Coruña	136	1,97	2,42	1,21
Fac. Biol. Univ. Sevilla	121	1,75	1,09	1,47
Fac. Biol. Univ. Oviedo	117	1,70	1,69	1,92
Fac. Geol. Univ. Barcelona	115	1,67	1,09	1,66
C. Inv. Desarr. CSIC, Barcelona	107	1,55	2,18	0,06
Fac. Cienc. UAB	101	1,46	2,30	0,51
I. Esp. Oceanografía, La Coruña	101	1,46	1,69	1,66

6.1.3. Temas de investigación

La temática específica de la producción científica fue, dentro del ámbito de las ciencias y tecnologías marinas, muy diversa. Como muestra del carácter interdisciplinar de la investigación realizada, en la tabla 6.1.3. se presenta la distribución de la producción en 10 grandes áreas temáticas, definidas por agrupación de las disciplinas ISI. Se observa que 2/3 partes de las publicaciones se concentran en el área de Agricultura/Biología/Medio Ambiente, distribuyéndose el tercio restante entre las otras nueve áreas. Destaca sobre todo la actividad en Física (23% de las publicaciones) y en Biomedicina (17%).

Tabla 6.1.3. Distribución de las publicaciones por grandes áreas temáticas (1994-2004)

Áreas	Docs	%
Agricultura, Biología y Medio Ambiente	4.639	67,25
Física	1.593	23,09
Biomedicina	1.172	16,99
Química	566	8,21
Ingeniería, Tecnología	333	4,83
Medicina Clínica	316	4,58
Ciencias Sociales	177	2,57
Multidisciplinar	50	0,72
Matemáticas	11	0,16
Humanidades	2	0,03
Total	6.898	100

Aunque la producción se distribuyó por 134 disciplinas reconocidas por el SCI, se observa, sin embargo, una importante concentración en Biología Marina, que incluye el 40% de las publicaciones, seguida de Oceanografía, Ecología Marina y Pesquerías representando, cada una, un 10% de la producción (tabla 6.1.4.).

Tabla 6.1.4. Distribución de las publicaciones por disciplinas ISI

Disciplina ISI	N. Docs.	%
Biología Marina	2.817	40,84
Oceanografía	879	12,74
Ecología Marina	751	10,89
Pesquerías	726	10,52
Ciencias Ambientales	589	8,54
Geociencias Multidisciplinares	436	6,32
Biología Vegetal	355	5,15

Disciplina ISI	N. Docs.	%
Biotecnología y Biología Molecular	306	4,44
Química Analítica	300	4,35
Zoología	299	4,33
Bioquímica	280	4,06
Tecnología de Alimentos	249	3,61
Microbiología	228	3,31
Toxicología	206	2,99
Geoquímica y Geofísica	157	2,28
Genética	134	1,94
Ciencias Veterinarias	130	1,88
Geografía Física	129	1,87
Recursos Hídricos	129	1,87
Química Aplicada	129	1,87

Es interesante señalar que la distribución del esfuerzo entre disciplinas no es estática. La evolución ha sido más rápida (> 200% durante el periodo de estudio) para las Geociencias, Geoquímica/Geofísica, Química Analítica, Tecnología de Alimentos, Genética y Ciencias Veterinarias. Con un crecimiento menor, pero superior al promedio del área, destacan Oceanografía y Ciencias Medioambientales. Por otro lado, el crecimiento de la Biología Marina fue mucho más modesto (57%), lo que apunta a un proceso de re-equilibrio entre disciplinas que permitirá un mayor potencial interdisciplinar.

Tabla 6.1.5. Relación de los 20 descriptores más frecuentes en los artículos científicos sobre ciencias y tecnologías marinas publicados por autores de centros de investigación españoles

Descriptores	N. Docs.	Descriptores	N. Docs.
Mediterranean	233	Temperature	52
Fish	155	Seawater	49
Growth	119	Primary Production	49
Photosynthesis	85	Sediment	47
Sparus Aurata	84	Sea bass	47
Spain	83	Seagrass	45
Phytoplankton	66	Microalgae	44
Reproduction	63	Fatty Acids	44
Heavy Metals	57	Upwelling	42
Teleost	53	Nutrients	42

La distribución de las publicaciones de cada centro por disciplinas permite estudiar su especialización temática. En el Anexo 6.1.2. se muestran las disciplinas que constituyen al menos el 15% de la producción de cada uno de los centros más productivos. Se observa el predominio de Biología Marina en la mayor parte de los casos, existiendo mayores diferencias en el peso de las restantes disciplinas. Así, el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona, el Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados CSIC-UI Balears y la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona son los que muestran mayor actividad relativa en Oceanografía, siendo el primero de estos centros el que presenta un mayor impacto.

El predominio de investigación en Biología Marina se pone de nuevo de manifiesto cuando se evalúan los descriptores más frecuentes de los contenidos de los documentos (tabla 6.1.5.). De los 20 descriptores más frecuentes, 11 corresponden a organismos o procesos biológicos, frente a seis que se refieren a propiedades de sistemas marinos. El descriptor predominante es “Mediterráneo”, que indica que una parte importante de la investigación se centra en este mar.

Tabla 6.1.6. Revistas que recogen un mayor número de artículos de los investigadores españoles en ciencias marinas (1994-2004)

Revista	PN2004*	Total docs.	%	% Acumulado
Marine Ecology Progress Series	0,85	309	4,48	4,48
Aquaculture	0,88	259	3,75	8,23
Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom	0,36	143	2,07	10,31
Hydrobiologia	0,27	140	2,03	12,34
Marine Biology	0,79	137	1,99	14,32
Journal of Plankton Research	0,61	131	1,90	16,22
Journal of Fish Biology	0,73	110	1,59	17,82
Journal of Experimental Marine Biology and Ecology	0,72	104	1,51	19,32
Estuarine Coastal and Shelf Science	0,53	101	1,46	20,79
Diseases of Aquatic Organisms	0,83	98	1,42	22,21
Marine Pollution Bulletin	0,76	82	1,19	23,40
Marine Geology	0,80	77	1,12	24,51
Deep Sea Research Part II				
Topical Studies in Oceanography	0,66	72	1,04	25,56
Botanica Marina	0,50	64	0,93	26,49
Journal of Geophysical Research				
Oceans	0,95	64	0,93	27,41
Ices Journal of Marine Science	0,70	61	0,88	28,30

Revista	PN2004*	Total docs.	%	% Acumulado
Limnology and Oceanography	0,95	60	0,87	29,17
Aquatic Microbial Ecology	0,91	59	0,86	30,02
Analytica Chimica Acta	0,83	57	0,83	30,85
Applied and Environmental Microbiology	0,88	55	0,80	31,65
Fish Physiology and Biochemistry	0,10	55	0,80	32,44

*Nota: en el caso de revistas asignadas a más de una disciplina, se considera aquella en la que obtienen una mejor Posición Normalizada.

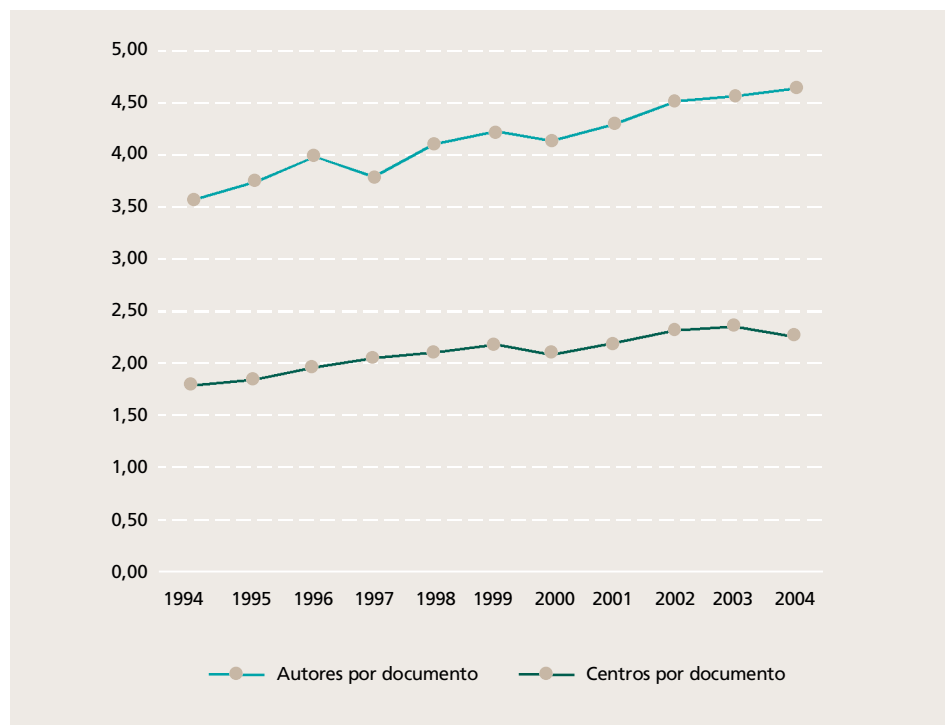
Los temas de trabajo condicionan las revistas científicas en las que se ubican las contribuciones de los investigadores españoles, de las que las 8 más importantes versan sobre estudios de Biología Marina (Ecología, Biología y Acuicultura) y 7 sobre el medio ambiente marino (tabla 6.1.6.). Las 21 revistas que se muestran en la tabla 6.1.6. concentran el 32% de las publicaciones de los investigadores españoles en el área, mientras que 51 revistas englobaban el 50% de la producción. La segunda columna de la tabla 6.6. muestra la Posición Normalizada de las revistas, calculado en función de la posición de las revistas en su disciplina atendiendo a su factor de impacto (ver metodología en el Anexo 6.1.1.). Se observa que la mayor parte de las 21 revistas más utilizadas muestran altos valores de Posición Normalizada (cercanos a 1), lo que indica que están bien situadas en la relación de revistas en orden descendente de factor de impacto.

6.1.4. Colaboración científica

En el periodo estudiado, el número de autores por documento fue de 4,2, observándose una tendencia ascendente desde 3,6 en 1994 hasta 4,6 en 2004, aumentando también el número medio de centros que colaboran en cada documento en estas publicaciones desde 1,8 a 2,3 (figura 6.1.5.). Estos resultados son acordes con los descritos para el total del área de Agricultura/Biología/Medio Ambiente en España (Gómez *et al.*, 2005b), y con las tendencias de la ciencia internacional, que muestran un aumento del tamaño de los equipos y una creciente cooperación entre centros.

A lo largo del periodo estudiado el porcentaje de documentos realizados en colaboración entre autores de distintos centros nacionales o extranjeros, apareciendo como coautores, ha aumentado notablemente (48% en 1994 *vs* 63% en 2004). El mayor incremento correspondió a la colaboración internacional (en el 27% de los documentos en 1994 *vs* 43% en 2004), cuya producción en números absolutos se ha multiplicado por 3 desde 1994 hasta 2004. El incremento de la colaboración nacional ha sido algo menor (en el 27% de los documentos en 1994 frente al 33% en 2004), habiéndose multiplicado por 2,4 (figura 6.1.6.).

Figura 6.1.5. Número medio de autores y centros de investigación participantes en los artículos científicos sobre ciencias marinas (1994-2004)



La mayor tasa de colaboración internacional se detecta en los años 1998 y 1999, observándose luego un descenso que puede relacionarse con la disminución de la participación de los investigadores españoles en el Programa Marco de la UE, que había generado hasta el año 2000 enormes oportunidades para colaborar internacionalmente. No obstante, en los últimos años parece que persiste una tendencia ascendente en este tipo de colaboración. El menor incremento en el porcentaje de documentos en colaboración nacional parece indicar la existencia de barreras a la colaboración entre investigadores de distintos centros españoles.

La colaboración internacional implicó a más de 70 países diferentes. Los investigadores españoles colaboran sobre todo con otros investigadores de la UE (66% de los documentos en colaboración internacional) y de América del Norte (24%) (figura 6.1.7.). A un mayor nivel de detalle, nuestros colaboradores prioritarios son los investigadores del Reino Unido y de los EE.UU. (tabla 6.1.7.). Limitando a aquellos países con quienes los investigadores españoles en ciencias y tecnologías marinas han colaborado en más de 3 de cada 100 artículos en colaboración internacional, se encuentran 10 países europeos, y tres americanos (México, Canadá y EE.UU.).

Figura 6.1.6. Evolución temporal del porcentaje de documentos en colaboración en ciencias del mar (1994-2004)

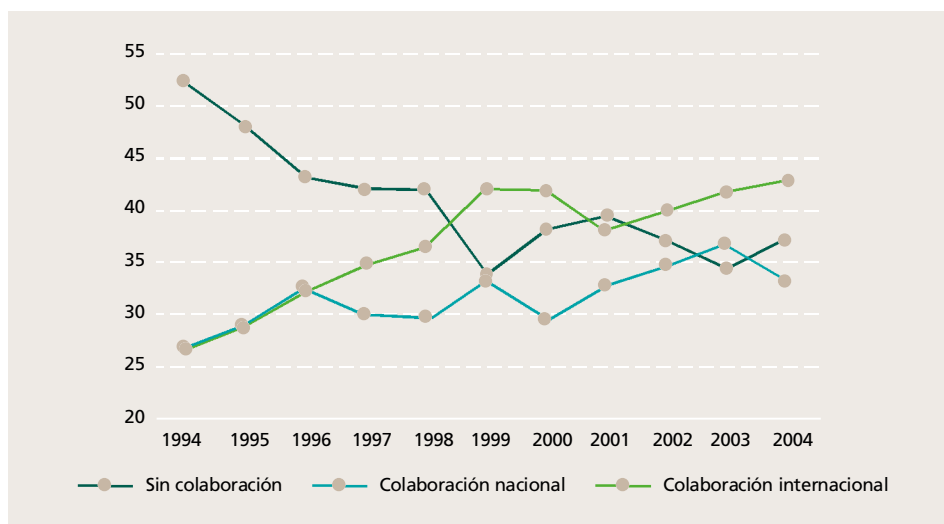


Figura 6.1.7. Distribución de la colaboración internacional por áreas geográficas

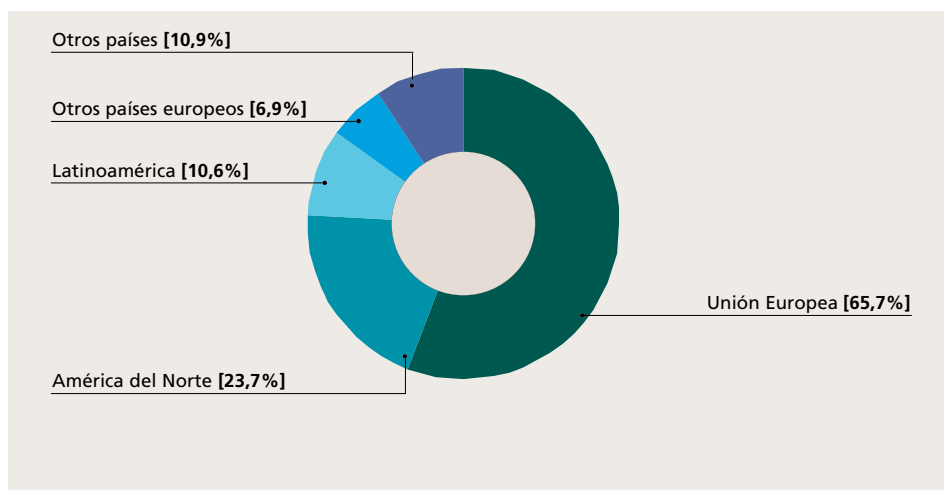


Tabla 6.1.7. Principales países colaboradores en ciencias del mar (1994-2004)

Países	N. Docs.	% Docs. en colab. Internac.
Reino Unido	559	21,37
Estados Unidos	527	20,15
Francia	464	17,74
Alemania	282	10,78
Italia	221	8,45
Holanda	192	7,34
Portugal	152	5,81
Dinamarca	120	4,59
Canadá	118	4,51
México	92	3,52
Suecia	82	3,13
Bélgica	76	2,91
Noruega	76	2,91

Nota: porcentajes sobre total de documentos en que participa algún centro extranjero.

6.1.5. Impacto de la investigación

El factor de impacto medio del área fue de 1,64, observándose a lo largo de los años una tendencia a publicar en revistas de mayor factor de impacto (el FI medio ascendió desde 1,381 en 1994 hasta 2,128 en 2004). Este crecimiento ha sido desigual en las distintas comunidades autónomas, detectándose el mayor incremento en las Islas Baleares y el País Vasco (figura 6.1.8.), y el menor en Madrid, que partía ya de una situación de valores de factor de impacto altos en 1994. La mayor progresión se constató en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-UIB) y en la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona que triplicaron el impacto medio de sus documentos.

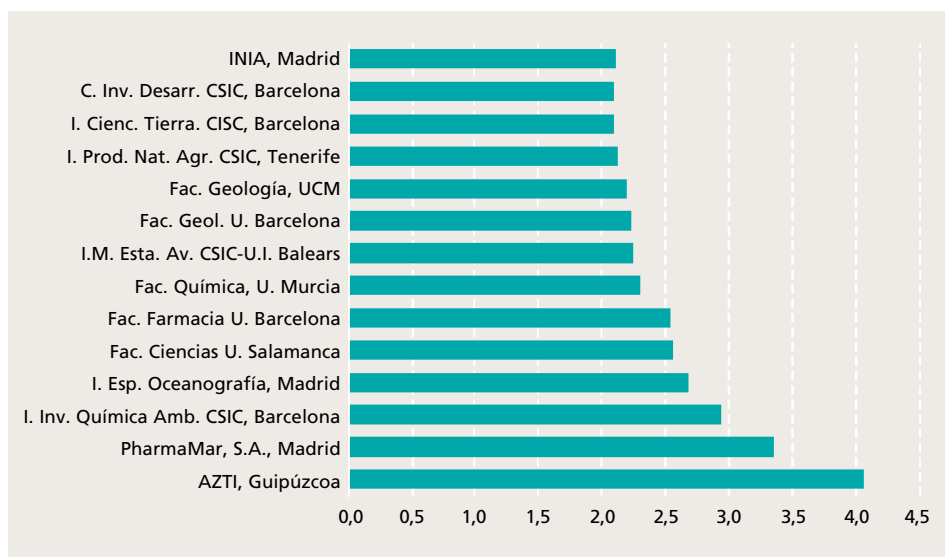
Catorce centros, entre aquellos que han contribuido con más de 20 publicaciones durante el periodo 1994-2004, cuentan con un factor de impacto promedio en sus publicaciones superior a dos, lo que indica que tienden a publicar en revistas de elevada calidad. Este elenco de instituciones con publicaciones en revistas de alta calidad incluye cinco facultades, dos de ellas en la Universidad de Barcelona, cinco centros del CSIC, uno del IEO, el INIA, una fundación privada y una empresa. El centro que publica en revistas con mayor impacto promedio es el centro AZTI (País Vasco), con un promedio superior a 4, seguido de una empresa privada, PharmaMar S.A. (figura 6.1.9.).

Figura 6.1.8. Progresión entre 1994 y 2004 del factor de impacto (FI) medio de las revistas de publicación de los documentos de los centros de investigación ubicados en las distintas comunidades autónomas



Nota: sólo comunidades autónomas con más de 200 documentos en el periodo.

Figura 6.1.9. Centros con mayor factor de impacto medio en su producción (1994-2004)



Nota: sólo centros con más de 20 documentos en el periodo.

Dado que existen diferencias en el factor de impacto de las revistas según las disciplinas, tendiendo a ser éste más elevado en las áreas más básicas de investigación, resulta conveniente utilizar el indicador Posición Normalizada media, que indica la posición media de las revistas de publicación en la clasificación de revistas en orden descendente de factor de impacto dentro de cada disciplina. La PN media fue para el conjunto de la producción científica española en ciencias y tecnologías marinas durante 1994-2004 de 0,68, lo que indica que, en promedio, la producción se sitúa en el tercio superior de las revistas de mayor impacto (i.e. $PN > 0.66$) en las disciplinas incluidas en ciencias y tecnologías marinas.

Además de los indicadores basados en el factor de impacto, que miden la calidad y el prestigio de las revistas de publicación, es interesante analizar el número de citas recibidas por las publicaciones, que es un indicador del “impacto real” producido por los documentos. En este sentido, la tabla 6.1.8. muestra para los centros con mayor producción, distintos indicadores de impacto, como son el número de citas y el número de citas por documento.

Tabla 6.1.8. Centros en orden descendente de número de citas por documento

Centros	N. Docs.	Total citas	Citas/Doc.
I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	202	3.056	15,12
C. Est. Avanz. Blanes CSIC, Girona	257	3.724	14,49
I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	545	6.615	12,14
I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	167	1.962	11,75
Fac. Biol. U Barcelona	399	4.492	11,26
I. Cienc. Tierra. CSIC, Barcelona	80	897	11,21
Fac. Farm. U. Barcelona	39	426	10,92
I. Esp. Oceanografía, S. C. Tenerife	41	408	9,95
Fac. Cienc. U. I. Balears	56	553	9,88
C. Cont. Calid. Mariño, Vilaxoan, Pontevedra	36	355	9,86
Fac. Veterinaria, UCM	55	531	9,65
Fac. Cienc. U. Salamanca	58	555	9,57
PharmaMar S. A., Madrid	57	522	9,16
Fac. Quím. U. Santiago	77	701	9,10
Fac. Cienc. UAB	101	915	9,06
Fac. Geol. U. Barcelona	115	1.015	8,83
I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	391	3.409	8,72
I. Cienc. Marinas CSIC, Cádiz	168	1.452	8,64
I. Esp. Oceanografía, Vigo	56	483	8,63

Nota: sólo centros con al menos 25 documentos en el periodo.

La relación de centros con más *Highly Cited Papers* (HCP) (documentos con 16 o más citas, ver metodología en el Anexo 6.1.1.) se muestra en la tabla 6.1.9. Los 20 centros con una mayor producción relativa de HCPs incluyen 11 facultades universitarias (tres de ellas de la Universidad de Barcelona), 7 institutos del CSIC, 1 centro del IEO y el Instituto Canario de Investigaciones Marinas. Hay que señalar que el porcentaje de HCP puede verse influido por la especialización temática de los centros, ya que existen variaciones en las tasas de citación según las disciplinas. Por otro lado, es interesante destacar que el mayor porcentaje de documentos HCP corresponde a las publicaciones del área multidisciplinar (37% de los documentos son HCP), donde se incluyen revistas de alto prestigio y difusión internacional, como son *Science* y *Nature*, lo que apunta a la importancia de abordar y difundir la investigación marina desde una óptica multidisciplinar.

Tabla 6.1.9. Centros en orden descendente de porcentaje de documentos muy citados (*Highly Cited Papers*)

Centros	N. Docs.	N. HCPs	% HCP
I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	202	81	40,01
Fac. Cienc. Univ. Cádiz	25	8	32,00
C. Est. Avanz. Blanes CSIC, Girona	257	80	31,13
I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	167	45	26,95
I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	545	139	25,50
Fac. Biol. Univ. Barcelona	399	99	24,81
Fac. Cienc. Univ. Zaragoza	29	7	24,14
I. Prod. Nat. Agrob. CSIC, Tenerife	25	6	24,00
Fac. Farm. Univ. Barcelona	39	9	23,08
Fac. Cienc. Univ. Córdoba	26	6	23,08
Fac. Quím. Univ. Murcia	26	6	23,08
I. Cienc. Tierra. CSIC, Barcelona	80	18	22,50
Fac. Cienc. Univ. I. Balears	56	12	21,43
Fac. Cienc. UAB	101	21	20,79
Fac. Cienc. Univ. Salamanca	58	12	20,69
Inst. Canario Ciencias Marinas	64	13	20,31
I. Esp. Oceanografía, S. C. Tenerife	41	8	19,51
Fac. Biol. Univ. Murcia	144	28	19,44
Fac. Geol. Univ. Barcelona	22	115	19,13

Nota: sólo centros con al menos 25 documentos en el periodo.

