

Investigaciones bajo el mar. Experiencias geofísicas

Por CARLOS PALOMO PEDRAZA

El Departamento de Geología Marina del Instituto Español de Oceanografía, realizó durante los años 1980, 1981, 1982 y 1983 el proyecto "Hércules" en el Estrecho de Gibraltar. Consistió dicho proyecto en la realización cada año de una campaña de geofísica marina en zonas específicas del Estrecho, hasta completar el área comprendida entre los meridianos de Cabo Trafalgar por el Oeste y Punta Almina por el Este.

Más de 4.000 km. de perfiles geofísicos fueron realizados durante este período utilizándose para ello sistemas de radioposicionamiento, sísmica continua por reflexión en la gamma Sparker de 1.000 a 8.000 Julios, Uniboom, Sub-bottom profiling de 7 a 3 KHz., sonar de barrido lateral, magnetómetro marino de protones y ecosonda de rayo estrecho.

La experiencia adquirida a lo largo de la realización de estos trabajos, nos permite calificar la zona especialmente difícil en la obtención de información geofísica válida, tanto para llegar a un conocimiento tectónico y estratigráfico para fines puramente científicos como para propósitos específicos de obras civiles.

INTRODUCCION

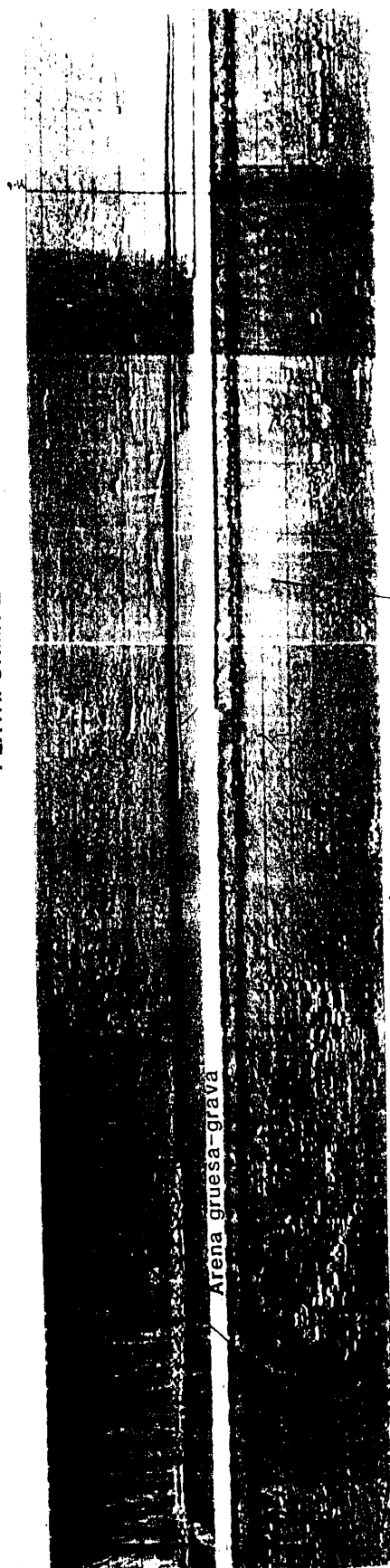
El Estrecho de Gibraltar ha sido una zona hasta cierto punto abandonada, pese a la importancia científica que el conocimiento de su génesis y evolución representa para el conocimiento de la interacción de las placas europea y africana, apertura y cierre del estrecho en tiempos recientes, rotación de la península ibérica, impacto en el mar Mediterráneo, sismicidad de la zona, etcétera.

Los primeros estudios específicos publicados sobre esta zona (Seco Serrano, Hernández Pacheco y Gierman, 1961) dadas las limitaciones tecnológicas de la fecha en que se realizaron, así como el haberse efectuado a partir de datos batimétricos con la tecnología de entonces, resultan demasiado esquemáticos y extrapolados.

Los pocos trabajos realizados posteriormente en la zona han sido muy restringidos, tanto en el espacio como en la difusión, al perseguir éstos objetivos militares o económicos.