Algo más de la mitad de los centros presentados en la tabla 6.1.9., estaban también entre los centros con un mayor porcentaje de documentos muy citados en la tabla 6.1.8. En el Anexo 6.1.3. se detalla la actividad de los 20 centros con mayor producción. Resulta interesante

destacar que los documentos de estos centros reciben en promedio más citas que la media de su revista de publicación ($RCR > 1$).

Por otro lado, hay que señalar que cerca del 16% de los documentos producidos por investigadores españoles no llegan a ser citados, representando una investigación que puede quedar olvidada en las publicaciones científicas y no llegar a incorporarse al cuerpo de conocimiento consolidado en ciencias y tecnologías marinas. Entre las disciplinas con más de 20 documentos en el periodo estudiado, aquellas que contienen más artículos sin citar son los Estudios Ambientales (63%), Oncología (44%), Patología (33%), e Ingeniería Marina (25%). En el otro extremo se sitúan disciplinas como Ecología y Oceanografía, con bajos porcentajes de documentos sin citar.

Finalmente, este estudio pone de manifiesto algunos efectos beneficiosos derivados de la colaboración internacional, como es el mayor impacto esperado y observado que presentan las publicaciones realizadas con investigadores extranjeros. Dichos documentos no sólo tendieron a publicarse en revistas de más prestigio ($PN = 0,7$ vs. $0,6$), sino que también recibieron en promedio mayor número de citas que el resto de las publicaciones del área (9 citas/documento vs. 7 citas/documento). Este hecho se ha descrito también en otras áreas temáticas y para otros países (Glänzel, 2001), y apoya la conveniencia de fomentar la participación de nuestros investigadores en redes y proyectos internacionales. Resulta significativo que 10 de los 15 documentos más citados publicados por los investigadores españoles (Anexo 6.1.4.) hayan sido realizados en colaboración con investigadores extranjeros.

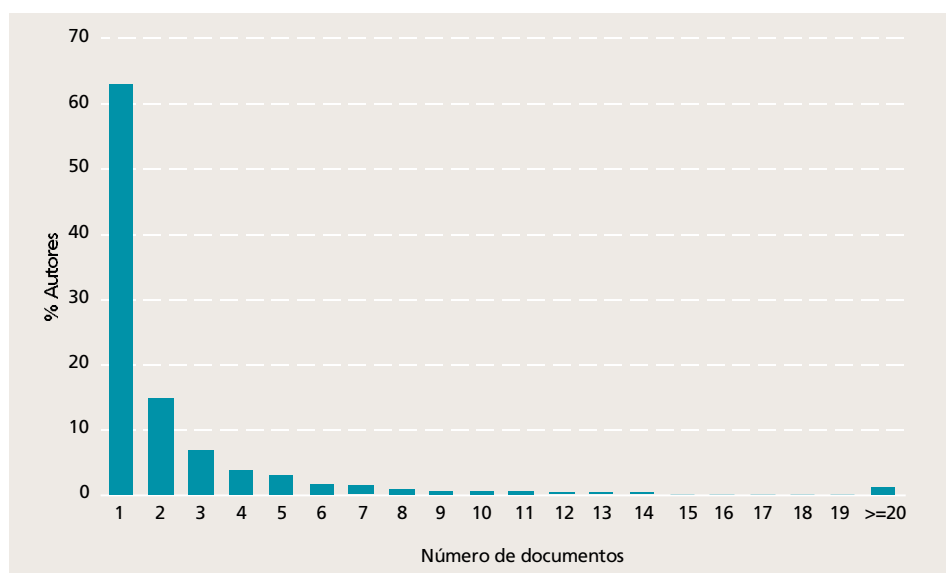
6.1.6. Investigadores en ciencias y tecnologías marinas

La distribución de los investigadores por niveles de productividad se muestra en la figura 6.1.10. Se observa que más del 60% de los investigadores son autores ocasionales en el área, en la que publican sólo un documento a lo largo del periodo. La existencia de esta población de autores ocasionales no es específica de ciencias y tecnologías marinas, sino que se detecta en todas las áreas (Lotka, 1926). En el otro extremo se distingue un pequeño porcentaje de autores altamente productivo (1,3%) (figura 6.1.10.).

Los 20 investigadores más prolíficos en ciencias y tecnologías marinas durante el periodo estudiado participan cada uno en más de 0,6% de la producción científica, alcanzando el 2,16% de contribución en el caso del investigador más prolífico (tabla 6.10.). Un 65% de estos 20 investigadores desarrollan su labor en el CSIC, y el 35% restante en la universidad, con un 30% de los investigadores ubicados en centros de investigación en Galicia, 25% en Andalucía, 20% en Cataluña, 10% en Baleares, 10% en la Comunidad Valenciana, y 1 investigador en la Comunidad de Murcia. Tan sólo 4 de estos 20 investigadores son mujeres (S. Zanuy, C. Sarasquete, A. E. Toranzo, y S. Agustí). Se ha de tener en cuenta al evaluar estos resultados que la estrategia de búsqueda se limita a las publicaciones en ciencias del mar en el periodo 1994-2004, por lo que no refleja la producción total de los

autores, y que mientras que la estrategia de búsqueda produjo una exhaustividad en torno al 88%, en algunos casos, como es el campo de la Geofísica, donde es difícil delimitar hasta qué punto la investigación contribuye a la comprensión del océano o se centra en la dinámica de la Tierra sólida, la exhaustividad puede ser sensiblemente inferior. En las relaciones de investigadores más prolíficos son todos los que están, que han acreditado niveles destacados de producción, pero no están todos los que son, pues puede haber investigadores con una elevada productividad para los que el nivel de exhaustividad del estudio sea sensiblemente menor al promedio del 88%.

Figura 6.1.10. Distribución de autores por productividad



Los investigadores más prolíficos no son necesariamente los que producen un mayor impacto, medido por el número de citas que sus publicaciones reciben. De hecho sólo 12 de los investigadores de la tabla 6.1.10. aparecen entre los más citados (tabla 6.1.11.). Los 20 investigadores más citados incluyen 4 mujeres, siendo una de ellas N. S. R. Agawin, investigadora contratada con el programa Juan de la Cierva, y se distribuyen un 80% en el CSIC, y un 20% en las universidades. En cuanto a comunidades autónomas, un 50% de los 20 investigadores más citados están vinculados a centros en Cataluña, un 20% en Baleares, un 15% en Galicia, un 10% en la Comunidad Valenciana y uno en Andalucía. Se observa que estos autores muestran altos valores medios de citas/documento (entre 11 y 21 citas/documento) y un alto porcentaje de documentos muy citados, HCP (entre el 22% y el 52% de sus documentos).

Tabla 6.1.10. Relación de los 20 investigadores más prolíficos en el ámbito de ciencias del mar (1994-2004), con indicación del número de documentos firmados y del porcentaje que éstos representan en el total de publicaciones españolas

Autor	Centro	N. Docs	% C.Mar
Duarte, C. M.	I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears*	149	2,16
Zanuy, S.	I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	69	1,00
Figueroa, F. L.	Fac. Cienc. Univ. Málaga	64	0,93
Niell, F. X.	Fac. Cienc. Univ. Málaga	62	0,90
Grimalt, J. O.	I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	58	0,84
Carrillo, M.	I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	58	0,84
Pérez, F. F.	I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	56	0,81
Figuera, A.	I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	55	0,80
Pedros-Alió, C.	I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	52	0,75
Fernández, E.	Fac. CC. Mar, Univ. Vigo	50	0,72
Sarasquete, C.	I. Cienc. Marinas CSIC, Cádiz	50	0,72
Toranzo, A.E.	Fac. Biol. Univ. Santiago	46	0,67
Agustí, S.	I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears*	45	0,65
Prego, R.	I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	45	0,65
Grima, E. M.	Fac. CC. Exp. Univ. Almería	44	0,64
Gómez-Parra, A.	C. And. Sup. Estud. Mar, Univ. Cádiz	44	0,64
Guerra, A.	I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	44	0,64
Albaigés, J.	I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	42	0,61
Meseguer, J.	Fac. Biol. Univ. Murcia	42	0,61
Gasol, J. M.	I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	41	0,59

Nota: la tabla muestra el lugar de trabajo más reciente identificado para cada investigador. *Estos investigadores pertenecieron al C. Estudios Avanzados de Blanes del CSIC (Girona) durante los primeros cinco años analizados.

Recientemente, se ha descrito el índice H (Hirsch, 2005), que es un sencillo indicador basado en el número de publicaciones y citas recibidas por los investigadores y que permite efectuar comparaciones entre investigadores de una misma disciplina. La tabla 6.1.12. incluye la relación de investigadores en ciencias y tecnologías marinas con un mayor índice H (15) en función de su actividad durante el periodo 1994-2004. El investigador más citado tiene un índice H de 28, es decir, que tiene 28 trabajos que han recibido al menos 28 citas. Es interesante señalar que la mitad de los 16 investigadores con un mayor índice H aparecían también entre los investigadores de mayor producción (tabla 6.1.10.) y entre los más citados (tabla 6.1.11.), y que otros 7 se encontraban sólo entre los más citados.

Tabla 6.1.11. Investigadores españoles en orden descendente de citas recibidas (1994-2004)

Autor	Centro	Citas	Cit/Doc.	HCP	% HCP
Duarte, C. M.	I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears	2.644	17,74	61	40,94
Pedrós-Alió, C.	I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	1.066	20,50	24	46,15
Grimalt, J. O.	I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	983	16,95	26	44,83
Zanuy, S.	I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	905	13,12	20	28,99
Gasol, J. M.	I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	868	21,17	17	41,46
Barceló, D.	I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	816	20,40	21	52,50
Carrillo, M.	I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	733	12,64	16	27,59
Albaigés, J.	I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	701	16,69	20	47,62
Figueroa, F. L.	Fac. Cienc. Univ. Málaga	692	10,81	14	21,88
Marbá, N.	I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears	665	19,56	17	50,00
Pérez, F. F.	I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	635	11,34	13	23,21
Porte, C.	I. Inv. Quím. Amb. CSIC, Barcelona	614	15,35	16	40,00
Álvarez-Salgado, X. A.	I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	579	15,24	16	42,11
Agustí, S.	I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears	574	12,76	14	31,11
Fernández, E.	Fac. CC. Mar, Univ. Vigo	573	11,46	14	28,00
Romero, J.	Fac. Biol. U Barcelona	525	14,58	14	38,89
Agawin, N. S. R.	I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears	524	20,96	12	48,00
Sáiz, E.	I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	513	19,73	13	50,00
Canals, M.	Fac. Geol. Univ. Barcelona	509	12,41	9	21,95
Izquierdo, M. S.	Grupo de Inv. en Acuicultura (ICCM-ULPGC)	504	12,29	13	31,71
Massana, R.	I. Cienc. del Mar CSIC, Barcelona	501	22,77	11	50,00

Tabla 6.1.12. Relación de investigadores españoles con un mayor Índice H (1994-2004)

Investigadores	Índice H	Investigadores	Índice H
Duarte, C. M.	28	Marbá, N.	16
Grimalt, J. O.	21	Álvarez-Salgado, X. A.	16
Pedrós-Alió, C.	20	Porte, C.	16
Albaigés, J.	18	Romero, J.	15
Zanuy, S.	18	Pérez-Sánchez, J.	15
Barceló, D.	17	Fernández, E.	15
Gasol, J. M.	17	Figueroa, F. L.	15
Carrillo, M.	16	Izquierdo, M. S.	15

6.1.7. Conclusiones

Este estudio analiza la actividad científica de los investigadores españoles a través de las bases de datos de Thomson-ISI, lo que implica que se estudia la investigación en su vertiente más internacional, que es la mejor cubierta por estas bases de datos. En la interpretación de los resultados es importante tener en cuenta que no se analizan “todas” las publicaciones de los investigadores, sino sólo artículos en una selección de revistas científicas de alta calidad y prestigio, excluyendo revistas locales y otros tipos de documentos como libros, capítulos de libro o informes. Otros factores a considerar son que probablemente está mejor cubierta la investigación básica que la aplicada; y que no se recoge ninguna revista española (*Scientia Marina* está incluida en el *Web of Science* pero no en el SCI restringido que recoge el CD-ROM). La omisión de las publicaciones en *Scientia Marina* no introduce mucho error, ya que esta revista recogió tan sólo un 2% de las publicaciones generadas en el periodo 1994-2004. Aun así, la producción científica española en ciencias y tecnologías marinas es, pues, superior a la aquí analizada, pero creemos que este estudio proporciona una interesante visión de la investigación de más calidad desarrollada en nuestro país y que alcanza mayor difusión internacional.

Destacan como principales actores en la producción científica en ciencias marinas la Universidad (2 de cada 3 trabajos) y el CSIC (1 de cada 3), si bien esta última institución es la que alberga a los investigadores más prolíficos y de mayor impacto. Se aprecia un predominio de investigación en Biología Marina, si bien existe una disminución de este predominio a lo largo del periodo de estudio, por lo que se tiende a un mayor equilibrio entre disciplinas. Barcelona, Vigo y Cádiz aparecen como tres áreas geográficas en las que existen varias instituciones de investigación marina productivas. Una mayor sinergia y colaboración entre estas instituciones redundaría en mayores retornos para cada una de estas zonas.

Los datos aquí presentados muestran una evolución ascendente de la producción científica española en ciencias y tecnologías marinas, con un ritmo de crecimiento superior al experimentado por el total de la producción científica del país en todas las áreas, indicando que la investigación marina española ha experimentado un gran desarrollo durante el periodo. Este incremento en el número de publicaciones se ve acompañado de una tendencia a publicar en revistas de mayor prestigio internacional, medido éste a través de su factor de impacto y de la PN de las revistas. Es decir, que no sólo aumenta a lo largo de los años la presencia de los investigadores españoles en las revistas internacionales, sino que además se realiza una investigación de mayor calidad, que tiende a publicarse cada vez en revistas de más prestigio. Esto es consistente con la tradicional buena participación de investigadores españoles en temáticas de ámbito marino del VI Programa Marco de la UE, en las que la participación española resulta superior a la observada en otros temas.

A esta tendencia ascendente de la producción y la calidad científica puede haber contribuido la creciente colaboración detectada en este estudio, y muy particularmente la colaboración internacional. Se observa que la colaboración de los investigadores españoles con investigadores extranjeros, facilitada a través de las distintas actividades desarrolladas dentro

de los Programas Marco de la UE (proyectos, redes, etc.), se asocia a una investigación de mayor impacto, medido éste a través de citas y de factor de impacto de las revistas de publicación, lo que indica el interés de fomentar este tipo de colaboraciones.

A pesar de estas tendencias positivas, el análisis parece apuntar a un estancamiento de la producción científica en los últimos dos años que se debe contrarrestar con iniciativas orientadas a revitalizar esta importante área de nuestro sistema de I+D, que este estudio identifica como altamente productiva y de gran calidad.

Referencias

- Bordons, M.; Barrigón, S. (1992). "Bibliometric analysis of publications of Spanish pharmacologists in the SCI (1984-89)". Part II. *Scientometrics* 25, 3: 425-446.
- Costas, Rodrigo (2003). Desarrollo metodológico para la realización de estudios bibliométricos en el nivel micro: estudio de caso del Área de Recursos Naturales del CSIC. Tesina de Doctorado. Getafe: Universidad Carlos III de Madrid.
- Glänzel, W. (2001). "National characteristics in internacional scientific co-authorship relations". *Scientometrics* 51(1): 69-115.
- Gómez, I., Fernández, M.T.; Bordons, M.; Morillo, F.; De Filippo, D.; Martín Muñoz, L. (2005a). La actividad científica del CSIC a través del Sciences Citation Index, Social Sciences Citation Index y Arts and Humanities Citation Index. Estudio bibliométrico del periodo 2001-2004. Madrid: CIN-DOC, 2005.
- Gómez, I.; Sancho, R.; Bordons, M.; Fernández, M. T. (2005b). "La I+D en España a través de publicaciones y patentes". En: Sebastián, J. y Muñoz, E. (eds.) *Radiografía de la investigación pública en España*. Biblioteca Nueva., pp. 275-302.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 16569-16572.
- Insua, A. y Tortosa, E. Análisis bibliométrico de la producción científica española en ciencias marinas. Informe de la Acción Especial "Contribución del buque oceanográfico *Hespérides* a la producción científica española" financiada por el Plan Nacional de I+D. CICYT. Programa Nacional CYTMAR. Ref.: MAR96-1653. 1996-1997.
- ISI (1994). The ISI impact factor. Current Contents print editions June 20. Disponible en: <http://scientific.thomson.com/free/essays/journalcitationreports/impactfactor/>
- Lotka, A. J. (1926). "The frequency Distribution of Scientific Productivity". *Journal of the Washington Academy of Sciences* 26, 317.
- Schubert, A.; Glänzel, W.; Braun, T. (1989). "Scientometric datafiles. A comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and subfields 1981-1985". *Scientometrics* 16: 1-6, 3-478.
- Third European Report on Science & Technology Indicators 2003. Directorate-General for Research. EUR 20025 EN. European Commission, 2003.
- Van Leeuwen, Th. N., M. S. Visser, H. F. Moed, A. J. Nederhof, and A.F.J. van Raan (2003). "The Holy Grail of science policy: exploring and combining bibliometric tools in search of scientific excellence". *Scientometrics* 57(2), 257-280.

Anexo 6.1.1. Metodología

Fuente de datos. Se utiliza la versión en CD-ROM de las bases de datos *Science Citation Index* (SCI), *Social Sciences Citation Index* (SSCI) y *Arts & Humanities Citation Index*, elaboradas por Thomson-ISI, para la obtención de las publicaciones. Las citas proceden del *Web of Science*, versión accesible vía web de estas bases de datos.

Delimitación del área

La estrategia de búsqueda utilizada para la delimitación del área comprende los siguientes pasos:

1. Selección de documentos por revistas de publicación: a) Documentos publicados en las revistas incluidas por la base de datos en las disciplinas de “Oceanography”, “Engineering, Ocean”, “Engineering, Marine” y “Fisheries”, consideradas de alta relevancia para el estudio. b) Documentos publicados en una selección de revistas científicas de alto interés para el área, propuestas por investigadores españoles en ciencias y tecnologías marinas¹.
2. Selección de documentos por descriptores temáticos. Diseño de una estrategia de búsqueda por descriptores de autor (asignados por los autores de los documentos), descriptores de la base de datos (asignados por la base de datos) y palabras en el título de los documentos. Los descriptores finalmente utilizados han sido propuestos y revisados por investigadores marinos españoles.
Búsqueda en los campos descriptores de autor, descriptores de la base de datos y título: marine* or *ocean* or *estuar* or *beach* or *crustacean* or *teleost* or *mangrove* or *salt*marsh* or *cont* margin* or *cont*-margin* or (*coast* and not *pancoast*) or ((alga* or *alga* or *-alga*) and not *algaas* and not *algan* and not *algaSB*) or *microalga* or *macroalga* or (*fish* and not *fisher,*”) or *kingfish* or *shellfish* or (“sea*” or “* sea*” or “*-sea*”) and not *search* and not *season*) or “*plankton*” or “*mangrove*”
3. Se eliminaron aquellas publicaciones que incluyeran determinados términos en el título, que se asocian a investigación en temas de agua dulce y no de agua salada, como *lake*, *tinca* y *trout*.

1. *Journal of Geophysical Research Oceans; Estuaries; Botanica Marina; Marine Pollution Bulletin; Advances in Marine Biology; Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems; Ciencias Marinas; Coral Reefs; Sarsia; Ophelia; Journal of Coastal Research; Journal of Experimental Marine Biology and Ecology; Journal of The Marine Biological Association of The United Kingdom; Marine and Freshwater Behaviour and Physiology; Marine Biotechnology; Marine Ecology-Progress Series; Marine Ecology-Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli I; Marine Mammal Science; Marine Micropaleontology; Marine Policy; Marine Pollution Bulletin.*

Indicadores bibliométricos

Los indicadores utilizados para cuantificar la actividad científica, analizar su impacto y estudiar la colaboración se describen a continuación.

- a) Indicadores de actividad. Basados en el número de documentos publicados por los investigadores.
- b) Indicadores de impacto:
 1. Número total de citas recibidas por los documentos durante el periodo en estudio. Todos los datos de citas manejados en este trabajo se refieren a las citas recibidas por los documentos desde su año de publicación hasta julio 2005 (fecha de realización de la descarga de citas).
 2. Ratio de citas por documento o número medio de citas por documento, calculado para disciplinas, centros, e investigadores.
 3. Porcentaje de documentos no citados.
 4. Factor de impacto medio. Consiste en el factor de impacto medio de las revistas de publicación de los documentos, ponderado en función del número de documentos publicado en cada revista. El factor de impacto (FI) es un indicador del prestigio de las revistas científicas. El FI de una revista en 2004 es el cociente entre el número de citas recibidas en 2004 por los documentos publicados en 2002-2003, dividido entre el número de documentos publicados en esos dos años (ISI, 1994). El FI de las revistas se publica anualmente en el Journal Citation Reports, elaborado por Thomson-ISI. En este estudio se han utilizado los FI anuales para el periodo 1997-2004. Para años anteriores no se disponía de la información anual y se ha utilizado como aproximación el FI del año 1997.
 5. Posición Normalizada media (PN) (Bordons y Barrigón, 1992). La PN se calcula sobre la posición real que cada revista ocupa en la clasificación de revistas en orden descendente de FI en su disciplina científica y en función del número total de revistas que tiene la disciplina. El indicador oscila entre 0 y 1, correspondiendo los mayores valores a las mejores posiciones.
$$PN = 1 - (\text{posición revista en una disciplina} / \text{total revistas en esa disciplina})$$

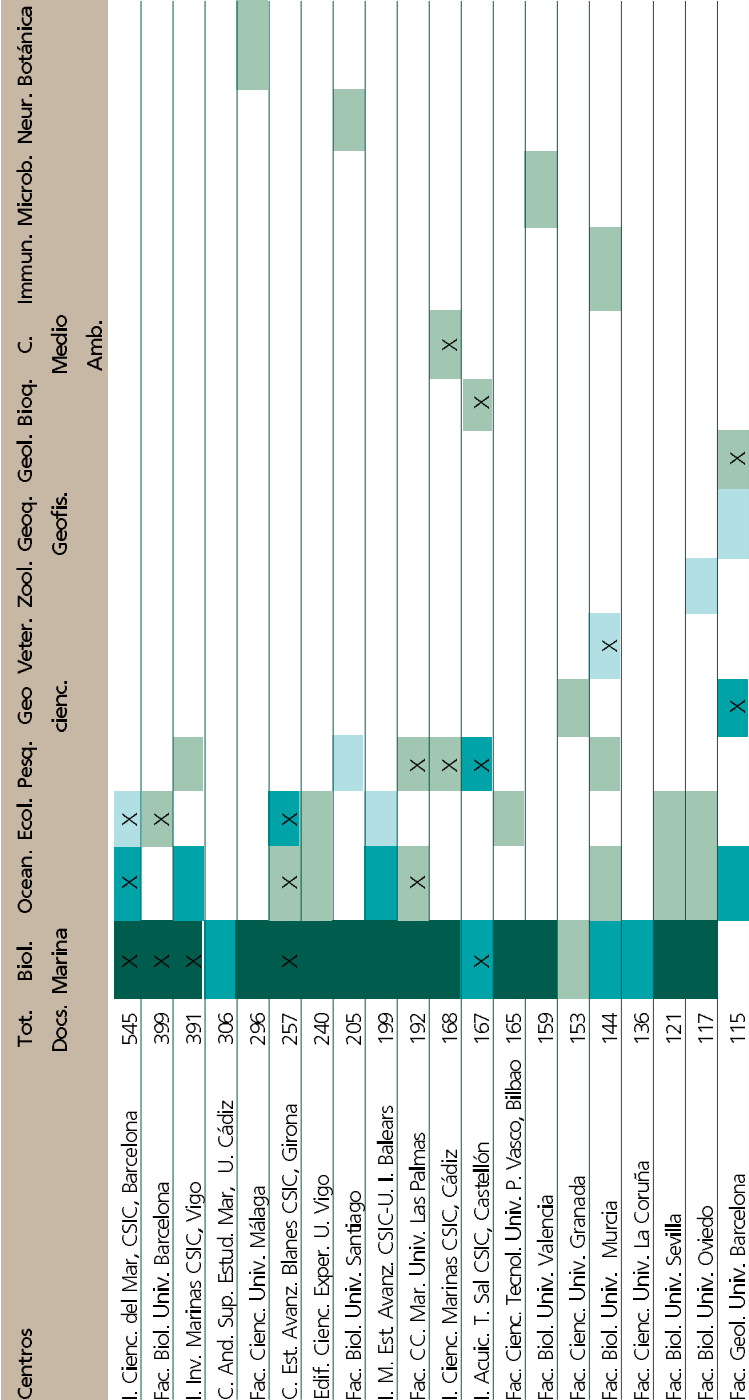
La PN media de un centro o disciplina es el valor medio de la PN de todos los documentos del centro o de la disciplina.
 6. Ratio de documentos muy citados ("highly cited papers" o HCP), se refiere en este documento al porcentaje de documentos que han recibido 16 o más citas, lo que corresponde al 15% de documentos más citados.
 7. Indicadores "Relative Citation Rate" (RCR) (Schubert *et al*, 1989). Los indicadores RCR comparan la repercusión de los documentos (citas recibidas por un documento) con la correspondiente a su revista de publicación (promedio de citas recibidas por la revista). Un RCR=1 indica que los artículos reciben tantas citas

como su revista de publicación, si $RCR > 1$ indica que los artículos están siendo citados por encima del promedio de sus revistas, y si $RCR < 1$ indica que los artículos son, en promedio, menos citados de lo esperado. La principal ventaja de este indicador es que permite comparar la actividad de los investigadores independientemente de su especialización temática.

8. Índice H (Hirsch, 2005). Un autor tiene un índice H de 20 (por ejemplo) cuando 20 de sus artículos tienen al menos 20 citas. De esta forma, se combina en un solo indicador información sobre la productividad y el impacto de la producción de los investigadores. Permite comparar investigadores de una misma disciplina, habiéndose calculado inicialmente para una población del área de Física.
- c) Indicadores de colaboración. El estudio de la colaboración científica se ha abordado a través de distintos indicadores:
 - Número medio de autores por documento.
 - Número medio de centros por documento.
 - Porcentaje de documentos en colaboración, entendido como el porcentaje de documentos con más de un centro.
 - Porcentaje de documentos en colaboración nacional: porcentaje de documentos con más de un centro ubicado en España.
 - Porcentaje de documentos en colaboración internacional: porcentaje de documentos en los que participa al menos un centro extranjero.

Aquellos documentos que presentan colaboración nacional e internacional al mismo tiempo se han contabilizado bajo ambas categorías.

Anexo 6.1.2. Especialización temática de los centros con mayor producción en ciencias del mar (1994-2004)



Nota: sólo disciplinas que contribuyen al menos al 15% de la producción de cada centro. La cruz marca los casos en los que el centro muestra mayor impacto que el promedio de la disciplina en ciencias y tecnologías marinas (medido a través del número de citas recibidas). Los colores indican la distribución porcentual de las publicaciones de cada centro por disciplinas.



Anexo 6.1.3. Actividad de los centros con mayor producción en ciencias del mar (1994-2004)

Centro	N.	Total	Cit./	PN	RCR	FI	FI	FI	FI	%	%	%	%	%	%	%	%
	Docs.	citas	Doc.			medio	min.	max.		ciados	sin	colab.	col.	colab.	intern	HQP	
I. Cienc. del Mar, CSIC, Barcelona	545	6.615	12,14	0,73	1,69	1,817	0,185	29,491	9,72	31,01	39,08	44,40	25,50				
Fac. Biol. Univ. Barcelona	399	4.492	11,26	0,70	1,44	1,708	0,238	28,833	10,53	26,07	46,87	37,84	24,81				
I. Inv. Marinas CSIC, Vigo	391	3.409	8,72	0,71	1,35	1,647	0,179	31,853	13,04	37,08	38,11	37,60	17,65				
C. And. Sup. Estud. Mar, Univ. Cádiz	306	2.129	6,96	0,59	1,48	1,433	0,179	27,955	16,34	30,39	55,56	29,74	11,76				
Fac. Cienc. Univ. Málaga	296	2.158	7,29	0,65	1,33	1,576	0,034	27,955	11,15	32,43	44,93	32,09	11,49				
C. Est. Avanz. Blanes CSIC, Girona	257	3.724	14,49	0,72	1,64	1,765	0,238	29,491	6,61	25,29	42,02	46,69	31,13				
Edif. Cienc. Exper. Univ. Vigo	240	1.722	7,18	0,70	1,22	1,708	0,179	5,650	17,50	27,50	49,17	36,25	12,50				
Fac. Biol. Univ. Santiago	205	1.382	6,74	0,71	1,19	1,632	0,179	4,375	11,71	35,12	50,24	23,90	11,22				
I. M. Est. Avanz. CSIC-Univ. I. Balears	199	1.469	7,38	0,73	1,35	2,241	0,297	32,182	17,59	17,59	51,26	51,26	17,59				
Fac. CC. Mar. Univ. Las Palmas	192	1.612	8,31	0,66	1,15	1,662	0,327	28,956	12,50	39,58	40,63	35,94	16,15				
I. Cienc. Marinas CSIC, Cádiz	168	1.452	8,64	0,57	1,20	1,235	0,179	3,623	16,67	27,98	53,57	28,57	15,48				
I. Acuic. T. Sal CSIC, Castellón	167	1.962	11,75	0,69	2,11	1,467	0,403	5,533	7,19	33,53	35,33	41,32	26,95				
Fac. Cienc. Tecnol. Univ. P. Vasco, Bilbao	165	1.253	7,59	0,65	1,14	1,434	0,273	7,637	10,30	51,52	23,64	30,30	12,73				
Fac. Biol. Univ. Valencia	159	947	5,96	0,61	1,36	1,219	0,231	3,724	11,32	32,70	47,80	31,45	6,92				
Fac. Cienc. Univ. Granada	153	1.263	8,25	0,69	1,15	1,516	0,325	5,701	11,11	17,65	60,78	39,87	16,99				
Fac. Biol. , Univ. Murcia	144	1.158	8,04	0,68	1,67	1,606	0,324	4,812	9,03	56,94	29,86	19,44	19,44				
Fac. Cienc. Univ. La Coruña	136	880	6,47	0,65	0,96	1,485	0,221	4,250	11,03	50,00	44,85	17,65	5,88				
Fac. Biol. Univ. Sevilla	121	500	4,13	0,47	1,14	1,020	0,238	7,907	24,79	39,67	44,63	28,10	5,79				
Fac. Biol. Univ. Oviedo	117	702	6,00	0,64	1,36	1,351	0,034	4,317	12,82	42,74	35,04	31,62	9,40				
Fac. Geol. Univ. Barcelona	115	1.015	8,83	0,71	1,20	2,230	0,182	31,853	18,26	7,83	65,22	67,83	19,13				

Anexo 6.1.4. Publicaciones con más citas de los investigadores españoles (1994-2004)

Citas	Autores	Título documento	Revistas	Año	Volumen	Pp.	C. int.
199	Duarte, C.M.	Submerged Aquatic Vegetation in Relation to Different Nutrient Regimes	Ophelia	1995	41(MAR)	87-112	
133	Moreira, D., Leguyader, H., Philippe, H.	The Origin of Red Algae and the Evolution of Chloroplasts	Nature	2000	405(6782)	69-72	X
129	Kettle, A.J., Andreae, M.O., Amouroux, D., Andreae, T.W., Bates, T.S., Barresheim, H., Bingemer, H., Boniforti, R., Curran, M.A.J., Dittulio, G.R., Helas G., Jones, G.B., Keller M.D., Kiene, R.P., Lek, C., Levasseur, M., Malin, G., Maspero, M., Mattrai, P., Mctaggart, A.R., Mihalopoulos, N., Nguyen, B.C., Novo, A., Putaud, J.P., Rapsomanikis, S, Roberts, G., Schebeske, G., Sharma, S., Sino, R., Staubes, R., Turner, S., Uher, G.	A Global Database of Sea-Surface Dimethylsulfide (Dms) Measurements and a Procedure to Predict Sea-Surface Dms as a Function of Latitude, Longitude, and Month	Global Biogeochemical Cycles	1999	13(2)	399-444	X
124	Wang, L., Saranthein, M., Erlenkeuser, H., Grimalt, J., Grootes, P., Hellig, S., Ivanova, E., Kienast, M., Pelejero, C., Pflaumann, U.	East-Asian Monsoon Climate During the Late Pleistocene - High- Resolution Sediment Records from the South China Sea	Marine Geology	1999	156(1-4)	245-284	X
117	Cariacado, J.C.	The Canary-Islands - An Example of Structural Control on the Growth of Large Oceanic-Island Volcanos	Journal of Volcanology and Geothermal Research	1994	60(3-4)	225-241	

Citas	Autores	Título documento	Revistas	Año	Volumen	Pp.	C. int.
106	Vos, J.G., Dybing, E., Greim, H.A., Ladefoged, O., Lambre, C., Tarazona, J.V., Brandt, I., Vethaak, A.D.	Health-Effects of Endocrine-Disrupting Chemicals on Wildlife, with Special Reference to the European Situation	Critical Reviews in Toxicology	2000	30(1)	71-133	X
104	Ban, S.H., Burns, C., Castel, J., Chaudron, Y., Christou, E., Escribano, R., Umani, S.F., Gasparini, S., Ruiz, F.G., Hoffmeyer, M., Ianora, A., Kang, H.K., Laabir, M., Lacoste, A., Miralto, A., Ning, X.R., Poulet, S., Rodríguez, V., Runge, J., Shi, J.X., Starr, M., Uye, S., Wang, Y.J., Aguilar, A., Borrell, A.	The Paradox of Diatom-Copepod Interactions	Marine Ecology Progress Series	1997	157	287-293	X
100		Abnormally High Polychlorinated Biphenyl Levels in Striped Dolphins (Stenella-Coeruleoalba) Affected by the 1990-1992 Mediterranean Epizootic	Science of the Total Environment	1994	154(2-3)	237-247	
95	Delgiorgio, P.A., Gasol, J.M., Vaque, D., Mura, P., Agusti, S., Duarte, C.M.	Bacterioplankton Community Structure - Protists Control Net Production and the Proportion of Active Bacteria in a Coastal Marine Community	Limnology and Oceanography	1996	41(6)	1169-1179	X
93	Kiorboe, T., Saiz, E.	Planktivorous Feeding in Calm and Turbulent Environments, with Emphasis on Copepods	Marine Ecology Progress Series	1995	122(1-3)	135-145	X

Citas	Autores	Título documento	Revistas	Año	Volumen	Pp.	C. int.
90	Acinas, S.G., Anton, J., Rodríguez Valera, F.	Diversity of Free-Living and Attached Bacteria in Offshore Western Mediterranean Waters as Depicted by Analysis of Genes Encoding 16S Ribosomal-RNA	Applied and Environmental Microbiology	1999	65(2)	514-522	
89	Duarte, C.M., Marba, N., Agawin, N., Cebrián, J., Enríquez, S., Fortes, M.D., Gallegos, M.E., Merino, M., Olesen, B., Sandjensen, K., Uri, J., Vermaat, J.	Reconstruction of Seagrass Dynamics - Age-Determinations and Associated Tools for the Seagrass Ecologist	Marine Ecology Progress Series	1994	107(1-2)	195-209	X
88	López García, P., Rodríguez Valera, F., Pedrosalio, C., Moreira, D.	Unexpected Diversity of Small Eukaryotes in Deep-Sea Antarctic Plankton	Nature	2001	409(6820)	603-607	
87	Martínez, J., Smith, D.C., Steward, G.F., Azam, F.	Variability in Ectohydrolytic Enzyme-Activities of Pelagic Marine- Bacteria and Its Significance for Substrate Processing in the Sea	Aquatic Microbial Ecology	1996	10(3)	223-230	X
87	Rodo, X., Baert, E., Comin, F.A.	Variations in Seasonal Rainfall in Southern Europe During the Present Century - Relationships with the North-Atlantic Oscillation and the El-Niño Southern Oscillation	Climate Dynamics	1997	13(4)	275-284	X

Notas: C. Int.= Colaboración internacional.

6.2. Empresas de ámbito marino con sectores I+D

La posición de España en empresas del sector marino aunque es amplia, está centrada básicamente en el sector de construcción naval, e industrias subsidiarias y transformadoras, con una baja implantación de I+D. En los últimos años, destaca el esfuerzo del sector farmacéutico en la investigación aplicada.

La mayor parte de iniciativas en el I+D en el ámbito marino proviene del sector público. Así, la administración del Estado está implantando mecanismos para reactivar industrias navales, con iniciativas que ayuden a potenciar todo el ámbito marino español con significativas componentes en I+D. Para ello, se ha organizado una Fundación Pública, INNOVAMAR, que promueve y gestiona gran parte de los proyectos innovadores en este sector. En el aspecto de energías es el organismo público de investigación CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, quien marca la pauta.

A continuación se presentan los resultados de una pequeña prospección empresarial por sectores marinos a fin de analizar de manera cualitativa la situación del mismo.

6.2.1. Sector naval

Se puede decir que es el sector con mayor implantación en todo el país y aglutina a importantes medios de producción:

- Astilleros
- Maquinaria naval
- Electrónica naval
- Ingeniería naval

El ámbito de astilleros ha estado tradicionalmente bajo la tutela del Estado mediante empresas públicas, englobadas en una gran empresa de construcción naval, IZAR (antes BAZAN). La crisis mundial del sector de construcciones navales ha afectado fuertemente a este sector nacional (figura 6.2.1., inferior), aunque consiguió una cierta recuperación a

fi nales de la década de 1990 (figura 6.2.1., superior). Esto, entre otros efectos, produjo que la empresa IZAR se haya disgregado en una empresa, NAVANTIA, que atiende preferentemente a la construcción naval militar, y el resto de los astilleros de titularidad IZAR fueron, o bien reconvertidos, o bien vendidos a otros astilleros privados. Los astilleros privados pequeños están asociados en torno a PYMAR (Pequeños y Medianos Astilleros en Reconversión), que es un órgano de gestión del subsector de pequeños y medianos astilleros (23 astilleros), y que entre sus objetivos está la participación en planes de investigación y desarrollo destinados a la mejora y desarrollo de proyectos de tecnología avanzada.

Figura 6.2.1. En la parte superior se muestra la contratación mundial naval entre 1970-2004 (fuente Fearnleys), en la parte inferior se muestra la contratación de buques mercantes en astilleros españoles (gerencia del sector naval)

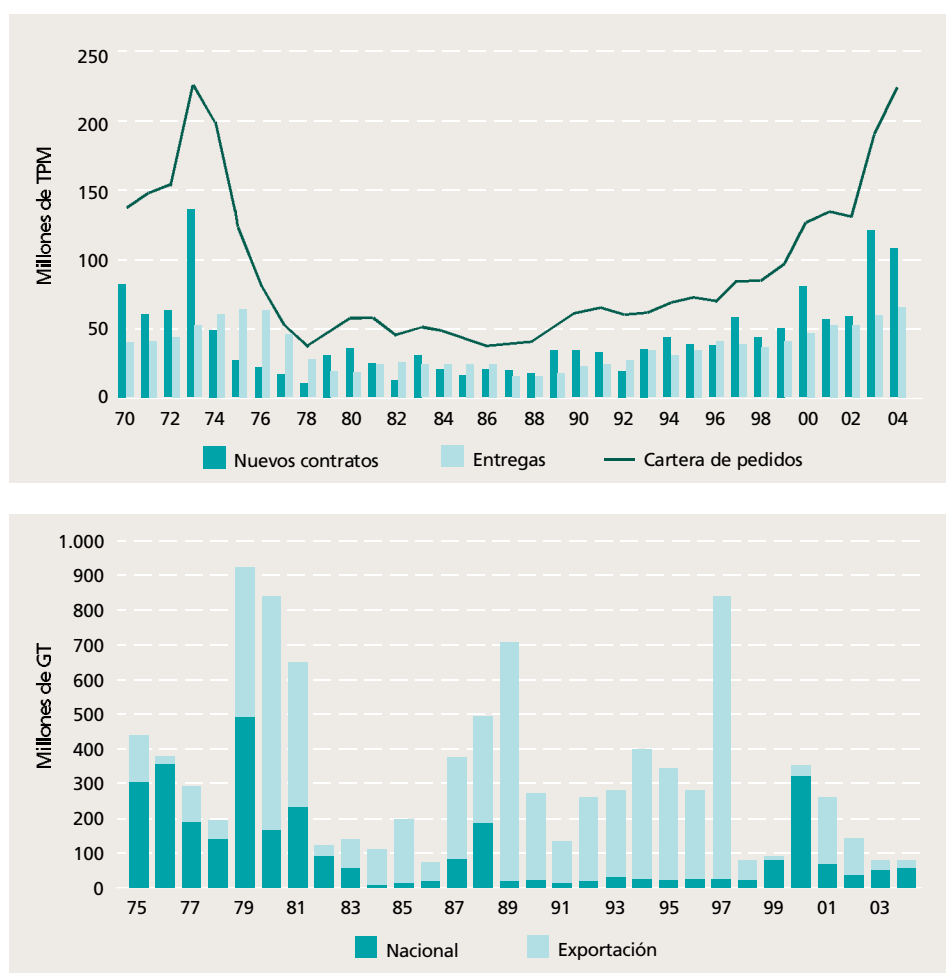
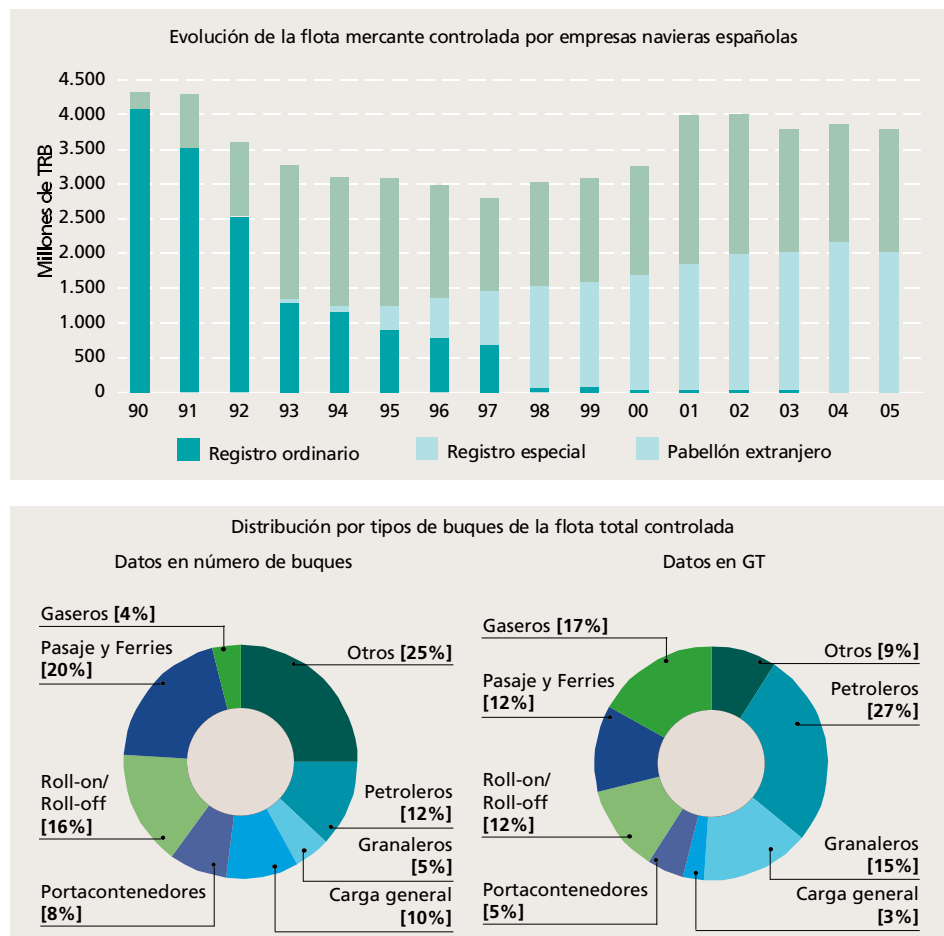


Figura 6.2.2. Evolución de la flota mercante controlada por empresas navieras españolas (gráfico superior), y distribución por tipos de buques de la flota (gráfico inferior)

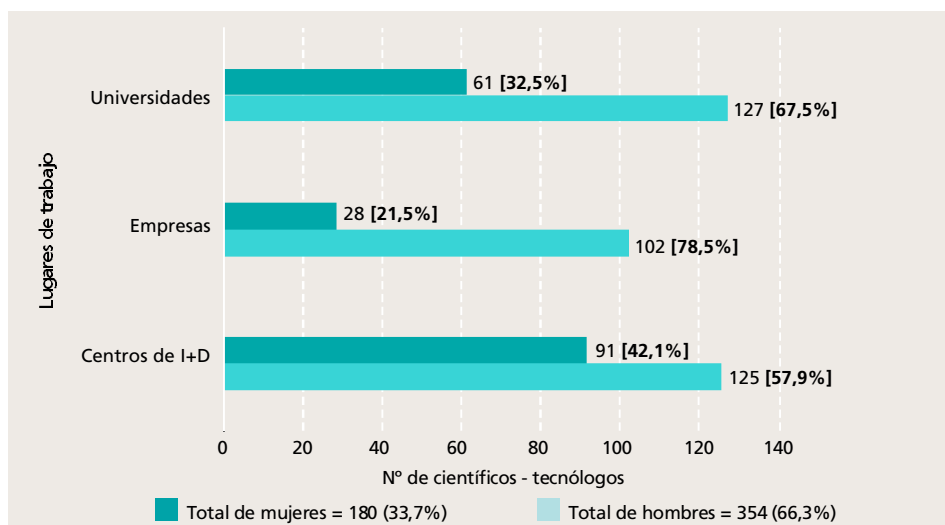


Fuente: ANAVE.