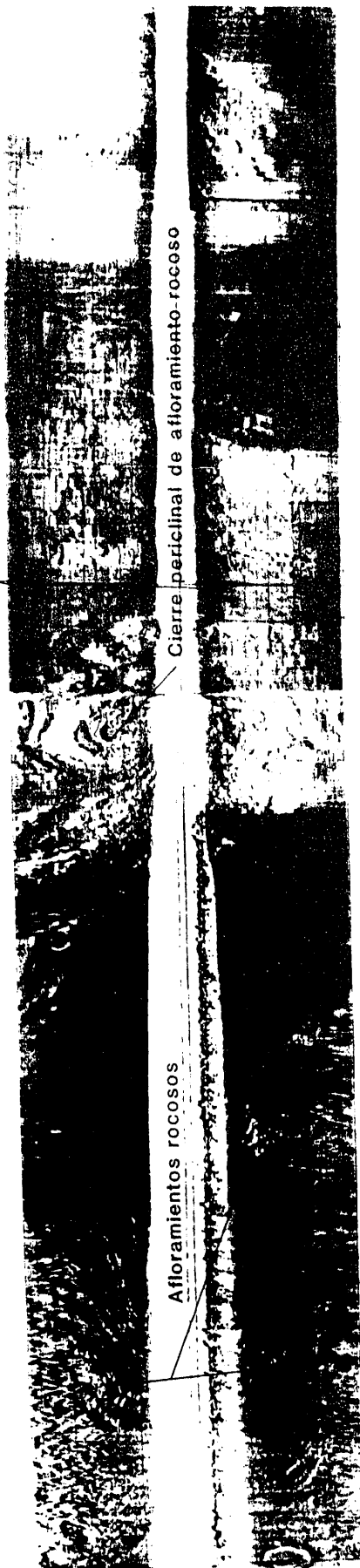
En consecuencia la puesta en marcha del proyecto «Hércules» por parte del Departamento de Geología Marina del Instituto Español de Oceanografía, es quizá el primer intento con entidad de los últimos años para conseguir una recopilación directa, detallada, conjunta y completa de todos los datos posibles, dentro de nuestras limitaciones, respecto a las características geológicas del Estrecho de Gibraltar, que puedan utilizarse como documento base de trabajo, tanto en el actual proyecto de enlace permanente entre Europa y Africa, como en trabajos de conocimiento puramente científico.

PLATAFORMA ESPAÑOLA (P. Camarina)



Arena

E: 150 m



PLATAFORMA MARROQUI (P. Malabata)

Perfiles side-scan-sonar. España y Marruecos.

El presente artículo no pretende hacer una exposición de las conclusiones y resultados obtenidos durante estos cuatro años, ya que aquel que tuviere especial interés en ello, puede encontrarlos en las publicaciones realizadas en el Instituto Español de Oceanografía. Nuestro propósito es exponer y comentar someramente las circunstancias y características de la zona, con respecto a su comportamiento en la utilización de ciertas técnicas geofísicas de exploración marina.

El interés del personal participante en estos trabajos, así como el esfuerzo operativo realizado por el Instituto Español de Oceanografía, han sido en todo momento complementados con la colaboración eficaz de las personas y medios de la Empresa Nacional SECEGSA.

MATERIAL Y METODOS EMPLEADOS

Las características específicas de la zona de trabajo, así como la entidad de los objetivos a perseguir, hicieron de todo punto necesario, la utilización de un sistema de navegación continuo y preciso. A este fin se utilizó un sistema de radioposicionamiento, con dos emisoras esclavas en tierra, colocadas en puntos elegidos de coordenadas geodésicas conocidas y cuyas emisiones circulares ofrecieran intersecciones en la zona de trabajo lo más perpendiculares posibles, con el fin de evitar indeterminaciones en el procesado de la información por la emisora móvil de a bordo. Esto permitió un posicionamiento continuo en tiempo real, con una indeterminación no superior a diez metros.

Desgraciadamente, las características topográficas del fondo y las presumibles alineaciones tectónicas de la zona, obligaron a navegar fundamentalmente en dirección Norte-Sur, con un espaciado entre perfiles de 200 a 300 metros, con lo que los problemas de corrientes, viento y tráfico marítimo se hicieron sentir, derivando los sensores arrastrados por la popa al Este o al Oeste según el sentido de la marcha, y afectando la uniformidad de la velocidad y rumbo con objeto de evitar riesgos de colisión con el abundante tráfico de la zona.