6.2.2. Sector acuicultura

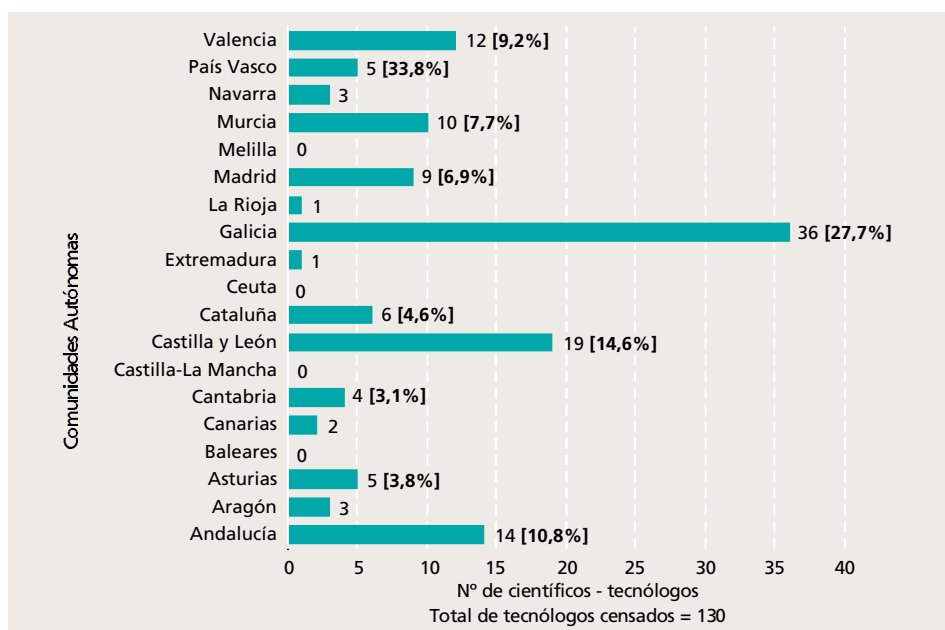
Este sector empresarial moviliza más de un centenar de científicos y tecnólogos (según datos del Observatorio Español de Acuicultura, OESA, figura 6.2.3.) dedicados a las tareas de I+D en distintas empresas de sector localizadas en la mayoría de las comunidades autónomas, con una mayor implantación en Galicia (36%, fig. 6.2.4.). Ello supone, según datos de OESA del año 2003, un 25% de total de investigadores y tecnólogos dedicados a I+D en acuicultura en España

Figura 6.2.3. Distribución de científicos y tecnólogos en el sector acuicultura



Fuente: Datos registrados en el OESA a 31 de diciembre de 2003.

Figura 6.2.4. Distribución de tecnólogos en empresas de acuicultura según comunidades autónomas



Fuente: Datos registrados en el OESA a 31 de diciembre de 2003.

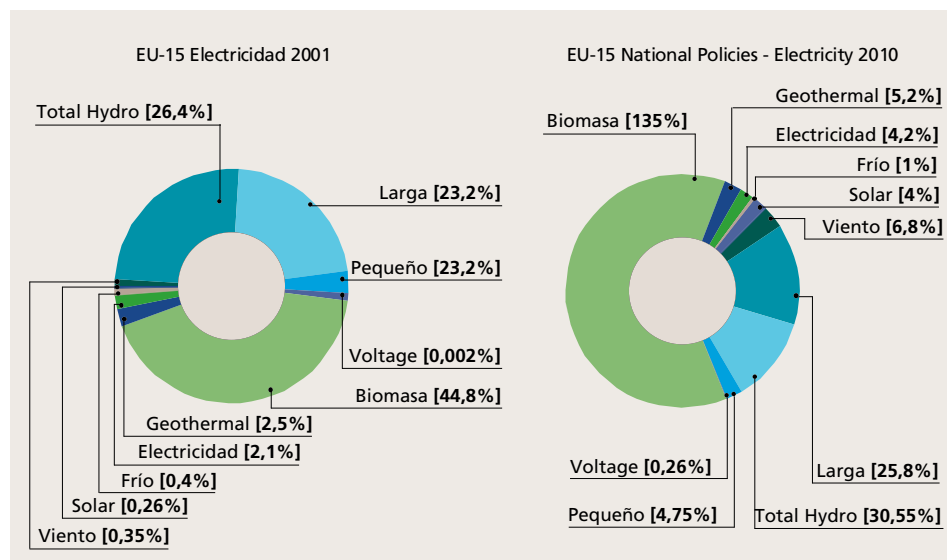
6.2.3. Sector energía

Este sector está prácticamente sin desarrollar en España, fundamentalmente por ausencia de una legislación/regulación del sector. Existen varias directrices europeas, para el aprovechamiento de energía procedente de las olas, mareas y eólica marina.

La Cumbre de Río estableció el concepto de planes locales de desarrollo sostenible, conocido también como Agenda 21. En conjunción con las iniciativas legales y políticas de energía de la Unión Europea y con el objetivo de alcanzar los compromisos adquiridos (e.g. mejorar la seguridad de la provisión de energía, llegar a un 22% de provisión de electricidad a partir de fuentes renovables, reducir la intensidad de uso de energía en un 18%, aumentar el uso de biocombustibles para el transporte y reducir las emisiones de CO₂ en un 8%), se prevé apoyar el campo emergente de comunidades de energía sostenible.

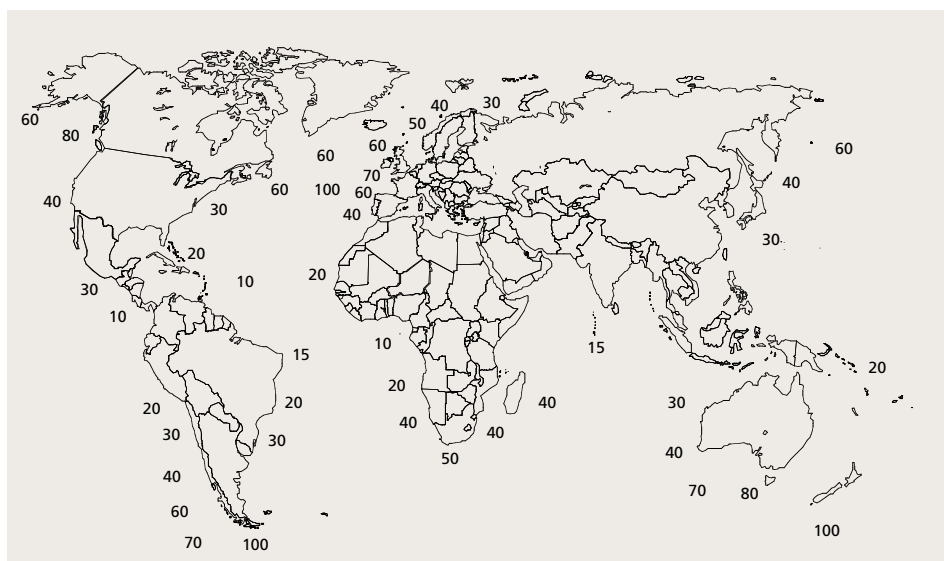
La prospectiva europea en la utilización de energías limpias se estima en torno al 18,3% (figura 6.2.5.), destacando la energía solar y la eólica terrestre (segundo país en producción mundial), aunque la eólica marina, y la obtenida de las olas y mareas tienen un interesante potencial en España. Mientras que el desarrollo de parques eólicos terrestres ha experimentado un enorme desarrollo en todo el país (más de 300 empresas dedicadas), no es el caso de los parques eólicos marinos, que se enfrentan con una importante oposición del sector pesquero, y en menor medida del sector turístico. Según un reciente informe de Greepeace (Renovables 2050) el potencial español en energía eólica está en torno a los 160.000 MW.

Figura 6.2.5. Gráfico izquierda, electricidad generada por energías limpias en la UE-15 en el 2001. Gráfico derecha, estimación de energía limpia en la UE-15 para el 2010



En cuanto a la energía de olas y de mareas, existe un proyecto entre Iberdrola y la Universidad de Cantabria para la instalación en sus costas de una estación para la captación de energía. El mapa de la figura 6.2.6. muestra una visión del potencial energético de los océanos, obsérvese que el noroeste de la Península Ibérica tiene un elevado potencial (> 60 kW/m).

Figura 6.2.6. Niveles de energía de ola (kW/m)



Fuente: Iberdrola.

6.2.4. Sector robótica

El extraordinario auge de la robótica submarina en las empresas dedicadas a offshore, no se ha implantado todavía en nuestro país. De momento existen grupos menores en el entorno de las universidades politécnicas, y parques tecnológicos y en algún caso *spin-off* con pequeñas empresas (PYMES) que empiezan a realizar pequeños proyectos conjuntos.

6.2.5. Sector farmacéutico

En este sector España tiene una compañía, líder mundial en biofarmacéutica marina, que es PharmaMar (Grupo Zeltia), con un programa de I+D y una extensa plantilla de investigadores, con una importante inversión en I+D que en el año 2004 estaba sobre los 38,5 millones de euros y una importante contribución a la producción científica en ciencias marinas en España (véase sección 6.1.).

6.2.6. Sector desalinizadoras

Éste es un sector en auge en España, sobre todo en la cuenca mediterránea, como consecuencia del Plan Hidrológico Nacional, contando nuestro país con algunas de las empresas líderes mundiales en este sector. Existe ya un número de empresas nacionales que colaboran con centros de investigación como el CIEMAT, CDTI, CSIC, etc., en el I+D.

6.2.7. Sector comunicaciones

El sector de las comunicaciones submarinas estaba en manos de la empresa Telecomunicaciones Marinas, S.A., (TEMASA), filial de Telefónica para el emplazamiento y mantenimiento de cables submarinos. Esta empresa construyó tres buques cableros. En mayo de 1999, Telefónica vendió la empresa filial TEMASA a la empresa multinacional americana Tyco, no obstante los tres buques siguieron llevando pabellón español. En la actualidad, Tyco sólo mantiene un buque cablero en España para el mantenimiento de los cables submarinos. Tyco es uno de los principales suministradores integrales de redes transoceánicas de fibra óptica y posee capacidad a gran escala en el mundo. La actual multinacional Tyco Telecommunications es el resultado de la adquisición de TyCom por parte del grupo Tyco, ambos estadounidenses.

6.2.8. Sector hidrocarburos

La empresa multinacional española Repsol mantiene departamentos de I+D en varios centros de investigación, aunque esta actividad se centra fundamentalmente en la tecnología química y de exploración. También mantiene convenios con distintos OPIS (CSIC, Universidades, etc.). La parte específica de la actividad relacionada con el mar está centrada en los departamentos de exploración de gas y petróleo, aunque no es fácil discernir el porcentaje de I+D en inversión de recursos humanos y financieros. En la figura 6.2.7. se muestra la distribución del mapa tecnológico de Repsol YPF en España. En la tabla adjunta (tabla 6.2.1.) se muestra la evolución de Repsol en cuanto a contratos de I+D e inversiones en todos sus ámbitos de actuación.

Tabla 6.2.1. Contratos y financiación en I+D, periodo 2001-2004

	Nº contratos nuevos	Nº contratos vigentes	Ppto. I+D (MEuro)
2001	85	146	2,97
2002	72	130	2,03
2003	95	150	3,94
2004	90	152	4,55

The map displays the geographical distribution of research centers across Spain. Green dots indicate the locations of various institutions, many of which are labeled with abbreviations such as UCL, USC, UL, U, UGe, UL, IQS (ULL), UPC, UCB, UAR, UR, UIB, UJ, UPV, UVal, UAi, UMU, UMa, UCa, UH, USe, UJa, UGrea, CIMA, T, CSI, UCM, UPM, and UCL. The map also shows the coastlines of Spain and its islands.

Información de:

- 20 Universidades
- 12 Institutos del CSIC
- 5 C.T. País Vasco

Referencias de proyectos de investigación

Publicaciones relevantes

Patentes y proyectos con empresas

Proyectos europeos

Comités y grupos de trabajo con otras instituciones

Referencias

www.innovamar.org

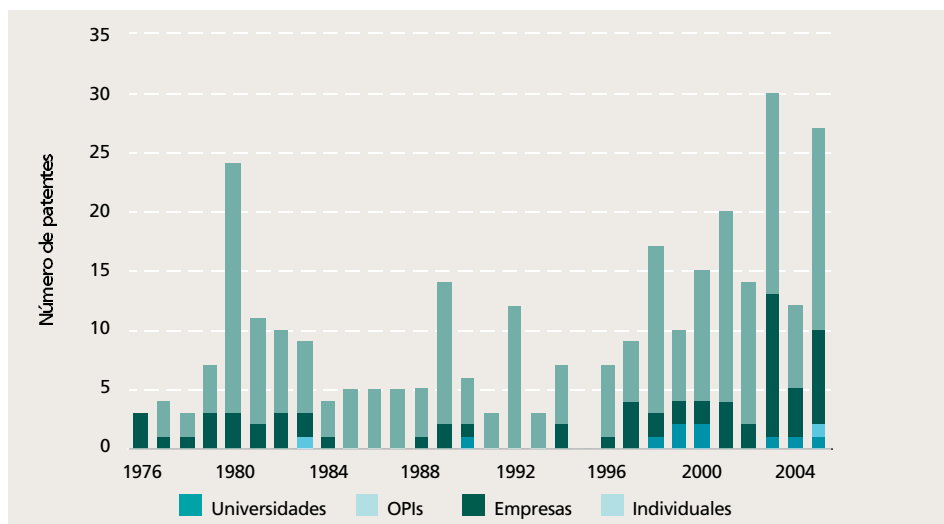
6.3. Patentes

El número de patentes es un buen indicador de producción en el ámbito tecnológico, así como del grado y materia de especialización de las ciencias y tecnologías marinas en España. Desgraciadamente, es complicado realizar una búsqueda exhaustiva de todas aquellas patentes relacionadas con el mar. Las patentes pueden registrarse a nivel nacional, europeo e internacional. Se ha centrado la búsqueda en las patentes nacionales, que son las más numerosas, utilizando la base de datos de invenciones españolas de la Oficina Española de Patentes y Marcas, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, disponible en la dirección <http://www.oepm.es/bases-documentales>. Se han buscado patentes concedidas en España, cuyo solicitante es español, y que contienen la palabra mar en el título o en el resumen. Esta búsqueda no detecta las más de 580 patentes de productos biofarmacéuticos registradas por PharmaMar, S.A., desde 1986 (de acuerdo con el sitio web de la compañía en <http://www.pharmamar.com>; se puede consultar el listado de patentes en la hoja excel 6-3_patentes_figuras_y_base_de_datos).

El número de patentes concedidas en España a solicitantes españoles ha variado considerablemente desde 1976, observándose dos periodos activos con sendos máximos en 1980 (24 patentes) y 2003 (30 patentes; figura 6.3.1.). El primero de esos máximos posiblemente obedece a un cambio sociológico debido a la transición española, puesto que se basa fundamentalmente en patentes a título individual, no en empresas u organismos públicos de investigación (figura 6.3.1.). El segundo de estos máximos puede deberse a razones de política científica, puesto que se basan en la empresa privada y en organismos públicos de investigación.

En todo caso, la contribución de los organismos públicos de investigación es muy limitada. De las 294 patentes concedidas desde 1976, 223 (76%) han sido solicitadas por personas individuales o grupos de personas, 58 (20%) por empresas privadas, 9 (3%) por universidades y sólo 2 (0,7%) por organismos públicos de investigación. La mayor parte de las patentes concedidas a organismos públicos ha tenido lugar a partir de 1998 (figura 6.3.1.).

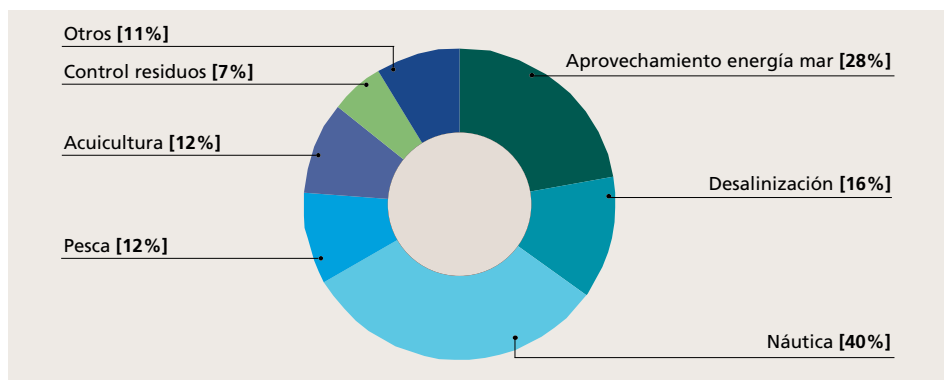
Figura 6.3.1. Evolución temporal del número de patentes en ciencias y tecnologías marinas concedidas en España frente al año de publicación de la concesión



El número total ha sido descompuesto en patentes concedidas a universidades, Organismos Públicos de Investigación, empresas privadas y a personas o grupos de personas (individuales).

Del total de patentes concedidas, 82 (28%) corresponden a mecanismos para el aprovechamiento de la energía de mareas y olas, 47 (16%) son mecanismos para la desalinización del agua de mar, 40 (13%) están relacionados con la náutica, 36 (12%) con la pesca, 35 (12%) con la acuicultura, y 22 (7%) con la recogida y el tratamiento de residuos, fundamentalmente hidrocarburos (figura 6.3.2.).

Figura 6.3.2. Distribución temática de las patentes españolas vinculadas al sector marino (1976-2004)





Reactor. (J. Miron)

Como resumen, las patentes españolas en ciencias y tecnologías marinas son poco diversas, derivadas principalmente de iniciativas individuales, donde el papel de los organismos públicos de investigación es prácticamente nulo, con honrosas excepciones.

6.4. Divulgación de las ciencias y tecnologías marinas en España

El trabajo científico realizado por personal de la Administración es un servicio público. Por consiguiente, contrariamente al planteamiento habitual de considerar a los colegas de profesión como los únicos destinatarios de la investigación científica y técnica, se impone la necesidad, incluso la obligación, de canalizar parte de ese esfuerzo de diseminación del conocimiento hacia la sociedad. Sin embargo, contrariamente a lo que ocurre con la producción científica, en el caso de la divulgación no se han establecido criterios objetivos para valorar el esfuerzo y la calidad de las actividades realizadas y, por consiguiente, para incentivarlas. Así, esta importante labor queda a merced de voluntarismos individuales. La divulgación de la actividad científica es, sin embargo, el único camino para poder alertar a la sociedad sobre amenazas al ecosistema marino y de conseguir difundir buenas prácticas y cambios en actitudes personales que contribuyan a la conservación del mar, del que todos somos usuarios.

En consonancia con este contexto general, un tanto desolador, el esfuerzo de los científicos y tecnólogos marinos españoles por difundir su conocimiento hacia la sociedad se limita, fundamentalmente, a la loable labor de pronunciar conferencias para escolares y público en general y organizar jornadas de puertas abiertas en las que se hace una visita guiada por las dependencias del centro/facultad correspondiente, actividades que suelen concentrarse además en el mes de noviembre de cada año, cuando se celebra la “Semana de la Ciencia”. Excepciones son el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC), que ha puesto en funcionamiento la página web “ICM Divulga” (www.cmima.csic.es) y realiza regularmente talleres con escolares en los que se les proponen reproducir experimentos realizados por los investigadores del centro; el Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC), que edita el suplemento mensual “Mar y Pesca” del diario *Faro de Vigo* y, en colaboración con la Facultad de Ciencias del Mar (Universidad de Vigo), organiza salidas en el B/O *Mytilus* para profesores de enseñanza secundaria; la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, la Universidad de Cantabria, la Autoridad Portuaria de Santander y Puertos del Estado que han puesto en marcha la iniciativa “Escuela sobre Ciencias y Tecnologías Marinas”, con vocación de hacerse permanente dentro de la programación de los cursos de verano del “Aula del Mar”. Son igualmente reseñables los CDs divulgativos “Terremotos y tsunamis en España” elaborado por el Instituto Geográfico Nacional, la Universidad de Cantabria y el Ayuntamiento de Cádiz en 2005 (reeditando una versión anterior de 1998), y “Los humeditas”, elaborado por

la Universidad de Cantabria en 2000, en el que explica a niños las consecuencias de la contaminación marina y el funcionamiento de los saneamientos litorales a través de juegos interactivos, así como el módulo didáctico interactivo y audiovisual “Ejemplos de migraciones o tactismos con formación de enjambres como respuesta a estímulos externos (RITMES)” realizado por el Instituto de Acuicultura Torre de la Sal (CSIC) para el Museo de la Ciencia de la Fundació La Caixa de Barcelona en 2005. El Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC-Univ. Illes Balears) y la Fundación BBVA han iniciado un ciclo de debates sobre investigación de conservación, biodiversidad e impactos de cambio global en el océano, estructurados en torno a un evento anual consistente en una serie de conferencias temáticas con investigadores de prestigio internacional, seguida de la publicación de las mismas. Recientemente, se están organizando actividades encaminadas a acercar más la figura del investigador a la sociedad a través de la iniciativa “Noche de los Investigadores”, incluida en el VI Programa Marco de la UE (FP6-2006-Mobility-13). También tienen un gran valor para la divulgación de las ciencias y tecnologías marinas los artículos que, esporádicamente, se publican en revistas como *Investigación y Ciencia*, *Quercus*, *Métode*, etc., o los artículos de opinión en periódicos, aunque es una actividad a la que se debería destinar mucho más esfuerzo.

En cualquier caso, se impone un cambio de mentalidad, que pasa por 1) implementar medidas tangibles para que la divulgación esté valorada (por la vía de la promoción, el complemento salarial, etc.); 2) incrementar los recursos financieros destinados a proyectos competitivos e internacionales y a la formación de personal especializado; 3) potenciar la presencia de conferenciantes marinos en ciclos de conferencias generales más que organizar ciclos específicos; 4) internacionalizar las actividades divulgativas, tanto para aprender como para aportar propuestas y productos originales propios (a modo de ejemplo, el 8 de junio de 2006 se celebró por primera vez el “Día Mundial de los Océanos” en una ciudad española, Barcelona, organizado por el ICM-CSIC); y 5) aprovechar el potencial que supone la red de museos marítimos y acuarios, repartidos por toda la geografía española (tabla 6.4.1.), que reciben miles de visitantes anualmente. En este sentido, ya existen ejemplos de convenios firmados entre museos/acuarios y centros/facultades dedicados a la investigación marina. Así, el IEO, el IIM (CSIC) y las universidades de Vigo y Santiago han firmado convenios con el Museo do Mar de Galicia para la elaboración de unidades didácticas; o el ICM (CSIC) ha firmado un convenio con el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona y el Museo Marítimo para la elaboración de un proyecto expositivo y de actividades didácticas dirigidas a escuelas y a familias.



Lobos marinos con *BIO Hespérides* a fondo. (C.M. Duarte)

Sin embargo, puede darse un salto cualitativo como el propuesto en la Red de Excelencia Europea EUR-OCEANS, en la que la divulgación de sus actividades se hace a través de un consorcio europeo de museos y acuarios. En España existen, al menos, 27 instalaciones de este tipo repartidas por Andalucía, Asturias, Cantabria, Cataluña, Euskadi, Galicia, Islas Baleares, Madrid, Murcia y Valencia (tabla 6.4.1.).

En este contexto, cabe destacar que el Real Decreto 620/1987 de 10 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Museos de Titularidad Estatal y del Sistema Español de Museos (BOE, 13/05/1987), modificado por Real Decreto 496/1994, define como función de los museos la organización periódica de exposiciones científicas y divulgativas acordes con la naturaleza del Museo (Artículo 2). Dicha función supone un complemento importante de la labor de investigación, ya que la organización de exposiciones supone un trabajo previo de investigación sobre el tema a exhibir, una recopilación de piezas referidas al mismo y, finalmente, la elaboración de un catálogo específico sobre dicha exposición.

Tabla 6.4.1. Relación de los museos marítimos y acuarios en España

Museo	Lugar	Comunidad	Página web
Sea life	Benalmádena	Andalucía	http://www.sealifeeurope.com/es/benalmadena
Museo Marítimo	Cádiz	Andalucía	
Museo del Mar de Alborán	Málaga	Andalucía	
Museo Marítimo Torre del Oro	Sevilla	Andalucía	http://www.andalunet.com/museos/mto
Museo Marítimo de Asturias	Luanco	Asturias	http://www.xardesvives.com/museomar
Museo Marítimo del Cantábrico	Santander	Cantabria	http://www.museosdecantabria.com/mart
L'Aquarium de Barcelona	Barcelona	Catalunya	http://www.aquariumbcn.com
Marineland	Blanes	Catalunya	http://www.marineland.es
Museo Marítimo de Barcelona	Barcelona	Catalunya	http://www.museumaritimbarcelona.com
Museo de la Pesca	Palamós	Catalunya	http://www.arrakis.es/~museudelapesca
Museo Marítimo de Bilbao	Bilbao	Euskadi	http://www.museumaritimobilbao.org
Aquarium – Museo Oceanográfico de Donostia	Donosti	Euskadi	http://www.aquariumss.com
Aquarium Finisterrae	A Coruña	Galicia	http://www.casaciencias.org/aquarium/
Aquarium Galicia	O Grove	Galicia	http://www.aquariumgalicia.com/
Museo Provincial del Mar	San Cibrao	Galicia	
Museo do Mar de Galicia	Vigo	Galicia	www.museodomar.com
Museo Massó	Bueu	Galicia	
Marineland	Calviá	Illes Balears	http://www.marineland.es

Museo	Lugar	Comunidad	Página web
Museo Marítimo de Sóller	Sóller	Illes Balears	
Zoo Aquarium de Madrid	Madrid	Madrid	http://www.zoomadrid.com/
Museo Nacional de Arqueología Marítima	Cartagena	Murcia	
Museo del Mar	San Pedro del Pinatar	Murcia	
Museo del Mar	Peñíscola	Valencia	
Museo del Mar	Santa Pola	Valencia	http://www.santapola.com/mus_mar
El Museo del Mar y de la Sal	Torre Vieja	Valencia	
L'Oceanografic	Valencia	Valencia	http://www.cac.es/oceanografic
Museo Marítimo Joaquín Saludes	Valencia	Valencia	http://www.valencity.es/htm/m_mari.htm

7

Las ciencias y tecnologías
marinas españolas en el contexto
europeo e internacional



Congreso ASLO 2005 en Santiago de Compostela. (C.M. Duarte)

La investigación marina requiere una sólida coordinación a nivel internacional para poder afrontar la resolución de desafíos globales, particularmente en el caso del estudio de los océanos en el contexto del cambio global, incluyendo el cambio climático y la transformación de los ecosistemas marinos, sea o no por la intervención humana. Estas iniciativas, que exceden la capacidad (tanto económica como científica) de cualquier nación particular, se coordinan a través de programas internacionales de investigación, dirigidos por científicos, sin la participación directa de las agencias de financiación. Por tanto, estos programas no disponen de fondos para ejecutar el trabajo científico sino para implementarlo a través de planes de actuación. Sin embargo, las agencias de financiación valoran muy positivamente la adecuación de los proyectos de investigación que han de financiar a los objetivos planteados en estos programas internacionales.

En la tabla 7.1. se relacionan los programas internacionales de investigación marina en los que España está presente. En el caso particular de IMBER, GLOBEC, LOICZ, SOLAS y PAGES se trata de programas pertenecientes al Internacional Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) creado en 1993 por la Asamblea General del Internacional Council for Science (ICSU). A escala nacional, los programas IGBP movilizan a unos 1.000 investigadores terrestres y marinos, y se coordinan internamente a través del Comité Español de IGBP (www.igbp-es.org), presidido en la actualidad por Aida F. Ríos (CSIC). Al ser vocal de este comité Marta Estrada Miyares (CSIC), representante de SCOR (que promueve a IMBER, GEOHAB, IOCCP y GEOTRACES), se facilita la coordinación nacional entre IGBP y SCOR. Además, en 2004 se creó el Comité Español de Investigación en Cambio Global (CEICAG), presidido por Mercedes Pardo Buendía (Universidad Carlos III), en el que están representados los comités españoles de todos los programas internacionales sobre cambio global integrados en el ICSU.

Si bien España participa activamente en múltiples programas internacionales de investigación marina, la presencia en comités científicos o comités ejecutivos de estos programas, en grupos de trabajo encargados de redactar los planes de actuación, o liderando actividades regionales o temáticas, es más bien escasa. Excepciones son 1) Isabel Cacho Lascorz (UB), que es miembro

del comité ejecutivo de SOLAS; 2) Marta Estrada Miyares (CSIC), que intervino en la redacción del plan científico y el plan de actuación de GEOHAB; 3) Francisco G. Figueiras (CSIC), que intervino en la redacción del plan de actuación del subprograma dedicado a proliferaciones de algas nocivas en áreas de afloramiento dentro de GEOHAB; 4) Alicia Lavín Montero (IEO) y Beatriz Reguera (IEO), que son miembros del comité ejecutivo de GEOHAB; 5) Lorenzo Motos (AZTI), que es miembro del comité ejecutivo del programa regional SPACC (Small Pelagics and Climate Change) de GLOBEC; o 6) Carmela Porteiro (IEO), que coordina el proyecto temático SARDYN de GLOBEC.

Las ERA-net del VI Programa Marco de la UE se crearon con el objetivo de fomentar un clima adecuado para iniciar el largo camino hacia la implementación del controvertido Artículo 169 del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea, que, en términos prácticos, implicará que cualquier investigador de la UE podrá concursar a convocatorias de proyectos competitivos de cualquier país de la UE. Las ERA-nets son redes formadas por agencias de financiación de distintos países de la UE que tratan de coordinar sus planes nacionales respectivos en las temáticas en que son competentes y, en la medida de lo posible, lanzar convocatorias que repartan competitivamente fondos nacionales entre todos o parte de los países miembros de la red. En la actualidad, el Ministerio de Educación y Ciencia participa en siete ERA-nets de perfil marino, coordinando AMPERA, mientras que el IRTA, de la Generalitat de Catalunya, coordina COASTAL (tabla 7.2.).

España también está representada en los principales foros internacionales en ciencias y tecnologías marinas (tabla 7.3.), puentes a través de los que se intercambian influencia e información científica y política. Nuevamente, aunque España suele estar presente en estos foros, su perfil es bajo para el puesto que ocupa a nivel científico (ver apartado 6.1.). En pesca, la representación de alto nivel es muy satisfactoria: Antonio Vázquez (CSIC) es el presidente del Consejo Científico de NAFO, Carmela Porteiro (IEO) es la presidenta del Bureau del ICES, y el IEO alberga la Secretaría Ejecutiva del ICCAT en su centro de Madrid. En oceanografía, Antonio Bode (IEO) es co-presidente del Comité de ICES para el *Global Ocean Observing System (GOOS)*, Jordi Font (CSIC) es presidente del Comité de Física y Clima del Océano, del CIESM, y Beatriz Reguera (IEO) es presidenta del Panel Intergubernamental de la COI IPHAB, alojando en el Centro Oceanográfico de Vigo el IOC/IEO Science and Communication Centre on Harmful Algae-Project Office, con Mónica Lión al frente. En este contexto, es también relevante que la International CLIVAR Project Office esté hospedada en el Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo (CSIC), al frente de la cual está Roberta Boscoso, quien además coordina la red temática CLIVAR-España (<http://www.iim.csic.es/~rbos/CLIVAR-ES>).

En la tabla 7.3. no se recogen las comisiones internacionales que son competencia del Instituto Hidrográfico de la Marina, es decir, la representación de España en la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) (www.iho.shom.fr), formando parte de: 1) la Comisión

Hidrográfica del Mediterráneo y Mar Negro (CHMMN); 2) La Comisión Hidrográfica del Atlántico Oriental (CHATO); 3) el Comité Hidrográfico sobre la Antártida (HCA); 4) el Comité sobre Requerimientos Hidrográficos de los Sistemas de Información (CHRIS); y 5) el Comité para el establecimiento de una base de datos mundial para la Carta Náutica Electrónica (WEND).


La influencia internacional que actualmente tienen las ciencias y tecnologías marinas españolas también puede evaluarse usando más bien indicadores individuales que institucionales, tales como:


- El impacto de las publicaciones científicas: sólo un científico marino español aparece entre los Highly Cited Scientist del ISI. Además, al menos hay 58 españoles entre el 1% de científicos marinos de todo el mundo que reciben más citas en su especialidad (ver Anexo 7.1.).
- Premios internacionales: Carlos M. Duarte (CSIC) recibió en 2001 el premio *G. Evelyn Hutchinson Award* de la American Society of Limnology and Oceanography por su contribución a formular nuevos paradigmas en oceanografía (ver apartado 4.3.); Antonio Tovar Sánchez (CSIC) recibió en 2006 el *Young Scientist Award* otorgado por la Red de Excelencia EUR-OCEANS; José Ramón Iribarren (1998), CEDEX, Francisco Luis Martín Gallego (1999), Universidad de Cantabria, y Javier López Lara (2005), Universidad de Cantabria, han recibido el *De Paepe-Willems Award*, concedido por PIANC, la Asociación Internacional de Puertos más importante del mundo a investigadores de menos de 35 años por trabajos de investigación asociados al mundo de la ingeniería portuaria y a la navegación.
- Ingreso en academias científicas y presidencia de sociedades científicas internacionales: Joan Albaigés (CSIC), Carlos M. Duarte (CSIC) y Andrés Maldonado (CSIC-Universidad de Granada) son miembros de la Academia Europea de Ciencias y Artes; Rosa Flos Bassols (Universidad Politécnica de Catalunya) fue presidenta de la European Aquaculture Society (2000-2002); Marta Estrada Miyares (CSIC) es *member-at-large* de la American Society of Limnology and Oceanography, y Carlos M. Duarte Quesada lo fue entre 2001-2003 y es miembro del Martin Award Committee y el Policy Committee de esa sociedad internacional, así como miembro ex-oficio del *board* de la Estuarine Research Federation (USA) y, actualmente, es presidente de la American Society of Limnology and Oceanography.
- Presencia en el comité editorial de revistas extranjeras indexadas en el SCI: en las revistas indexadas en el SCI del cuartil superior de las categorías en las que más habitualmente publican los científicos marinos españoles (*Ecology, Fisheries, Marine & Freshwater Biology Ocean Engineering y Oceanography*), en total 85, J. L. Barja (Universidad de Santiago) es miembro del *editorial board* de *Journal of Fish Diseases*; A. Bode (IEO) es *review editor* de *Marine Ecology Progress Series*; A. Caballero (Universidad de Vigo) es *associate editor* de *American Naturalist* y *reviewing editor* de *Journal of Evolutionary Biology*; C. M. Duarte (CSIC) es miembro del *Editorial Board*

de *Ecosystems*, *Journal of Marine Systems* y *Journal of the Experimental Marine Biology and Ecology*; J. Exp. Mar. Biol. Ecol.; J. M. Gasol (CSIC) es editor y M. Estrada (CSIC), X. A. G. Morán (IEO) y C. Pedrós-Alió (CSIC) son *review editors* de *Aquatic Microbial Ecology*; M. A. Losada (Universidad de Granada) e I. J. Losada (Universidad de Cantabria) son miembros del *editorial board* de *Coastal Engineering*; N. Marbá (CSIC) es *subject-matter editor* de la revista *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*; L. Motos (AZTI) pertenece al *editorial board* de *Fisheries Oceanography*; C. J. Rodgers (IRTA) y A. E. Toranzo (Universidad de Santiago) pertenecen al *editorial advisory board* de *Aquaculture*; finalmente, A. E. Toranzo (Universidad de Santiago) es además *review editor* de *Diseases of Aquatic Organisms*, junto con J. A. Raga (Universidad de Valencia). Fuera del elenco de las revistas del cuartil superior de cada categoría también hay científicos españoles, destacando C. M. Duarte como *editor-in-chief* de *Estuaries and Coasts*. Mención especial merece la revista *Scientia Marina*, heredera de *Investigación Pesquera*, que publica el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC) y está indexada en el SCI desde 1997 (<http://www.icm.csic.es/scimar>).

Tabla 7.1. Listado de los principales programas internacionales de investigación, incluyendo una breve reseña a sus cometidos. También se presenta su portal electrónico y la persona de contacto a nivel nacional


	AIMES	Analysis, Integration and Modelling of the Earth System
Descripción:	AIMES es el programa de IGBP para la integración y síntesis del sistema Tierra. Su objetivo es adquirir un más profundo y cuantitativo conocimiento del papel del hombre en las perturbaciones que experimentan los ciclos biogeoquímicos del planeta y sus interacciones con el clima.	
Página web:	http://www.aimes.ucar.edu/	
Contacto ES:		


	ARGO	
Descripción:	Argo es un programa internacional de investigación que promueve la recogida exhaustiva de perfiles de salinidad y temperatura en el termoclina permanente de los océanos. Argo usa boyas robotizadas que pasan la mayor parte de su tiempo de vida útil bajo el agua.	
Página web:	http://www.argo.ucsd.edu	
Contacto ES:	IEO, Gregorio Parrilla, Gregorio.Parrilla@md.ico.es	


	CLIVAR	Climate Variability study
Descripción:	CLIVAR es un programa internacional de investigación para el estudio de la variabilidad climática y su predicción en escalas de tiempo que van de meses a décadas, así como la respuesta de sistema climático al forzamiento antropogénico.	
Página web:	http://www.clivar.org/	
Contacto ES:	INM, Bartolomé Orfila, orfila@inm.es	


	EuroCOML	European Census of Marine Life
Descripción:	EuroCoML es el comité europeo para la implementación del programa global <i>Census of Marine Life</i> .	
Página web:	http://www.eurocoml.org	
Contacto ES:		


	EuroGOOS	European contribution to the Global Ocean Observing System
Descripción:	EuroGOOS es una asociación de agencias para implementar los objetivos del Global Observing System (GOOS) y, en particular, desarrollar la “oceanografía operacional” en los mares europeos y océanos adyacentes. EuroGOOS cuenta en la actualidad con 33 miembros asociados de 17 países europeos.	
Página web:	http://www.eurogoos.org	
Contacto ES:	IEO, Gregorio Parrilla, Gregorio.Parrilla@md.ieo.es PdE, Enrique Fanjul Álvarez, enrique@puertos.es	

	GEOHAB	Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms
Descripción:	GEOHAB es un programa conjunto SCOR-IOC de cooperación internacional en investigación sobre proliferaciones de algas nocivas en aguas marinas y salobres.	
Página web:	http://ioc.unesco.org/hab/GEOHAB.htm	
Contacto ES:	Alicia Lavín Montero (IEO), alicia.lavin@st.ieo.es , Member of the Steering Committee	


	GEOTRACES	
Descripción:	GEOTRACES es el programa de SCOR encargado de estudiar los procesos y cuantificar los flujos que controlan la distribución de elementos traza y sus isótopos en el medio marino y establecer la sensibilidad de los mismos a los cambios ambientales.	
Página web:	http://www.geotraces.org	
Contacto ES:	Père Masque (UAB), Pere.Masque@uab.es	

	GLOBEC	Global Ocean Ecosystem Dynamics
Descripción:	GLOBEC es el programa de IGBP encargado de estudiar los efectos del cambio global sobre la abundancia, diversidad y productividad de las poblaciones marinas.	
Página web:	http://www.pml.ac.uk/globec	
Contacto ES:	Fidel Echevarria Navas (UCA), fidel.echevarria@uca.es	

	IMAGES	International Marine Past Global Changes Study
Descripción:	<p>IMAGES es un programa conjunto PAGES–SCOR. PAGES es el programa de IGBP para promover el conocimiento del planeta Tierra en el pasado, que sirva de base para predicciones futuras. Los intereses de PAGES incluyen procesos climáticos, ciclos biogeoquímicos, procesos de ecosistema, biodiversidad y dimensión humana del problema a diferentes escalas temporales.</p>	
Página web:	<p>http://www.pages.unibe.ch http://www.images-pages.org/start.html</p>	
Contacto ES:	<p>José Abel Flores Villarejo (USAL), flores@usal.es</p>	

	IMBER	Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research
Descripción:	<p>IMBER es un programa conjunto IGBP–SCOR para el estudio de los ciclos biogeoquímicos en ecosistemas marinos con el objetivo de alcanzar un conocimiento detallado y una capacidad de predicción precisa de la respuesta de los océanos al cambio global y sus efectos en el planeta Tierra y la sociedad humana.</p>	
Página web:	<p>http://www.imber.info</p>	
Contacto ES:	<p>Javier Arístegui Ruiz (ULPGC), jaristegui@dbio.ulpgc.es</p>	

	IOCCP	International Ocean Carbon Coordination Project
Descripción:	IOCCP es un programa conjunto IOC-SCOR para desarrollar una red global de observación del carbono en los océanos promoviendo una coordinación técnica, servicios de comunicaciones, acuerdos internacionales en los métodos a utilizar y coordinándose con el Global Observing System (GOOS).	
Página web:	http://ioc.unesco.org/ioccp/	
Contacto ES:		

	LOICZ	Land–Ocean Interactions in the Coastal Zone
Descripción:	LOICZ es un programa conjunto IGBP-IHDP (Internacional Human Dimensions Programme on Global Environmental Change) para investigar e informar a la comunidad científica, a los responsables de la gestión del medio ambiente y a los actores políticos sobre las repercusiones del cambio global en la zona costera.	
Página web:	http://www.loicz.org	
Contacto ES:	José Lucas Pérez Lloréis (UCA), joselucas.perez@uca.es	

	MedGOOS	Mediterranean contribution to the Global Ocean Observing System
Descripción:	MedGOOS es una asociación auspiciada por IOC para coordinar la planificación e implementación del Global Observing System (GOOS) en el Mediterráneo.	
Página web:	http://www.medgoos.net	
Contacto ES:	IEO, Gregorio Parrilla, Gregorio.Parrilla@md.ieo.es PdE, Enrique Fanjul Álvarez, enrique@puertos.es	


	SOLAS	Surface Ocean - Lower Atmosphere Study
Descripción:	SOLAS es el programa de IGBP que opera para cuantificar las interacciones físicas y biogeoquímicas entre en el océano y la atmósfera y cómo este sistema acoplado afecta y es afectado por los cambios ambientales y climáticos.	
Página web:	http://www.uea.ac.uk/env/solas	
Contacto ES:	Rafel Simó Martorell (CSIC), rsimo@icm.csic.es	


Tabla 7.2. Listado de las ERA-nets del VI Programa Marco de la UE con una componente marina relevante, incluyendo una breve reseña a sus cometidos. También se presenta su portal electrónico y el representante nacional


	AMPERA	
Descripción:	AMPERA es una acción concertada entre 10 organizaciones que gestionan los programas nacionales para la prevención de la contaminación marina de 8 países de la UE con el objetivo de prevenir y mejorar la respuesta a este tipo de episodios accidentales. El consorcio está liderado por el Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno español.	
Página web:	http://www.cid.csic.es/ampera	
Represent. ES:	MEC, Joan Albaiges (CSIC), albqam@cid.csic.es (coordinador)	


	BioDivERSA	Research for the understanding of European Biodiversity
Descripción:	Biodiversa reúne a 19 agencias de financiación de la UE con el objetivo de establecer mecanismos de cooperación trans-nacional en materia de financiación de la investigación en biodiversidad. En el contexto de la EU Biodiversity Strategy, BiodivERsA también permitirá coordinar actividades ya en marcha, comparar estrategias futuras y recomendaciones de los cuerpos consultivos y explorar oportunidades de colaboración.	
Página web:	http://www.eurobiodiversa.org	
Represent. ES:	MEC, Pedro Jordano (CSIC), jordano@cica.es	

	COASTAL	Control Objectives and Shellfish Target Assurance Levels
Descripción:	COASTAL es una Specific Support Action para preparar una ERA-NET orientada a la cooperación y coordinación entre programas de observación de la calidad de las aguas costeras europeas en las que se cultivan moluscos (tanto en aspectos referentes a investigación como innovación). El objetivo de la red es armonizar las actividades de los socios para garantizar la protección del consumidor en el marco de la nueva legislación europea sobre seguridad alimentaria y agua.	
Página web:	http://www.coastal-era.net	
Represent. ES:	IRTA, Agustí Fonts (IRTA), agusti.fonts@irta.es (coordinador)	

	CRUE	European Flood Risk Management Research
Descripción:	CRUE se creó para consolidar los programas de investigación sobre inundaciones existentes en Europa, promover las buenas prácticas e identificar debilidades y oportunidades de colaboración futura. Sus 13 socios pertenecen a los países europeos particularmente afectados por inundaciones.	
Página web:	http://www.crue-eranet.net	
Represent. ES:	MEC, Lucila Candela (UPC), lucila.candela@upc.edu	


	ECORD	European Consortium for Ocean Research Drilling
Descripción:	Creado en 2003, ECORD es un consorcio para gestionar la prospección científica de fondos oceánicos formado por las agencias de financiación europeas que participaron en el Ocean Drilling Program – ODP (1985 a 2003) para sumarse a su sucesor, el Integrated Ocean Drilling Program – IODP, como un único socio europeo.	
Página web:	http://www.ecord.org	
Represent. ES:	MEC, Luís Delgado, luism.delgado@mec.es (delegado) MEC, Severino Falcón Morales, severino.falcon@mec.es (alternante) MEC, Menchu Comas (CSIC–UGr), mcomas@ugr.es (asesora) MEC, Víctor Dirás del Río (IEO), diazdelrio@ma.iew.es (alternante)	


	EuroPOLAR	European Polar Consortium
Descripción:	EuroPOLAR está formado por 25 ministerios, agencias nacionales de financiación y/o programas de investigación polar de 19 países europeos y el European Polar Board de la ESF. EuroPOLAR tiene por objetivo promover la cooperación dentro de Europa e internacionalmente y reforzar la interacción entre los países con programas de investigación polar consolidados y países de la Europa central y sur-oriental con programas aún en desarrollo, favoreciendo el intercambio de experiencias y las buenas prácticas en la gestión y financiación de programas de investigación e infraestructuras.	
Página web:	http://www.europolar.org	
Represent. ES:	MEC, Margarita Yela (INTA), yelam@inta.es	

	MarinERA	
Descripción:	MarinERA es una red de agencias de financiación de la investigación marina pertenecientes a 13 estados miembros de la UE creada con el objetivo de coordinar las actividades de investigación nacionales y regionales en este ámbito.	
Página web:	http://www.marinera.net	
Represent. ES:	MEC, Beatriz Morales (CSIC), ieabmn@uib.es	