La topografía del fondo se manifestó com-

pleja y muy accidentada, lo que obligó a utilizar ecosondas especiales de rayo estrecho, pues las normalmente usadas de 20°, ofrecían una indeterminación en los fondos de grandes pendientes y surcos estrechos, que no permitían el conocimiento real de la fisografía del fondo.

La técnica «reina» utilizada durante todas las campañas fue la sísmica continua por reflexión, con energizador tipo Sparker de tres o nueve electrodos según se trabajase a más o menos de 4.000 julios. La información fue recogida directamente de los hidrófonos en soporte magnético y en registradores de papel una vez filtrada en las escalas de medio y un segundo simultáneamente.

Al mismo tiempo, se realizó la prospección geomagnética de la zona con un magnetómetro marino de protones, llevándose remolcado por la popa el sensor a una distancia equivalente a tres esloras del barco.

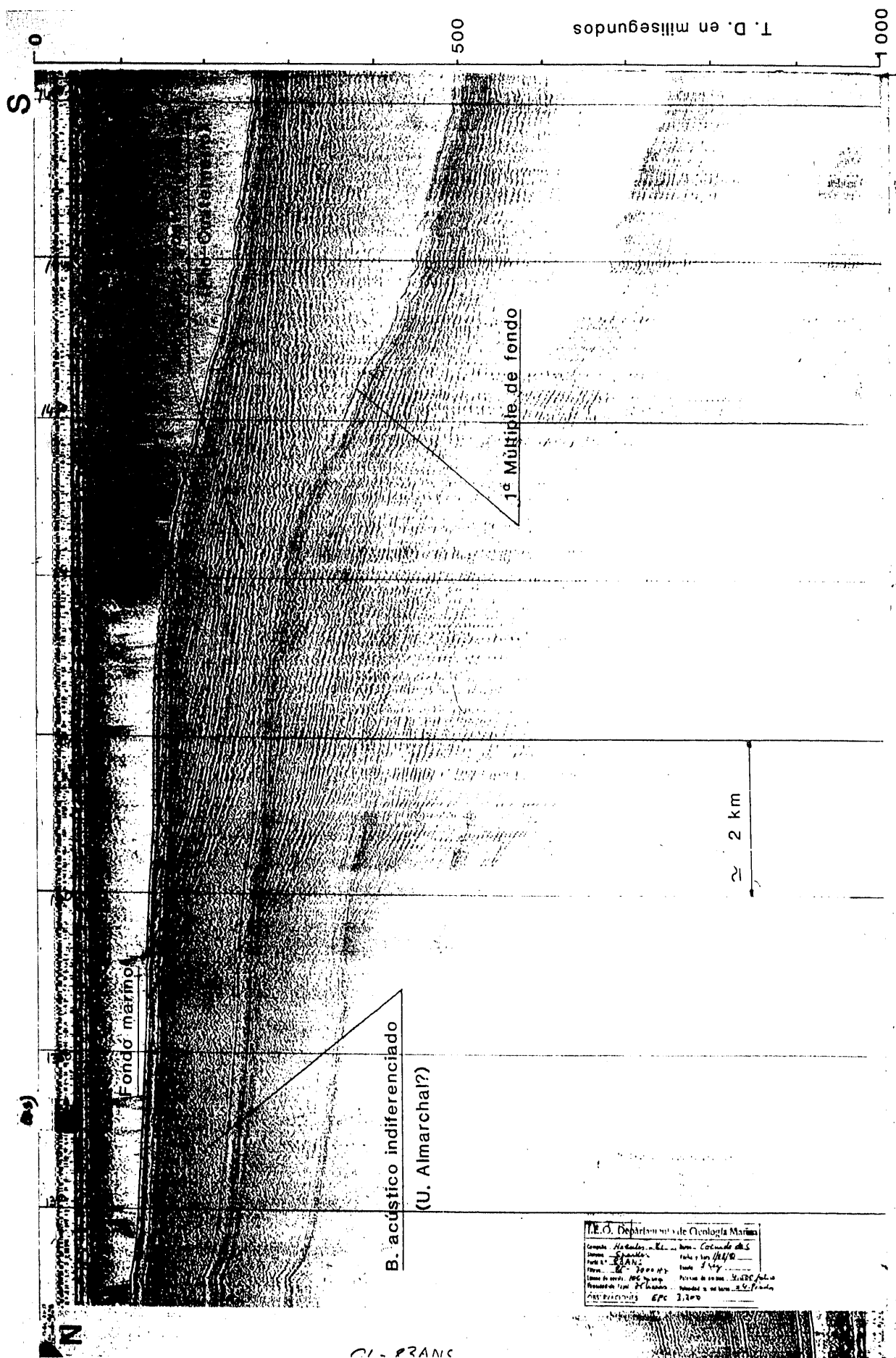
Simultáneamente a los trabajos en la mar estuvieron funcionando en tierra, unas veces en Marruecos y otras en España, estaciones magnetométricas con el fin de corregir los datos obtenidos de las variaciones nocturnas y diurnas, así como de las tormentas magnéticas que tuvieron lugar durante la realización de las campañas.