	MariFISH	Coordination of European Fisheries Research
Descripción:	MariFish aglutina a las principales agencias de financiación de la investigación pesquera en Europa con el objetivo de incrementar la coordinación a nivel regional y europeo y lanzar una convocatoria conjunta de proyectos de investigación.	
Página web:	http://www.marifish.net/	
Represent. ES:	MEC, Pilar Pereda (IEO), pilar.pereda@mu.iao.es	

Tabla 7.3. Selección de foros internacionales en los que se tratan temas de investigación marina incluyendo una breve reseña a sus cometidos. También se presenta su portal electrónico y al(la) representante institucional

	CCAMLR	Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources
Descripción:	CCAMLR se creó en el año 1982 para velar por el cumplimiento del artículo IX del Tratado Antártico.	
Página web:	http://www.ccamlr.org	
Represent. ES:	MAE, Antonio Cosano, embespau@mail.mae.es	

	CIESM	The Mediterranean Science Comisión
Descripción:	CIESM se creó en 1910 para promover la investigación internacional en el mar Mediterráneo y el mar Negro, actuando como foro para el intercambio de ideas e información científica.	
Página web:	http://www.ciesm.org	
Represent. ES:	IEO, Concepción Soto Calvo, csotocal@md.ieo.es IEO, Pere Oliver, pere.oliver@ba.ieo.es	

	EEAC	European Environment and Sustainable Development Advisory Councils
Descripción:	EEAC se creó en 1993 para potenciar la colaboración entre los consejos nacionales de medio ambiente creados por los gobiernos europeos con el fin de ofrecer consejo científico independiente sobre medio ambiente y desarrollo sostenible. Esta red es un valioso instrumento para el intercambio de información y experiencia en estos temas, así como para influir en la política europea.	
Página web:	http://www.eeac-net.org	
Represent. ES:	GENCAT, Joan Roca, joan.roca@gencat.net MMA,	

	EFARO	European Fisheries and Aquaculture Research Organisation
Descripción:	Creada en 1989, es una asociación de los directores de las principales instituciones de investigación en acuicultura y pesca en Europa, en la que participa además la Dirección General de Pesca de la UE.	
Página web:	http://www.efaro.org	
Represent. ES:	IEO, Concepción Soto Calvo, csotocal@md.ieo.es	


 Marine Board	EMB	Marine Board – European Science Foundation
Descripción:	Creado en 1995, es el comité de expertos de la European Science Foundation (ESF) para mejorar la coordinación entre organizaciones europeas (tanto instituciones de investigación como agencias de financiación) dedicadas a la investigación marina y desarrollar una estrategia europea en ciencias y tecnologías marinas.	
Página web:	http://www.esf.org	
Represent. ES:	CSIC, X. Antón A. Salgado, xsalgado@iim.csic.es IEO, Gregorio Parrilla, Gregorio.Parrilla@md.ieo.es	

	EPB	Polar Board – European Science Foundation
Descripción:	Creado en 1995, es el comité de expertos de la European Science Foundation (ESF) en política científica de las regiones polares.	
Página web:	http://www.esf.org	
Represent. ES:	CSIC, Carles Pedrós Alió, cpedros@icm.csic.es MEC,	


	ERVO	Coordination between European Research Vessels Operators
Descripción:	Creado en 1999 como grupo de trabajo del EMB de la ESF, está formado por los operadores de los buques de investigación de tamaño pequeño y medio en Europa que decidieron continuar reuniéndose anualmente para compartir experiencias.	
Página web:	http://www.esf.org	
Represent. ES:	CSIC, J.J. Dañobeitia (Vicepresidente), jjdanobeitia@cmima.csic.es IEO, J.I. Díaz, jose.diaz@st.ieo.es SGPM, J. Hernández, jhriesco@mapya.es	


	ESSC	European Space Science Committee
Descripción:	Creado en 1975, es el comité de expertos de la European Science Foundation (ESF) en investigación espacial. Actúa como interfase entre la ESF y la ESA, ofreciendo una visión científica independiente en la definición e implementación de la política científica espacial europea.	
Página web:	www.esf.org/essc/	
Represent. ES:	MEC, (CSIC–INTA)	


	ICCAT	International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas
Descripción:	Creado en 1969, es la comisión responsable de la conservación de túnidos en el océano Atlántico y mares adyacentes.	
Página web:	http://www.iccat.es	
Represent. ES:	UE, Secretaría Ejecutiva en el IEO–Madrid, info@iccat.int	


	ICES	International Council for the Exploration of the Sea
Descripción:	Creada en 1902, es la organización encargada de coordinar y promover la investigación marina en el Atlántico Norte, incluyendo mares adyacentes como el Báltico y el Mar del Norte.	
Página web:	http://www.ices.dk	
Represent. ES:	IEO, Luis Valdés, luis.valdes@gi.ieo.es (delegado) IEO, Carmela Porteiro, carmela.porteiro@vi.ieo.es (alternante)	


	I-GOOS	Intergovernmental Committee for GOOS
Descripción:	El Comité Intergubernamental IOC-WMO-UNEP para el Global Ocean Observing System (GOOS) fue creado en 1992 por el Comité Ejecutivo de la Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) para sustituir al Committee on Ocean Processes and Climate. WMO y UNEP se adhirieron a esta iniciativa en 1993.	
Página web:	http://www.ioc-goos.org	
Contacto ES:	IEO, Gregorio Parrilla, Gregorio.Parrilla@md.ieo.es	


	IOC	Intergovernmental Oceanographic Comisión
Descripción:	Creado en 1960, IOC se ha centrado en promover la investigación marina y los servicios asociados al océano, desde la óptica de estudiar la naturaleza y los recursos de los océanos. España es miembro de pleno derecho desde noviembre de 1960.	
Página web:	http://ioc.unesco.org	
Represent. ES:	IEO, Luís Valdés, luis.valdes@gi.ieo.es (delegado) IEO, Gregorio Parrilla, gregorio.parrilla@md.ieo.es (alternante)	

	ISOM	International Research Ship Operators' Meeting
Descripción:	Creado en 1986, el ISOM es una reunión informal de operadores de buques de investigación oceánica que tiene lugar en septiembre/octubre de cada año con el objetivo de discutir y resolver problemas de interés mutuo.	
Página web:	http://www.isom-info.org	
Represent. ES:	CSIC, J.J. Dañobeitia, jjdanobeitia@cmima.csic.es	

	JCOMM	The Joint WMO-IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology
Descripción:	JCOMM es una comisión intergubernamental de expertos en la coordinación, reglamentación y gestión de la observación, el tratamiento de datos y los servicios ofrecidos por los sistemas de oceanografía operacional y meteorología marina. JCOMM trabaja con el International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE), el Global Ocean Observing System (GOOS) y el Global Climate Observing System (GCOS).	
Página web:	http://www.wmo.ch/web/aom/marprog	
Represent. ES:	INM, Justo Marcos IEO, Gregorio Parrilla, Gregorio.Parrilla@md.ieo.es	

	NAFO	North Atlantic Fisheries Organisation
Descripción:	Creado en 1979, NAFO es el comité científico de expertos en la gestión de las pesquerías del Noroeste Atlántico, sucesora de ICNAF (International Commission of the Northwest Atlantic Fisheries). El objetivo de NAFO es contribuir a la explotación óptima, gestión y conservación de las pesquerías en el área cubierta por la Convención a través de la consulta y la cooperación.	
Página web:	http://www.nafo.ca	
Represent. ES:	UE, Antonio Vázquez (CSIC), avazquez@iim.csic.es (presidente del Comité Científico)	

	OSPAR OSPAR Comisión for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic
Descripción:	La convención OSPAR de 1992 rige la cooperación internacional sobre la protección del medio marino en el Noreste Atlántico. La comisión OSPAR, formada por representantes de los gobiernos de los 15 países que la firmaron y de la Comisión Europea, es la encargada de gestionar el trabajo a realizar.
Página web:	http://www.ospar.org
Represent. ES:	Javier Cachón (MMA), jcachon@mma.es

	SCAR Scientific Committee for Antarctic Research
Descripción:	Creado en 1975, SCAR es el comité científico interdisciplinar del International Council for Science (ICSU) para iniciar, desarrollar y coordinar la investigación científica internacional de calidad en la región antártica y el papel de la Antártida en el sistema Tierra. España es miembro de pleno derecho desde el 23 de Julio de 1990.
Página web:	http://www.scar.org , www.uam.es/cn-scar
Represent. ES:	MEC, Jerónimo López (UAM), jeronimo.lopez@uam.es

	SCOR	Scientific Committee for Oceanographic Research
Descripción:	Creado en 1957, el objetivo de SCOR es promover la cooperación internacional en la planificación y ejecución de la investigación oceanográfica y resolver problemas metodológicos y conceptuales. Científicos de 30 países participan en los diferentes grupos de trabajo y comités de SCOR.	
Página web:	http://www.jhu.edu/scor	
Represent. ES:	MEC, Marta Estrada Miyares (CSIC), marta@icm.csic.es	

Anexo 7.I. Lista de los 58 investigadores españoles que se encuentran entre el 1% de los autores más citados en las categorías recogidas en la herramienta de la ISI WoK Essentials Scientific Indicators. El umbral de citas para aparecer en cada categoría es: 174 en Agricultural sciences, 706 en Chemistry, 211 en Engineering, 278 en Environment/ecology, 549 en Microbiology y 307 en Plant & animal sciences en el periodo 1996-2006. Algunos de los autores de la tablas 6.1.10, 11 y 12 no aparecen en este anexo porque publican en diferentes categorías pero sin alcanzar en ninguna de ellas el umbral mínimo

Investigador	Filiación (es)	Categorías ESI
Agustí, S.	CEAB (CSIC); IMEDEA (U. Baleares - CSIC)	plant & animal sciences
Álvarez, M.C.	Fac. Ciencias (U. Málaga)	environment/ecology
Aubourg, S.P.	IIM (CSIC)	agricultural sciences
Barceló, D.	IIAOB (CSIC)	chemistry
Bayona, J.M.	IIAOB (CSIC)	environment/ecology
Bermejo-Barrera, A.	Fac. Química (U. Santiago)	engineering
Bermejo-Barrera, P.	Fac. Química (U. Santiago)	engineering
Canals, M.	Fac. Geología (U. Barcelona)	geosciences
Careche, M.	I. del Frío (CSIC)	agricultural sciences
Carrillo, M.	IATS (CSIC)	plant & animal sciences
Cebrián, J.	CEAB (CSIC)	environment/ecology
Céspedes, A.	Fac. Veterinaria (U. Complutense - Madrid)	agricultural sciences
Dachs, J.	IIAOB (CSIC)	environment/ecology
Duarte, C.M.	CEAB (CSIC); IMEDEA (U. Baleares - CSIC)	environment/ecology
Esteban, M.A.	Fac. Biología (U. Murcia)	plant & animal sciences
Fernández, E.	Fac. CCMM (U. Vigo)	plant & animal sciences
Figueroa, A.	IIM (CSIC)	plant & animal sciences
Figueroa, F.L.	Fac. Ciencias (U. Málaga)	plant & animal sciences

Investigador	Filiación (es)	Categorías ESI
García, T.	Fac. Veterinaria (U. Complutense - Madrid)	agricultural sciences
Gasol, J.M.	ICM (CSIC)	plant & animal sciences
González, A.		plant & animal sciences
González, I.	Fac. Veterinaria (U. Complutense - Madrid)	agricultural sciences
Grimalt, J.O.	IIAQB (CSIC)	environment/ecology
Hernández, P.E.	Fac. Veterinaria (U. Complutense - Madrid)	agricultural sciences
Irigoin, J.	AZTI	plant & animal sciences
Izquierdo, M.S.	Grupo de Inv. en Acuicultura (ICCM-IULPGC)	plant & animal sciences
López, A.	U. Vigo	environment/ecology
Marba, N.	CEAB (CSIC); IMEDEA (U. Baleares - CSIC)	environment/ecology
Martín, D.	CEAB (CSIC)	plant & animal sciences
Massana, R.	ICM (CSIC)	microbiology
Medina, I.	IIM (CSIC)	agricultural sciences
Meseguer, J.	U. Murcia	plant & animal sciences
Montero, P.	I. del Frío (CSIC)	agricultural sciences
Moreda-Piñero, A.	Fac. Química (U. Santiago)	engineering
Moreda-Piñero, J.	Fac. Química (U. Santiago); Fac. Ciencias (U. A Coruña)	plant & animal sciences
Navarro, E.	Fac. Cien. Tecnol. (U. País Vasco)	plant & animal sciences
Niell, F.X.	Fac. Ciencias (U. Málaga)	plant & animal sciences
Oro, D.	IMEDEA (CSIC, UIB)	plant & animal sciences
Pedros-Alió, C.	ICM (CSIC)	microbiology
Pérez, F.F.	IIM (CSIC)	plant & animal sciences
Pérez-Martín, R.I.	IIM (CSIC)	agricultural sciences
Porte, C.	CID (CSIC)	environment/ecology

Investigador	Filiación (es)	Categorías ESI
Ramos, J.	IATS (CSIC)	plant & animal sciences
Riguera, R.	Fac. Química (USC)	chemistry
Rodríguez, V.	Fac. Ciencias (U. Málaga)	engineering
Rodríguez-Varela, F.	U. Alicante; U. Miguel Hernández	microbiology
Romero, J.	Fac. Biología (U. Barcelona)	plant & animal sciences
Sabater, S.	Fac. Biología (U. Barcelona)	plant & animal sciences
Sala, E.	Fac. Biología (U. Barcelona)	environment/ecology
Sanz-Mendel, A.	Fac. Química (U. Oviedo)	engineering
Serrano, R.	IATS (CSIC)	plant & animal sciences
Sierro, F.J.	Fac. Ciencias (U. Salamanca)	geosciences
Sotelo, C.G.	IIM (CSIC)	agricultural sciences
Tejada, M.	I. del Frío (CSIC)	agricultural sciences
Tort, L.	Fac. Ciencias (U. Barcelona)	plant & animal sciences
Vediana Nogués, M.T.	Fac. Farmacia (U. Barcelona)	agricultural sciences
Vidal-Carou, M.C.	Fac. Farmacia (U. Barcelona)	agricultural sciences
Zanuy, S.	IATS (CSIC)	plant & animal sciences

8

Distribución de género
en las ciencias y tecnologías
marinas españolas. El largo
camino hacia la igualdad



María Calleja, estudiante de doctorado (IMEDEA, CSIC-UIB), realizando medias de flujos de CO₂ entre la atmósfera y el océano a bordo de una embarcación neumática del *BIO Hespérides* en aguas antárticas.

La igualdad de género es un objetivo prioritario de la política social de los países desarrollados, en particular para contrarrestar el “techo de cristal” que impide a las mujeres el acceso a los niveles de toma de decisión en los ámbitos académico e industrial, tal como se denunció en el informe European Technology Assessment Network de 2000 y en la conferencia internacional Women in Industrial Research de 2004 (www.cordis.lu/improving/women/documentos.htm). El Parlamento Europeo ha manifestado un gran interés político por la promoción de las mujeres en la investigación científica. En la conferencia “Mujeres y Ciencia” (Bruselas, 28-29 de abril de 1998), científicos y políticos coincidieron en la necesidad de intensificar los esfuerzos para aumentar la presencia de las mujeres en la investigación en Europa. Un año más tarde, la Comisión Europea publicó *Women and science: mobilising women to enrich European research* (17 de febrero de 1999), documento en el que se reconocía la baja presencia de las mujeres en ciencia y se establecía un plan de actuación que fijaba como objetivo global un 40% de participación femenina en las becas Marie Curie, en las asambleas consultivas y grupos de evaluación y, en general, en el conjunto del V Programa Marco. La inquietud de la Comisión Europea con relación a la participación de las mujeres en las actividades científicas de la Unión queda reflejada también en el VI Programa Marco, en el que se ha promovido la implementación de un nuevo plan de actuación para reforzar y aumentar el papel de las mujeres.

En el caso concreto de España, a raíz de los compromisos adquiridos en la “IV conferencia mundial sobre la mujer” celebrada en Pekín en 1995, el Gobierno puso en funcionamiento, a través de Instituto de la Mujer del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, el “III plan de igualdad entre hombres y mujeres (1997-2000)”, que supuso la introducción del “principio de transversalidad en medidas de género (gender mainstreaming)” definido como “la organización (o reorganización), la mejora, el desarrollo y la evaluación de los procesos políticos, de modo que una perspectiva de igualdad de género se incorpore en todas las políticas, a todos los niveles y en todas las etapas, por los actores normalmente involucrados en la adopción de medidas políticas”. Comunidades autónomas y gobiernos locales se sumaron también a este principio. El 8 de marzo de 2003, se aprobó el “IV plan de igualdad entre hombres y mujeres (2003-2006)”, acorde con la estrategia marco comunitaria para la igualdad de

género. El Gobierno que salió de las Elecciones Generales de marzo de 2004 se ha mostrado especialmente activo en la implementación del “principio de transversalidad en medidas de género” convirtiéndose en un referente a nivel europeo al forzar una composición paritaria del Consejo de Ministros y, en lo concerniente a la ciencia, crear la “Unidad de Mujeres y Ciencia” en el Ministerio de Educación y Ciencia, que promueve la paridad de género en los tribunales de oposición para las distintas escales científicas de universidades y OPIs y en los comités de evaluación de proyectos y contratos de investigación en convocatorias competitivas. Incluso, por primera vez en una convocatoria pública de proyectos de investigación en España, en el año 2005 se adoptó una medida de discriminación positiva hacia la mujer al permitir a los comités de expertos revisores de los proyectos remitidos al Plan Nacional de I+D+I primar a aquellos proyectos dirigidos por mujeres siguiendo la recomendación de la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas de que “la mayor participación de la mujer a todos los niveles de una institución o centro debe ser valorada como mérito por las agencias de evaluación de calidad en la enseñanza y la investigación” (Declaración y estrategias 2003; www.amit-es.org).

8.1. Incorporación de la mujer española a la carrera científica en ciencias y tecnologías marinas

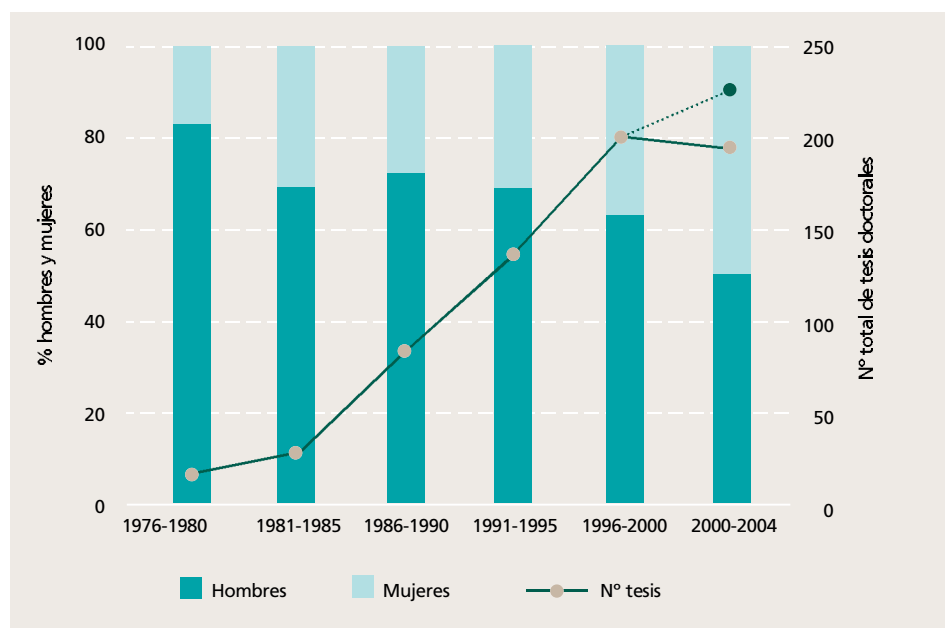
La condición social y laboral de la mujer española ha sufrido transformaciones drásticas a lo largo de los últimos cien años. Desde el gobierno dictatorial del general Primo de Rivera (1923-1931), que promovió los roles tradicionales de género, a la emancipación social, cultural y política de la mujer durante la Segunda República (1931-1939). De ahí, a la reimposición de los roles tradicionales durante el régimen del general Franco (1939-1975) hasta, finalmente, recuperar progresivamente su espacio en el mundo social, político y laboral tras la muerte de Franco y la aprobación de la Constitución Española de 1978, que promueve la igualdad de género en su artículo 14.

En paralelo a este análisis somero de la condición de la mujer en la sociedad española durante el último siglo, cabe decir que, en el año 1932, al comienzo de la Segunda República, 3 de los 18 científicos en plantilla del Instituto Español de Oceanografía (IEO), es decir un 17%, eran mujeres (Pérez-Rubín, 2005). La incorporación de la mujer a la investigación marina se truncó con la Guerra Civil española y el posterior régimen dictatorial del general Franco; así, de las 44 tesis doctorales realizadas en el Instituto de Investigaciones Pesqueras (IIP) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) desde su creación en 1951 hasta su disolución en 1978 (Guerra y Prego, 2003), sólo 3 de ellas (< 7%) fueron defendidas por mujeres.

La presencia de las mujeres en la investigación marina se ha incrementado progresivamente desde aquel momento, tal y como revela la evolución temporal en el porcentaje de tesis doctorales en ciencias y tecnologías marinas defendidas por mujeres durante los últimos 30 años (figura 8.1). La proporción de doctoras ha aumentado desde un 17,6% en el quinquenio 1976-1980, a un 30,8% en 1991-1995 y un 50,0% en 2001-2005.

Del catálogo de investigadores en ciencias y tecnologías marinas españolas realizado en el año 1994 por el IEO (Corral, 1994) se extrae que las mujeres representaban en aquel momento un 25,6% de los investigadores en plantilla de OPIs y universidades. Este porcentaje contrasta con el de doctoras formadas a lo largo de la década anterior (1984-1993), que fue del 33,4%. Esta diferencia indica que las universidades y OPIs del sistema español de ciencia y tecnología no fueron capaces de incorporar en la proporción adecuada un segmento de la sociedad española de alta cualificación y con la formación precisa, con el perjuicio que ello pudo causar al desarrollo de la actividad investigadora.

Figura 8.1. Evolución temporal del porcentaje de tesis doctorales defendidas por hombres y mujeres entre 1976 y 2004



Datos tomados de la base de datos TESEO del Ministerio de Educación y Ciencia (www.mcu.es/TESEO). La búsqueda incluye las 655 tesis doctorales recogidas bajo el código UNESCO 251000 (Oceanografía).

(*) Nótese que el último tramo es un cuatrienio, no un quinquenio. El punto verde es una proyección para el quinquenio.

Con respecto a los programas de incorporación de doctores a la carrera investigadora, en el caso de los contratos Ramón y Cajal para las cuatro áreas en las que están representadas las ciencias y tecnologías marinas (Biología Vegetal y Animal Ecología; Ciencia y Tecnología de los Alimentos; Ciencias de la Tierra; y Ganadería y Pesca), de los 339 contratos firmados entre 2001 y 2005, 111 lo fueron para mujeres, es decir un 32,7%. Este número no se aleja excesivamente del porcentaje de doctoras formadas en ciencias y tecnologías marinas en el quinquenio anterior (1996-2000): 37,4% (figura 8.1.). Las estadísticas que arroja el programa Juan de

la Cierva nos indican un avance hacia la igualdad de género: de los 104 contratos que se asignaron en 2004 y 2005 a las mismas cuatro áreas, 56 de ellos, es decir el 53,8%, están siendo disfrutados por mujeres, porcentaje que coincide con el de doctoras formadas en ciencias y tecnologías marinas en el periodo 2001-2004: 50,0% (figura 8.1.).