Con objeto de conocer la existencia y espesor de los sedimentos finos no consolidados, se utilizó en continuo, remolcado por el costado de estribor, el transducer del sub-bottom profiling, trabajando a una frecuencia de 3,5 KHz.

Por último, y en las zonas de la plataforma continental, donde la información obtenida previamente aconsejaba su uso, se realizaron perfiles de sísmica de alta resolución (Uniboom), así como de sonar de barrido lateral.

RESULTADOS

Con una navegación de precisión en continuo que suministraba información a la unidad de cálculo microprogramada de a bordo y un ecosonda de rayo estrecho con digitalizador de profundidad incorporado, se realizó la batimetría de la zona. No obstante, debe dejarse constan-



Perfil 83 A. Sparker 4.500 J. Plataforma española.

cia de que el espíritu perfeccionista que animaba al equipo de trabajo se vio frustrado por las características tan especiales del área de trabajo, que no permitieron hacer las correcciones de velocidad de sonido en el agua, por la complejidad y variabilidad en el tiempo y en el espacio de las masas de agua que se atravesaban. También hubo serios problemas con la corrección de mareas, al tener éstas grandes indeterminaciones según el área en que se trabajaba y especialmente al pasar de una a otra costa del Estrecho.

Con respecto a los datos conseguidos con la sísmica continua por reflexión hay que señalar la pobreza de información suministrada, excepto en el Neógeno marginal, dada la conjunción verdaderamente anormal de diversos e importantes factores adversos, que se dan en la zona tales como:

- La irregular navegación en velocidad y rumbo debida al tráfico marítimo, así como al efecto de las fuertes corrientes y vientos perpendiculares a la dirección de trabajo.
- Las especiales características topográficas del fondo, pues sus fuertes pendientes e irregularidades impiden obtener buenas reflexiones, lo que hace que la información sea escasa y dudosa.
- El tipo de material que constituye el fondo marino, el cual presenta unas características acústicas indefinidas, con ausencia de reflectores internos utilizables para su interpretación estratigráfica o tectónica.

Como consecuencia de esta acumulación de adversidades, el gran esfuerzo realizado de más de 4.000 km. de perfiles que en una zona «normal» habrían dado un alto nivel de conocimiento objetivo, ha suministrado hasta la fecha una información útil, pero laboriosa y en ocasiones la interpretación de la información al no ser buena, ha debido ser hecha con criterios marcadamente subjetivos.

En cuanto a la exploración geomagnética, la información obtenida muestra una zona bastante tranquila, en la que el campo geomagné-

tico no presenta en principio perturbaciones importantes que permitan deducir irregularidades significativas en la estructura profunda.

No obstante, y como no podía ser menos, esta tecnología también tiene problemas en la zona de trabajo. El efecto perturbador de la proximidad a costa en los sensores geomagnéticos, lo tenemos continuamente presente por las características del área y para mayor desgracia, se detectó unas variaciones anómalas en el valor total del campo, al cambiar el sentido de los perfiles de dirección Norte-Sur, anomalía que se atribuyó al efecto de inducción de las corrientes sobre el sensor y que para mayor dificultad, este efecto no parece ser constante.

La sísmica de 3,5 KHz. no tuvo problemas de su realización, pero desgraciadamente, como era de esperar, no se encontraron muchas zonas en el Estrecho con existencia de sedimentos finos no consolidados.

También los perfiles experimentales realizados en la plataforma continental con sísmica de alta resolución (Uniboom), no parecen cambiar la tónica general de precariedad de información, aunque la limitación de estas experiencias, debido a la falta de idoneidad del barco, por demasiado grande, para acercarse mucho a costa, hace que se mantenga todavía el interrogante de las posibilidades de esta tecnología por su mayor resolución y diferentes frecuencias de trabajo.

Finalmente, las pruebas realizadas con sonar de barrido lateral proporcionaron la experiencia de su gran dificultad y peligrosidad en su realización, pero mostraron unas sonografías del fondo de buena calidad, que hizo pensar en la posibilidad de utilizar esta tecnología, junto con otras complementarias en la realización de la cartografía geológica de las plataformas continentales.

CONCLUSIONES

De los trabajos realizados durante los cuatro años del proyecto «Hércules» se han obtenido informaciones únicas y valiosas en cuanto a metodología operacional, batimetría, estratigrafía,

tectónica, geomagnetismo, etc. (Trabajo Instituto Español de Oceanografía, núm. 43-1983). No obstante, los resultados han sido muy inferiores en lo que se esperaba del esfuerzo realizado, debido a las características intrínsecas de la zona que hacen que la podamos definir como complicada, peligrosa y muda.

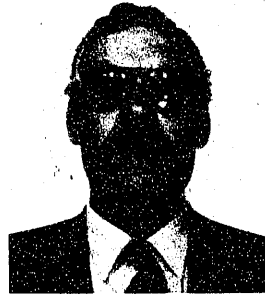
La vuelta al trabajo en la zona, con las mismas tecnologías no es recomendable.

En consecuencia, en la actualidad se están realizando estudios para encontrar nuevas tecnologías utilizables para estos fines, así como para modificar las anteriormente empleadas, con objeto de elevar la calidad de la información existente.

Dos son fundamentalmente, aparte de las operacionales, las dificultades que hay que vencer, para obtener una aceptable respuesta sísmica, la atornetada topografía y la escasa señal sísmica reflejada por los materiales del fondo.

La primera dificultad puede ser atacada con sistemas sísmicos con energizador e hidrófonos próximos al fondo marino. La segunda, por medio de fuentes energizadoras capaces de proporcionar un variado espectro de frecuencias y el tratamiento posterior de la señal recogida con las más evolucionadas técnicas de procesado de la información aplicadas a este caso específico.

Carlos Palomo Pedraza



Se licenció en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense. Posteriormente obtuvo una beca de la UNESCO para especializarse en Geología Marina en la Smithsonian Institution, Washington DC, y en Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Mass., participando también en los cursos sobre Oceanografía del Massachusetts Inst. of Technology (MIT). Ha sido,

durante cinco años, profesor de Geología marina de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense.

Hasta la fecha ha realizado más de cuarenta campañas oceanográficas nacionales y extranjeras, la mayoría de ellas como jefe científico, así como decenas de publicaciones, artículos y conferencias sobre la especialidad.

Ha sido, varias veces, investigador principal en proyectos conjuntos hispano-norteamericanos de investigación oceanográfica.

Posee una gran experiencia en la realización de trabajos para obras civiles en el mar por su participación en proyectos tales como el gasoducto Argelia-España, instalación de centrales nucleares en la costa, construcción y dragados de puertos, protección del litoral, etc.

Miembro de la delegación española en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, participó en las negociaciones para la delimitación de los fondos marinos de España con los países adyacentes.

Es miembro de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica, de la Comisión Nacional de Geología y representante nacional en el Scientific Committee on Oceanic Research del ICSU. Asiste normalmente como delegado a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental como delegado a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de UNESCO y a la CIESM de Mónaco, de la que es miembro del grupo de expertos para la realización del «Estudio Piloto del Margen Continental».

En la actualidad es oceanógrafo, por oposición, del Instituto Español de Oceanografía y Jefe del Departamento de Geología Marina del mismo.