Por último, la comunidad formada por los 462 investigadores marinos con más de 10 publicaciones indexadas en el SCI durante la última década (1994-2004) está compuesta por un 28,4% de mujeres. La descompensación de género se mantiene igualmente si se considera a los 20 autores españoles en ciencias y tecnologías marinas con más trabajos publicados en revistas indexadas en el SCI (20,0% de mujeres) o con mayor número de citas (30,0% de mujeres) o a los autores que aparecen entre el 1% de autores más citados en la herramienta Essential Scientific Indicators de la ISI Web of Knowledge (27,8% de mujeres).

8.2. Consolidación de las mujeres en las ciencias y tecnologías marinas

Un estudio de las plantillas de investigadores del IEO, de los 4 institutos exclusivamente marinos del CSIC y de los claustros de profesores de las 5 facultades de Ciencias del Mar en España (tabla 8.1.), que hacen un total de 525 profesionales, revela que la proporción media de mujeres es del 31,8% pero se reduce sensiblemente en las escalas más elevadas: investigador A1 del IEO (16,7% de mujeres); profesor de investigación del CSIC (20,0% de mujeres); y catedrático de universidad (7,7% de mujeres).

El manifiesto desequilibrio de género en el CSIC, en el que globalmente sólo el 13% de los profesores de investigación eran mujeres frente al 37% de científicos titulares en el año 2002, llevó al por entonces presidente del organismo, Rolf Tarrach, a promover la creación de una “Comisión Asesora de la Presidencia” para el estudio, seguimiento y optimización de la carrera científica de las mujeres en el CSIC. Los datos proporcionados por este observatorio indican que en el año 2004, en el área de Recursos Naturales, a la que se adscriben las ciencias y tecnología marinas en este organismo, sólo el 24% de los investigadores en plantilla eran mujeres (cuando en todo el CSIC representaban el 32%) y que el 17% de los profesores de investigación eran mujeres frente al 26% que eran científicas titulares (cuando en todo el CSIC estas proporciones eran 15% y 39%, respectivamente). En el caso concreto de los institutos exclusivamente marinos del CSIC (Instituto de Ciencias del Mar, Instituto de Acuicultura Torre de la Sal, Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía e Instituto de Investigaciones Marinas), el 29,6% de los investigadores en plantilla son mujeres, con un 20,0% de profesoras de investigación y un 31,9% de científicas titulares (tabla 8.1.).

Tabla 8.1. Porcentaje de hombres y mujeres en las distintas escalas científicas (a) del IEO; (b) del CSIC; y (c) de las facultades de Ciencias del Mar en España en el año 2005

Categoría	CSIC			IEO			Facultades CCMM		
	♀	♂	% ♀	♀	♂	% ♀	♀	♂	% ♀
Prof. de investigación (A1)	4	16	20,0%						
Investigador científico (A2)	8	16	33,3%						
Científico titular (A3)	15	32	31,9%						
subtotal	27	64	29,6%						
Investigador A1				2	10	16,7%			
Investigador A2				23	47	32,9%			
Investigador A3				17	14	54,8%			
Investigador A4				11	35	23,9%			
subtotal				53	106	33,3%			
Catedrático de universidad							2	24	7,7%
Prof. titular de universidad							48	110	30,4%
Otros							37	54	40,7%
subtotal							87	188	31,6%

8.3. Presencia de las mujeres en la gestión de las ciencias y tecnologías marinas

Un análisis detallado de los puestos de responsabilidad en las ciencias y tecnologías marinas en España revela grandes contrastes. Así, en el ámbito de los OPIs, el IEO está dirigido desde 2004, por una mujer, M^a Concepción Soto Calvo, por primera vez en su historia. Sin embargo, sólo dos mujeres forman parte del Consejo Rector del IEO, constituido por 20 científicos. Además, sólo 1 de los 9 centros oceanográficos del IEO está dirigido por una mujer, M^a Ángeles Rodríguez Fernández, que dirige el de Santa Cruz de Tenerife. De las tres áreas científicas, Pilar Pereda ejerce la jefatura del área de Pesquerías y Carmela Porteiro es la única mujer que lidera un programa científico del IEO, en concreto el de “Evaluación de recursos pesqueros en el área del ICES”. En el caso del CSIC, mientras que 3 de los 4 institutos exclusivamente marinos están dirigidos por mujeres —Dolors Blasco (Barcelona), Carmen Sarasquete (Cádiz) y Aida F. Ríos (Vigo)— en el caso de los de Vigo y Cádiz por primera vez desde su fundación en 1951 y 1955, respectivamente, sólo 1 de los 8 miembros de la Comisión del Área de Recursos Naturales es mujer. Finalmente, en el caso de las 5 facultades de Ciencias del Mar que hay en España, sólo la de Cádiz cuenta actualmente con una decana: María Luisa González de Canales García. En este contexto, el 26 de enero de 2005 tuvo lugar en Santander un homenaje a las oceanógrafas españolas a bordo de B/O *Cornide de Saavedra*, presidido por la entonces ministra de Educación y Ciencia, María José San Segundo (Piquete, 2005; www.ieo.es).

En relación con la intervención de la mujer en comités nacionales e internacionales de política científica, cabe señalar que Beatriz Morales Nin (CSIC) es, desde 2004, la primera mujer que gestiona el Programa (en la actualidad Subprograma) de Ciencias Marinas del Plan Nacional de I+D+I. También por primera vez, una mujer, Aida F. Ríos (CSIC), está al frente del Comité Español IGBP, si bien sólo 2 de sus ocho vocales son mujeres.

También hay una nutrida representación femenina en las ERA-nets marinas (Beatriz Morales, CSIC, en MarinERA; Pilar Pereda, IEO, en MariFISH; Menchu Comas, SIC-UGr, en ECORD; Margarita Yela, INTA, en EuroPOLAR; y Lucila Candela, UPC, en CRUE) y en los foros internacionales sobre investigación marina (Concepción Soto Calvo, IEO, en EFARO y CIESM; Marta Estrada Miyares, CSIC, en SCOR; Carmela Porteiro, IEO, en ICES; y Beatriz Reguera, IEO, en IOC). Sin embargo, es muy baja en programas internacionales de investigación donde Alicia Lavín (IEO) es representante en GEOHAB (ver tablas 7.1., 7.2. y 7.3.).

Finalmente, la participación de la mujer en el 3º Programa (Subprograma) de Ciencias Marinas del Plan Nacional de I+D+I, del que ya se han consumido las convocatorias de 2004 y 2005, nos indica que sólo un 20% de mujeres son IPs de proyectos competitivos. En el caso de Programa Nacional Antártico, para el mismo periodo, las mujeres están dirigiendo el 23% de los proyectos aprobados. A pesar de las medidas de discriminación positiva adoptadas en la convocatoria de 2005, no se ha notado efecto alguno en el éxito de las mujeres en la consecución de proyectos: 22% en 2005 frente a 19% en 2004 en el caso del Programa de Ciencias Marinas y 0% frente a 60% en el caso de Programa Antártico. El éxito de las mujeres para conseguir recursos del Plan Nacional (medido como la proporción de propuestas financiadas frente a las presentadas) ha sido de aproximadamente del 50% y la edad media de las IPs la misma que la de los IPs (47 años).

8.4. El contexto europeo: el ejemplo de las NoEs en el VI Programa Marco

El desequilibrio de género en las ciencias y tecnologías marinas no es un problema exclusivamente español, sino que también despierta una gran preocupación a nivel europeo. Un caso paradigmático es el de las Networks of Excellence (NoEs) que, supuestamente, aglutinan a los mejores investigadores europeos en cada disciplina.

Tres son las NoEs del VI Programa Marco de la UE exclusivamente marinas que están actualmente en marcha: MARBEF (www.marbef.org), EUR-OCEANS (www.eur-oceans.org) y MARINE GENOMICS EUROPE (www.marine-genomics-europe.org). Tanto MARBEF como EUR-OCEANS están coordinados por hombres, mientras que MARINE GENOMICS EUROPE lo está por una mujer. En EUR-OCEANS participan 160 IPs, de los que el 19% son mujeres; en MARBEF participan 80 IPs, de los que el 19% son mujeres; y en MARINE GENOMICS EUROPE participan 308 IPs, de los que el 38% son mujeres. Tanto MARBEF como EUR-OCEANS cuentan con planes de actuación a favor del balance de género. La

participación española en estas tres NoEs tampoco escapa al desequilibrio de género, excepto en el caso de MARBEF en el que la presencia femenina es del 50%. De los IPs españoles que participan en EUR-OCEANS y MARINE GENOMICS EUROPE sólo el 15% son mujeres.

Es también muy significativo el hecho de que en el *Marine Board* de la European Science Foundation, que aspira a ser la voz de las ciencias y tecnologías marinas en Europa y agrega a representantes de 21 grandes instituciones con intereses en investigación marina, en el caso de España IEO y CSIC, solamente tres de sus miembros (14,3%) son mujeres.

8.5. Causas de la falta de paridad

Tres son las causas fundamentales que se ha apuntando para explicar la falta de paridad entre hombres y mujeres en ciencia, sobre todo en las escalas más elevadas de OPIS y universidades y en los comités que toman decisiones de política científica (Plaza y Espinosa de los Monteros, 2005).

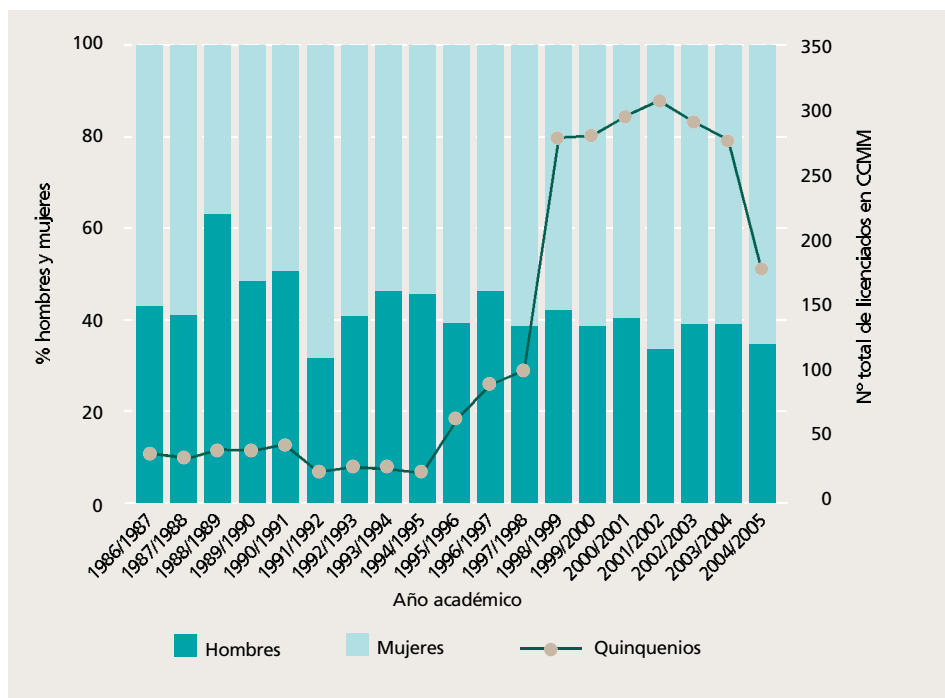
1) Reticencia cultural a que las mujeres se incorporen a las carreras universitarias de corte científico y tecnológico, favoreciéndose las de corte social y humanístico. Esta afirmación no parece acertada en la actualidad si nos atenemos al porcentaje de hombres (40,3%) y mujeres (59,7%) que se licencian en las facultades de Ciencias del Mar (figura 8.2.). Sin embargo, sí pudo tener su incidencia en el pasado, influyendo en la actual distribución de género en las distintas escalas de OPIs y universidades (tabla 8.1.) al ocupar normalmente las escalas superiores los científicos con trayectorias más dilatadas y, por tanto, de mayor edad.

La reticencia cultural a que la mujer se incorpore al ámbito de la ingeniería marítima está también en vías de ser superada tal como nos revela el porcentaje de mujeres que se matriculan en el Doctorado en Ciencias y Tecnologías Marinas y en el Master Universitario en Ciencias y Tecnologías para la Gestión de la Costa, de la Universidad de Cantabria: de 1999 a 2005 se matricularon un total de 57 alumnos en el Programa de Doctorado y 82 en el Master con una representación femenina del 44% en ambos casos.

2) Mayor implicación de la mujer en las tareas domésticas, con especial referencia a la educación de los hijos y el cuidado de familiares impedidos, que limita a las mujeres con cargas familiares a realizar horarios stajanovistas y adquirir responsabilidades que impliquen estancias prolongadas alejadas del núcleo familiar. En este sentido, se apunta que acceder a una plaza fija en una universidad o centro de investigación prestigioso en los Estados Unidos requiere trabajar, por término medio, 80 horas por semana (Frascchetti, 2005), lo cual es imposible de conciliar con una vida familiar comprometida. Esta situación es especialmente desfavorable en el caso de la Oceanografía y las Pesquerías, que exigen embarques durante periodos que, por término medio, oscilan entre los 15 y los 45 días.

3) La dificultad de compaginar la carrera científica con la creación y consolidación de una familia conduce a que la mujer frecuentemente sacrifique sus ambiciones de prestigio y liderazgo en la actividad profesional.

Figura 8.2. Porcentaje de hombres y mujeres que se han licenciado en las tres facultades de Ciencias del Mar clásicas en España (ULPGC, UCA y UVigo)



El incremento en el curso 98/99 se debe a que a partir de ahí se incorporaron los datos estadísticos de la licenciatura de Ciencias del Mar de la Universidad de Cádiz, si bien la primera promoción se licenció en el curso 93/94.

8.6. Medidas correctoras

La batería de medidas recomendadas para corregir el desequilibrio de género en ciencia (Plaza y Espinosa de los Monteros, 2005) son las siguientes:

- 1) Exigir el cumplimiento de horarios realistas, que permitan a hombres y mujeres compatibilizar la vida profesional y familiar. Esta medida, que ha comenzando a aplicarse en la administración, es de difícil cumplimiento en el ámbito científico, porque habitualmente se hacen labores de investigación fuera del puesto de trabajo. Alternativamente, debiera plantearse un modelo de carrera científica en la que la promoción a los niveles más elevados pudiera alcanzarse cumpliendo objetivos ejecutables dentro de la jornada laboral fijada por La Ley (actualmente 37,5 horas semanales). Alternativamente, proponer un modelo de carrera científica en el que la promoción fuera compatible con la posibilidad de optar, cuando se tiene una familia, a

periodos de trabajo a media jornada, jornada flexible o excedencia por un tiempo, basando la evaluación del currículum vitae en el tiempo realmente dedicado a la ciencia.

- 2) Ayudas institucionales, especialmente para la atención de los hijos en edad, tanto preescolar (servicio de guardería en el centro de trabajo) como escolar (servicio de recogida y transporte de escolares del centro de trabajo al centro escolar y viceversa).
- 3) Concienciación de la situación de la mujer en los ámbitos científico, social y político. Los problemas sólo se atajan cuando se conocen y se difunden, de ahí la importancia de los observatorios de igualdad de género, como el que mantiene el CSIC desde el año 2002.
- 4) Medidas de discriminación positiva, ya aplicadas en la última convocatoria de proyectos del Plan Nacional de I+D+I con resultados infructuosos y una posición muy reticente y a veces crítica por parte de las propias investigadoras.

Bibliografía

- Corral, J. (1994). *Ciencias y Tecnologías Marinas. Catálogo de Investigadores Españoles*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, 417 pp.
- Fraschetti, S. (2005). "MARBEF Gender Action Plan - Why 40% and not 50%?" *MARBEF Newsletter*, 3: 31.
- Guerra, A. y Prego, R. (2003). "El Instituto de Investigaciones Pesqueras. Tres décadas de historia de la investigación marina española". *Serie de Estudios sobre la Ciencia*, 33. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 341 pp.
- Piquete, C. (2005). "Oceanography in Spain: gender issues". *Oceanography*, 18, 18-19.
- Pérez-Rubín, J. (2005). "Pioneras de la investigación oceanográfica y pesquera en el IEO". *Revista electrónica del IEO*, 1: 14-16.
- Plaza García, M. y Espinosa de los Monteros, J. (2005). *La situación de las mujeres en la investigación a c u í c o l a. Un estudio cualitativo*. Observatorio Español de Acuicultura. 24 pp.

9

Diagnóstico del estado
en las ciencias y tecnologías
marinas en España



Autopsia de un
calamar gigante. (A. Guerra)



9.1.1. Posición geográfica de la Península Ibérica

España tiene unas características geográficas óptimas para realizar una investigación marina de excelencia. Con sus más de 7.800 km de costa, dos archipiélagos y rodeada por dos mares, el Atlántico y el Mediterráneo, permite el estudio de multitud de procesos, ecosistemas y organismos marinos diferentes, con relativamente poco desplazamiento, lo que equivale a un coste económico reducido respecto a las posibilidades de otros países de Europa. Pero no es sólo óptima en cantidad y en pluralidad de ambientes marinos, sino que por su situación geográfica “controla” regiones oceánicas estratégicas como el estrecho de Gibraltar, el golfo de León, el golfo de Vizcaya y diversas zonas de afloramiento de gran interés para la oceanografía mundial. También son importantes para el avance en temas marinos fundamentales como son la circulación oceánica, relación atmósfera/océano, el balance de CO₂, producción primaria, impacto antropogénico, etc., temas candentes para la sociedad actual. Prueba de la particularidad de estas regiones a nivel mundial, es el gran número de expediciones oceanográficas que se realizan en ellas lideradas por instituciones extranjeras. Aún queda un punto más, su situación en latitudes medias convierte a la Península Ibérica en un laboratorio inmejorable para la detección y el seguimiento de transformaciones ambientales provocadas por el cambio climático: aumento de temperatura del mar y su relación con fenómenos meteorológicos, cambios de distribución de los organismos, modificación de los ecosistemas, evolución de especies invasoras, modificaciones de la biodiversidad, variaciones en la morfología costera, etc.

9.1.2. Calidad de los investigadores marinos españoles

En la sección de recursos humanos (5.2.) se indica que el número de investigadores marinos en España era aproximadamente de unos 500 en 1994 y se estima que al menos este número se ha duplicado o triplicado entre 1994 y 2004. Aunque es importante el número (masa crítica), más importante es aún su calidad, productividad y dedicación. Calidad que deriva

de que la mayoría de ellos no sólo han recibido una preparación en la universidad y en los centros españoles de I+D, sino que han seguido esta formación en centros de excelencia internacionales, gracias a las diferentes becas y contratos existentes para posdoctorados en el extranjero y la exigencia de que para conseguir plazas o contratos sea requisito esencial haber estado un periodo de un año o más fuera de España. El resultado son investigadores con un conocimiento profundo de un tema, un adiestramiento en utilización de metodologías innovadoras, una integración a las ciencias y tecnologías marinas en el contexto internacional y unos vínculos de colaboración con especialistas en otros países.

Los jóvenes científicos que retornan del extranjero son, en buena medida, los responsables de la introducción de tecnologías vanguardia en los centros y universidades españolas y que a menudo se sienten frustrados al regresar a nuestro país, no por falta de preparación o de voluntad de innovación, sino por falta de la instrumentación adecuada y la falta de apoyo técnico.

El conocimiento profundo de los temas se observa, por ejemplo, en el gran número de especialistas en taxonomía de organismos marinos, especialistas que son consultados frecuentemente por científicos o instituciones de otros países como expertos, y que lograron que España en el 2002-2003 ocupara el 7ª puesto mundial en número de especies marinas descritas con 192 especies, mientras que USA que era el número 1 describió 570. Otra muestra de este conocimiento se refleja en el impacto de sus publicaciones científicas, hay 58 españoles que se encuentran entre el 1% de los autores más citados en las categorías recogidas en la herramienta de la ISI WoK *Essentials Scientific Indicators* en su especialidad (véase anexo 7.I.). Además, la tasa de aumento en producción científica en ciencias y tecnologías marinas ha sido superior a la del conjunto de producción científica en España, testimoniando la gran productividad de los investigadores españoles en ciencias marinas.

Es de destacar también el porcentaje elevado de documentos realizados en colaboración con autores de distintos centros extranjeros (ver apartado 6.1.), así como su participación en proyectos internacionales, no sólo europeos, donde la participación en proyectos marinos siempre ha sido la mejor de todas las áreas temáticas (ver apartado 5.3.3.), sino también en proyectos de EE.UU., Canadá y Australia. La competitividad de los investigadores españoles en ciencias y tecnologías marinas queda también reflejada en el éxito que han tenido en la consecución de importantes retornos económicos en los Programas Marco de I+D de la UE (véase apartado 5.3.3.).

9.2. Debilidades y amenazas

Los resultados recopilados en el presente documento configuran un panorama satisfactorio en cuanto a la evolución reciente de las ciencias y tecnologías marinas en España, pero también plantean una serie de incógnitas y preocupaciones en cuanto a su futuro. Esta preocupación está fundamentada en que la mayor parte de los indicadores de actividad en ciencias y tecnologías marinas muestra un crecimiento sostenido durante la década de 1990, llegando a un máximo en el cambio de siglo, y mostrando un estancamiento o una tendencia a la caída en el último quinquenio.

9.2.1. Causas

Las causas de estas tendencias son múltiples y ayudan a identificar cuáles son las debilidades de la investigación española en ciencias y tecnologías marinas.

- Perturbaciones en política científica en España. El conocimiento generado por la investigación marina alimenta distintos sectores que implican a los ministerios de Educación y Ciencia, Medio Ambiente, Fomento, Defensa y Agricultura y Pesca. La Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, con su dependencia de Presidencia del Gobierno, realizó una gestión eficiente de esta actividad multi-ministerial. El debilitamiento de sus funciones, con los diferentes ajustes asociados a la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología en el año 2000 hasta llegar a su práctica inactividad, ha debilitado la coordinación de esta investigación y de las infraestructuras que se precisan en el conjunto del Estado. La sectorización de la ciencia con la creación de nuevo del Ministerio de Educación y Ciencia en el año 2004 no se ha visto acompañada de una necesaria reactivación paralela de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología para la coordinación de la investigación científica entre los distintos ministerios.
- Deficiencias de formación de investigadores debidas a la caída de vocaciones científicas en general y en ciencias y tecnologías marinas en particular, el estancamiento de la

capacidad y calidad de las universidades, y políticas obsoletas que dificultan la movilidad, como la política de homologaciones de títulos que generan serios problemas para la incorporación de investigadores españoles formados en otros países o de investigadores extranjeros, incluidos los de la UE, dispuestos a incorporarse a nuestra comunidad científica.

- Deficiencias en el procedimiento de incorporación de personal técnico. Desde que el antiguo Ministerio de Ciencia y Tecnología unificó las escalas de personal técnico (Técnicos de Grado Medio, Ayudantes de Investigación y Auxiliares de Investigación), haciendo que estas escalas fueran comunes a todos los OPIs, la selección de este personal se realiza mediante oposiciones centralizadas a las que los candidatos concurren sin que sus méritos profesionales anteriores tengan valor significativo. Este sistema ignora el alto grado de especificidad que han alcanzado las técnicas científicas y no garantiza que se seleccione a la persona más adecuada para cada plaza concreta. Es urgente establecer carreras profesionales para técnicos especializados, que incluyan procedimientos más racionales para su incorporación.
- El inmovilismo del Plan Nacional de I+D durante la última década, que ha mantenido los modelos de participación ideados en los años 80 (tipos de proyectos, capacidades de gestión, EDPs, etc.), con alguna innovación reciente (proyectos CONSOLIDER tipo c, y CONSOLIDER-Ingenio 2010 en la convocatoria de diciembre de 2005). El mantenimiento de las modalidades de participación y tipos de proyectos sin que éstos se adapten a la progresión de las ciencias y tecnologías marinas durante la década de 1990 supone un freno al impulso inicial. Mientras que las actuaciones de la década de 1980 impulsaron la investigación y la formación, el cambio de la comunidad científica (mayor tamaño, mayor capacidad, mayor vocación internacional) no se ha acompañado de un desarrollo de infraestructuras, acciones para promover el liderazgo e impulsar la participación en grandes programas internacionales, promover el desarrollo de masa crítica en los grupos y reescalar las capacidades de gestión. Las plantillas de funcionarios del Plan Nacional continúan estancadas y son claramente insuficientes. Los procesos de evaluación sólo han mejorado en cuanto a que las solicitudes pueden presentarse telemáticamente. Sin embargo, no existen mecanismos claros para evitar conflictos de intereses en el proceso de evaluación y decisión (ANEP y comisiones del Plan Nacional), como recurrir a evaluadores externos, cosa que hacen los países de nuestro entorno (Portugal, Holanda, Reino Unido, etc.), se relajen las restricciones a la participación (EDPs), o existan incentivos claros para la participación de grupos grandes e interdisciplinares. En el campo de las ciencias y tecnologías marinas, los contenidos del Plan Nacional han mostrado un fuerte inmovilismo en cuanto a líneas prioritarias que básicamente se repiten en el tiempo.
- Pérdida de coherencia y visibilidad de las ciencias y tecnologías marinas en el Programa Marco de la UE y el Plan Nacional de I+D. La creciente fragmentación de las ciencias y tecnologías marinas en el Programa Marco (PM) de I+D de la UE, distribuyéndose en 4 programas en el V PM y en 14 en el VI PM supone una fragmentación que ha

llevado a la ruptura de consorcios de investigación que se habían cimentado en la década de 1990. La desaparición, por movimiento reflejo, del Programa de Ciencias y Tecnologías Marinas en el Plan Nacional de I+D ha tenido un efecto aditivo al anterior, desmembrando estructuras para la investigación en ciencias y tecnologías marinas en el país. Resulta paradójico que España, el país de la UE que mayor dependencia tiene del sector marino, no tenga un programa de investigación en este ámbito, que sí han mantenido países como Portugal, Irlanda, Reino Unido o Noruega.

- Falta de articulación de los planes de investigación en ciencias y tecnologías marinas de las comunidades autónomas. Las comunidades autónomas juegan un creciente papel como actores del sistema español de I+D, y muchas de ellas identifican las ciencias marinas como prioritarias. Sin embargo, muchos de estos programas ejecutan una proporción pequeña de su presupuesto de I+D mediante convocatorias competitivas, adjudicando gran cantidad de los fondos mediante convenio directo. Además, los programas de I+D de las comunidades autónomas no se han articulado entre sí, en contraste con el espíritu del programa ERA-NET, que coordina los programas de investigación propios de los países miembros de la UE.
- La saturación de los buques de investigación oceanográfica. Mientras que la puesta en funcionamiento del *BIO Hespérides* supuso un fuerte impulso de las ciencias marinas en la década de 1990, la falta de previsión de la necesidad de acompañar el crecimiento de la comunidad científica con un aumento de la flota oceanográfica ha llevado al colapso actual. Ello se agravó por la demanda imprevista de tiempo de barco que generó la catástrofe del *Prestige*, a costa de cancelar campañas programadas a bordo del *BIO Hespérides*, y las prolongadas obras de vida media de este buque. La situación actual es de colapso absoluto, siendo habitual que los proyectos de investigación no dispongan de acceso a buques oceanográficos adecuados durante el periodo de vigencia del proyecto. Esta situación, muy preocupante, supone un fracaso del modelo de gestión de buques, derivada de una inadecuada coordinación entre los actores del MEC implicados: el Plan Nacional de I+D, que aprueba los proyectos que se han de realizar a bordo de buques oceanográficos, y la Comisión de Coordinación y Seguimiento de las Actividades de los Buques Oceanográficos (COCSABO), creada por la Orden PRE/583/2003, a quien corresponde, entre otras funciones, la propuesta y coordinación de las actuaciones de carácter científico o técnico realizadas por los buques oceanográficos y la planificación de las campañas de investigación científica. La botadura del *BIO Sarmiento de Gamboa* en enero de 2006 ayudará a desbloquear la situación a partir de la entrada en funcionamiento de este buque en 2008, pero no sin que muchos proyectos hayan quedado mermados por el camino.
- Escaso desarrollo de grandes instalaciones y equipamientos. Las carencias en grandes instalaciones y equipamientos detectadas ya hace 7 años (Delgado *et al.* 1999) no han mejorado. Además de la carencia de buques oceanográficos, nuestro país sigue mostrando una importante carencia en instalaciones esenciales como Centros de Datos,

modernos y eficientes, Estaciones de Investigación Costera y capacidades para realizar investigación en el océano profundo.

- Ausencia de estímulos a la formación de grupos interdisciplinares. Los mecanismos de financiación de la investigación, y los de evaluación de la actividad investigadora, no contienen estímulo alguno plasmado en medidas tangibles para la formación de grupos interdisciplinares y de suficiente masa crítica. Más bien la investigación interdisciplinar se encuentra penalizada al caer en las fronteras entre los paneles de investigación, organizados en torno a temáticas “tradicionales”, donde la investigación interdisciplinar frecuentemente se percibe como ajena a cualquiera de estos paneles.

9.2.2. Debilidades

Todas estas circunstancias han dado lugar a una serie de debilidades importantes:

- *Microliderazgo*, forzado por sistema de promoción, retribución y evaluación que premia la dirección de proyectos (e.g. el programa Juan de la Cierva sólo permite la incorporación de un investigador a cada proyecto de investigación, independientemente del tamaño del mismo), resultando que el tamaño medio de los equipos de proyectos presentados al Plan Nacional sea de 3 investigadores de plantilla, lo que imposibilita la investigación interdisciplinar y la formación de grupos con suficiente masa crítica.
- *Escasa capacidad de liderazgo a escala internacional*. Como consecuencia de la debilidad anterior, la capacidad de liderazgo internacional es reducida e incluso está disminuyendo, como se constata con la caída del 75% en el número de proyectos del Programa Marco 6 de la UE (50% en el porcentaje de proyectos liderados por investigadores españoles). Los incentivos que el Plan Nacional ofrece a la participación en el Programa Marco son escasísimos, perdiéndose oportunidades para promover nuestra participación en el mismo. Por ejemplo, el Programa Marco no financia tiempo de buque, que se ha de asignar desde nuestro país, sin embargo, los proyectos del Programa Marco han desaparecido del calendario del *BIO Hespérides*, que se encuentra colapsado por los proyectos financiados por el Plan Nacional de I+D. En estas condiciones, los investigadores españoles no pueden comprometerse a liderar una investigación que requiera de grandes buques oceanográficos, lo que afecta su posición negociadora en el Programa Marco.
- *Fragmentación de los grupos de investigación*. Los grupos han tendido a disgregarse, dominando los grupos pequeños (< 3 investigadores de plantilla) y disciplinares, que reciben una mayor cantidad de recursos del Plan Nacional que los equipos grandes (> 5 investigadores de plantilla), llegando estas diferencias a que un proyecto de 6 investigadores de plantilla pueda recibir la cuarta parte de la financiación que dos proyectos de 3 investigadores cada uno. Las opciones derivadas de esta política llevan, claramente, a la partición de grupos de investigación en unidades más pequeñas.

- *Déficit de estructuras cooperativas.* No existe una sociedad científica de ciencias y tecnologías marinas, ni existe un colegio profesional de licenciados en Ciencias Marinas, no existe un congreso nacional donde contrastar resultados y establecer colaboraciones, no existen vínculos entre programas de financiación de I+D marina entre las comunidades autónomas o entre ministerios, en lo que la CICYT debiera tener un mayor peso. Las oportunidades derivadas de las convergencias de recursos para la investigación en ciencias y tecnologías marinas en distintos puntos de nuestra geografía no se han aprovechado para crear polos articulados de investigación marina, lo que requeriría coordinar administraciones (estatal y autonómica), actores (OPIS, universidades y empresas privadas), e infraestructuras (e.g. buques oceanográficos). Existen localidades donde convergen multitud de agentes del sistema de I+D en ciencias marinas, como son Vigo, Cádiz, Barcelona y, en menor medida, Gran Canaria. Sin embargo las oportunidades derivadas de coordinar estos agentes se pierden, a diferencia de la tendencia en países de nuestro entorno, que han hecho un esfuerzo de agregación de capacidades en ciencias marinas que han permitido desarrollar y utilizar de forma eficiente las grandes infraestructuras que la investigación en ciencias marinas requiere.
- *Involución y estancamiento de la investigación.* A pesar de que la financiación del Plan Nacional continúa creciendo, la producción científica está decayendo, debido a la conjunción de los factores expuestos.
- *Pérdida de visibilidad.* Como resultado de todo lo expuesto, las ciencias y tecnologías marinas han perdido visibilidad y capacidad de influencia en el sistema de I+D español. Se evidencia también la falta de un plan de divulgación de las ciencias marinas en España que haga llegar su importancia para la sociedad a la educación primaria y secundaria.
- *Estructura desequilibrada de recursos humanos.* El énfasis en programas de formación de investigadores sin que se haya desarrollado una carrera dotada de programas de formación e incorporación parecidos en el ámbito técnico, genera una baja relación personal técnico a personal investigador (en plantilla), muy alejada de la relación óptima 1:1. La política de recursos humanos universitaria sigue estando fundamentada en la docencia y no en investigación, sin que, en general, se desarrollen y aprovechen oportunidades para la incorporación de personal investigador a las universidades.
- *Pobre presencia internacional.* Los científicos marinos españoles muestran una pobre representación en foros internacionales, como comités editoriales de revistas, comités científicos de programas y sociedades internacionales, foros, programas y proyectos de investigación internacionales en relación con el peso de nuestra comunidad científica en el contexto internacional.
- *Déficit en grandes infraestructuras.* La flota oceanográfica es insuficiente y pobremente coordinada. Carencia de Estaciones de Investigación Costera. Carencia de Centros de Datos Oceanográficos modernos. Carencia de capacidades para la investigación del océano profundo. Carencia de Instalación con sistemas computarizados para regular y monitorizar de forma continua en tanques experimentales diferentes parámetros

ambientales. Escasez de grandes equipos modernos (e.g. boyas oceanográficas equipadas, espectrómetros de masa, vehículos operados de forma remota, citómetros de flujo avanzados, detector de masas acoplado HPLC, trípodes bentónicos con sensores). Carencia de equipos de secuenciación de altas prestaciones y plataformas tecnológicas de centros de genómica y proteómica. Escasas capacidades en tecnologías marinas.

9.3. Retos del siglo XXI



A lo largo de la historia, la interacción cultural y económica de la sociedad española con el mar ha sido íntima e intensa. El siglo XX marca un punto de inflexión en esa relación, con el tránsito desde la *mar oceana* capaz de absorber el impacto de cualquier acción humana hasta el sistema a cuidar que impregna nuestra visión actual de los mares. Son diversos e inaplazables los retos que esa nueva percepción social demanda a nuestra investigación marina, y solo señalamos los más importantes a continuación.

9.3.1. La franja costera, una gestión basada en el conocimiento

Esta visión es particularmente necesaria en un contexto en el que la presión ocupacional y de usos turísticos en el recurso limitado que supone la costa se acentúa exponencialmente. La interacción del hombre con el mar es particularmente intensa en la costa, a la cual somete a procesos de destrucción de hábitats y contaminación. Las alteraciones que genera esta presión sobre las funciones ecológicas del sistema costero no están bien caracterizadas y, por tanto, tampoco lo están los umbrales de no retorno que impliquen cambios irreversibles de esos ecosistemas. La dejadez histórica de España hacia la ciencia ha generado esta situación, que se hace insostenible en los albores del siglo XXI, en el que las decisiones de gestión deben estar basadas en el conocimiento de los recursos, especialmente aquellos altamente limitados, como lo es la franja costera.

9.3.2. Las especies explotadas como parte del ecosistema

Es precisamente en esa franja costera donde muchas especies explotadas desarrollan las fases iniciales de su ciclo vital; su deterioro implica, por tanto, un deterioro del mar como productor de recursos renovables. Una gestión responsable de estos recursos no puede inhibirse del hecho evidente de que forman parte de un ecosistema con el que interaccionan y dependen. El conocimiento de estas dependencias e interacciones está por generar, y debiera ser el fundamento sobre el que realizar un uso sostenible de nuestros recursos pesqueros en el siglo XXI.

9.3.3. De la caza a la ganadería

Aún sobre la base de una gestión pesquera basada en el ecosistema, la creciente demanda de alimentos del mar no puede ser satisfecha mediante esta actividad; al igual que la demanda de carne no puede ser satisfecha mediante la caza. La acuicultura ha tenido un importante desarrollo en España a finales del siglo XX. La inercia generada debe potenciarse para facilitar una transición *neolítica* en los alimentos que nuestra sociedad espera obtener del mar. Esa transición debe ser capaz de controlar el ciclo vital de un mayor número de especies y hacer compatible esta nueva ganadería con el respeto a las especies y ecosistemas que ocupan nuestros mares. El sector de la acuicultura es, además, uno en el que nuestro país tiene oportunidad de situarse en un posición de liderazgo internacional.

9.3.4. Cambio global

La sobre explotación mundial de caladeros es una manifestación más de la globalización que marca el inicio de este siglo. El océano es especialmente vulnerable a este proceso porque su naturaleza de sistema continuo transfiere fácilmente las alteraciones en el espacio. Son numerosos los ejemplos de esta vulnerabilidad, algunos como la introducción de especies exóticas por un tráfico marítimo cada más internacionalizado afectan a la biodiversidad de nuestros ecosistemas marinos. Otros, como las alteraciones del nivel del mar que pueden resultar del cambio climático, presentan un panorama de inquietud creciente frente a una población que se acumula en la costa. La ciencia continua desvelando nuevas amenazas asociadas al cambio global, como es la acidificación del océano por el aumento de la concentración de CO₂, cuyo pronóstico y consecuencias es fundamental conocer. El proceso de cambio global está ya afectando a España, y el alcance de sus consecuencias sólo puede valorarse mediante la generación de un conocimiento científico que no está tan desarrollado en nuestro país como en nuestro entorno geopolítico. Es irresponsable vivir de espaldas al conocimiento que precisamos generar para poder convivir con procesos vitales para nuestra generación y las sucesivas.

9.3.5. Riesgos del mar

De alguna forma, el panorama de cambio global nos presenta una imagen más allá de la percepción positiva con la que el hombre suele acercarse al mar, y nos abre la puerta a los riesgos potenciales que encierra. Eventos recientes, como el tsunami en el Océano Índico, nos evidencian tanto la severidad de estos procesos como la necesidad de invertir en conocimiento para prevenirlos. Como país no debíamos esperar la llegada de la desgracia para generar las herramientas de geofísica y oceanografía operacional que nuestra sociedad puede ya permitirse. Suponen una mínima inversión con la que prepararse frente a eventos que históricamente han azotado también nuestras costas.

9.3.6. Valor añadido de la investigación marina

Está claro que, en general, hemos avanzado más en la generación de conocimiento científico que en su transferencia hacia nuestro sector privado para que generen valor añadido. Este diagnóstico general de nuestro sistema es chocante en el caso particular de las ciencias y tecnologías marinas. Al igual que la industria armamentística o la aeroespacial, las ciencias marinas han sido generadoras tradicionales de tecnología a transferir al sector privado. Las estructuras de financiación deben potenciar herramientas que permitan la transferencia desde la excelencia científica, que ya existe en nuestras ciencias y tecnologías marinas, hacia productos de valor añadido. En este sentido, conviene tener en cuenta que un alto porcentaje estos productos emergen de PYMEs más cercanas al concepto de grupo de investigación, sobre el que se articula la investigación marina, que las grandes industrias, que en el caso español suelen estar involucradas en investigación cuando se trata de explotación de recursos.

9.3.7. Estructuración

La obtención de más valor añadido de nuestras ciencias y tecnologías marinas implica también una mejor articulación de los recursos invertidos. Las instituciones y administraciones que financian y/o ejecutan investigación marina en nuestro país son muy diversas. Esta situación refleja nuestra inherente diversidad, pero dificulta la coordinación de esfuerzos para una investigación que precisa infraestructuras muy costosas. Abordar esta falta de estructuración implica esfuerzos de coalición personales e institucionales que deben ser incentivados desde instancias políticas capaces de decidir de forma trans-ministerial (Defensa, Medio Ambiente, Educación y Ciencia...) que en nuestro país está claramente representada por la CICYT.

9.3.8. Divulgación

La Sociedad debe ser consciente del conocimiento generado, y participar de los logros y avances que protagoniza aquella parte de sí misma que se dedica a investigar los mares. El progreso científico avanza con una rapidez tal que la brecha entre éste y la sociedad que lo sostiene puede abrirse en el tiempo. Hacer angosta esa brecha es una responsabilidad de la comunidad científica y del conjunto de la sociedad. Debe implicar a instituciones y agentes sociales con capacidad para divulgar aquello que sus científicos son capaces de evidenciar para algo tan intrínseco a nuestra historia, cultura y economía como es el mar.

10

Recomendaciones



Sala de cultivos marinos. (S. Zanuy)

Las deficiencias identificadas en las secciones precedentes requieren de acciones efectivas cuyo retraso podría conducir a una consolidación de los síntomas de agotamiento de la investigación en ciencias y tecnologías marinas en España. Es, pues, urgente adoptar medidas encaminadas a reactivar este importante ámbito de investigación para un estado eminentemente marítimo como España. Entre estas medidas recomendamos, las detalladas a continuación.

- Impulsar estructuras cooperativas que faciliten la coordinación entre agentes de financiación de investigación marina (administraciones central y autonómica y fundaciones privadas), agentes encargados de ejecutar la investigación marina en España (como OPIS y universidades), grupos de investigación, investigadores (e.g. sociedades científicas; congresos regulares para comunicar resultados), y crear un colegio profesional con capacidad de influencia que aúne a los licenciados en Ciencias del Mar con otros licenciados e ingenieros que desarrollen su actividad profesional en el campo de las ciencias y tecnologías marinas.
- Incentivar, mediante la revisión de políticas de asignación de recursos, la creación de grupos de investigación de masa crítica suficiente y con capacidad multidisciplinar, tanto dentro de las universidades y OPIs como entre ellos. Dotarlos de medios suficientes (financiación, asignación de becas de postgrado y predoctorales así como de contratos para personal técnico de apoyo a la investigación), ya que los equipos grandes reciben entre 3 y 6 veces menos recursos en relación a su tamaño que los proyectos integrados por tan sólo 2 a 4 investigadores a dedicación plena.
- Fomentar, incentivándolo, el liderazgo de investigadores españoles en ciencias y tecnologías marinas a nivel nacional y, particularmente, internacional, especialmente en el entorno europeo.
- Crear un Panel de Expertos en Ciencias y Tecnologías Marinas en España, seleccionados de acuerdo a indicadores objetivos de excelencia, que funcione como interlocutor entre la comunidad científica y el poder político, tanto a nivel nacional como autonómico.
- Crear un Observatorio Español de Ciencias y Tecnologías Marinas, que mantenga una labor de prospectiva, como la que se ha intentado en esta memoria, sostenida en el

tiempo, generando indicadores de actividad accesibles (a través de un Portal de las Ciencias Marinas en España) a todos los interesados. Actuaría como punto focal desde el cuál fluiría la información entre los distintos agentes sociales implicados en el sector marino y la comunidad científica.

- Desarrollar estructuras eficientes de coordinación y planificación de grandes instalaciones (buques oceanográficos, estaciones de investigación costera, centros de datos, instalaciones e instrumentaciones demasiado complejas y costosas para ser utilizadas eficientemente por un solo centro) abiertas a toda la comunidad de investigación en I+D marina, y que sean gestionadas de forma profesional, de manera que resuelvan el déficit actual.
- Crear una plataforma de apoyo a la participación española en el Programa Marco de la UE, con profesionales que conozcan la estructura del VII Programa Marco, alerten y orienten a los investigadores sobre las convocatorias que mejor se adecuan a sus objetivos y capacidades, les asesoren y ayuden en la preparación de propuestas, y les presten ayuda en la coordinación y gestión de los proyectos que consigan coordinar. Con una inversión en torno al 1% de la que se recibe del Programa Marco en ciencias marinas sería posible aumentar los retornos en esta disciplina en al menos un 30%.
- Articular una política transparente de impulso de la presencia española en los foros internacionales temáticos de ciencias del mar, como la COI (Comisión Oceanográfica Internacional) de la UNESCO, en las comisiones de negociación del Programas Marco Europeo y en los grandes programas internacionales en ciencias y tecnologías marinas.
- Generar capacidades de formación competitivas en el nuevo Espacio Europeo de Investigación, a través de la coordinación de programas de postgrado en ciencias del mar en un programa europeo de excelencia.
- Diseñar un Plan de Actuación para la Igualdad de Género que consiga superar las dificultades específicas de la actividad investigadora en ciencias y tecnologías marinas (campañas prolongadas a bordo de buques oceanográficos, etc.) que cortapisan, tanto la incorporación como la promoción de las mujeres que se están formando como investigadoras a las plantillas de los organismos de investigación.
- Concienciar e incentivar a la comunidad científica sobre la importancia de implicarse en tareas de difusión y de presencia en la sociedad de la labor de investigación y formación en Ciencias del Mar.

Las Ciencias y Tecnologías Marinas en España ofrece una visión multidimensional, basada en un gran número de datos e indicadores, del estado actual de esta disciplina en nuestro país, así como del ritmo de progresión en los distintos componentes de esta actividad. Este libro está dirigido a un colectivo diverso de lectores, incluyendo profesionales de este ámbito, profesionales de la gestión de I+D en España, responsables de la formación universitaria y el público interesado en general. Los datos ofrecidos perfilan las ciencias y tecnologías marinas en España como un campo que ha alcanzado en nuestro país un elevado estado de desarrollo, excelencia y proyección internacional, pero muestran, a la vez, preocupantes síntomas de agotamiento del rápido impulso que esta actividad experimentó en la década de los 90. El diagnóstico de debilidades y fortalezas junto con las recomendaciones que los autores destilan del mismo aportan claves que podrían permitir recuperar el impulso necesario para situar esta actividad al nivel de excelencia que la dependencia de la sociedad española del océano y los servicios que éste reporta y requiere.

Las Ciencias y Tecnologías Marinas en España

