

## LA OCEANÓGRAFA ÁNGELES ALVARIÑO (1916-2005): DESDE GALICIA PARA EL MUNDO<sup>1</sup>

Juan Pérez-Rubín Feigl

*Dr. Oceanógrafo. Científico Titular.*

*Centro Oceanográfico de Málaga del Instituto Español de Oceanografía.*

*Correspondencia: jprubin@ma.ieo.es*

### Resumen

Esta bióloga gallega inició su carrera investigadora en el Instituto Español de Oceanografía (1948) y disfrutó de becas en Inglaterra y EEUU. Trabajó en prestigiosos laboratorios costeros de California y se especializó en la nascente especialidad de oceanografía biológica, convirtiéndose en experta mundial de varios grupos del zooplankton útiles como bioindicadores. Describió 22 nuevas especies y publicó cerca de un centenar de artículos entre 1951 y 1999, con varios de ellos citados ininterrumpidamente cada año en la literatura científica internacional. Podemos considerarla la primera científica española de relevancia mundial, al ser la única incluida en la *Encyclopedia of World Scientists* (Oakes, 2007).

Aportamos una renovada visión global de sus múltiples investigaciones en diferentes mares y océanos, con una selección de sus propios textos e imágenes técnicas que nos permiten explicar la evolución de sus contribuciones y pueden ser útiles para comprender las marcadas diferencias entre biología marina y oceanografía biológica.

**Palabras clave:** Alvariño, oceanógrafa, pionera, plancton, Galicia, España.

---

<sup>1</sup> Esta contribución está basada en la conferencia *Ángeles Alvariño (1916-2005): la primera oceanógrafa gallega*, pronunciada por el autor en el marco del “Día da Ciencia en Galicia 2015–Ángeles Alvariño”, RAGC, 1 Junio 2015. La ampliación de la información que aportamos entonces sobre la vigente relevancia mundial de sus investigaciones nos ha permitido actualizar el título y enriquecer el contenido en los últimos meses.

## Summary

Ángeles Alvariño biologist, born in Galicia, began her research career at the Spanish Institute of Oceanography (1948) and enjoyed fellowship in England and the US. She worked in prestigious laboratories in California coast and specialized in the emerging biological oceanography, becoming a global expert of several groups of zooplankton useful as bioindicators. She described 22 new species and published nearly one hundred articles between 1951 and 1999, several of them continuously cited in the international scientific literature. We can consider like the first Spanish science women of global significance, being the only one included in the *Encyclopedia of World Scientists* (Oakes, 2007).

We provide a renewed global vision of her investigations in different seas and oceans, with a selection of her texts and technical images, that allow us to explain the evolution of their contributions and may be useful to understand the marked differences between marine biology and biological oceanography.

**Key words:** Alvariño, oceanographer, pioneer, plankton, Galicia, Spain.

## ÁNGELES ALVARIÑO Y SU MUNDO: EL REINO DEL PLANCTON MARINO



**Figura 1.** Retrato de Ángeles Alvariño González (1916-2005) por Eulogia Merle [2014, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT].



**Figura 2.** Antiguas cromolitografías del italiano G. Mercuriano mostrando una selección de la diversidad de criaturas marinas, mayoritariamente diminutas, que vagan a la deriva a merced de las corrientes y forman parte de la comunidad planctónica.

### **Ángeles Alvariño González (Ferrol, 1916–2005, California)**

Era hija del médico Antonio Alvariño Grimaldos y de María del Carmen González Díaz-Saavedra. Se casó en 1940 con el marino militar Eugenio Leira Manso (1907-2006). Ubicada profesionalmente en la 2ª generación de oceanógrafas españolas, inició su carrera investigadora en el Instituto Español de Oceanografía (IEO) en 1948, en cuyas publicaciones de los años cincuenta aparecieron sus primeros trabajos. Abarcando éstos diferentes áreas geográficas, se centraron mayoritariamente en el plancton y en las pesquerías. Durante su estancia en el IEO disfrutó de becas en Inglaterra (Marine Biological Laboratory, Plymouth) y EEUU (Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts). Continuaría en ese último país su carrera profesional, trabajando en otros prestigiosos centros de investigación en California [Scripps Institution of Oceanography (1958–1969) y Southwest Fisheries Center (1970–1987)]. Dirigió sus investigaciones hacia la naciente oceanografía biológica, y se convirtió en experta mundial de diferentes grupos del zooplancton marino, tanto en sus aspectos taxonómicos, como biogeográficos y de aplicación a las pesquerías. Particularmente interesada en los grupos depredadores (quetognatos, sifonóforos, hidromedusas y ctenóforos), demostró la importancia de bastantes especies como indicadores de masas de agua concretas. Describió un total de 22 nuevas especies, fruto del paciente análisis al microscópico de muestras biológicas procedentes de lugares muy distantes, tanto a nivel oceánico (Atlántico, Antártico, Pacífico e Índico), como recogidas en determinadas áreas más restringidas, tales como los mares de Cortés (Méjico) y del Sur de China, los golfos de Siam y de Tailandia, etc. Publicó cerca de un centenar de artículos en reputadas revistas españolas, norteamericanas y sudamericanas; así como monografías y capítulos de libros. Participó activamente en 29 congresos de variadas temáticas, principalmente desarrollados durante el quinquenio de 1975–1979. También se interesó por las históricas expediciones científicas españolas, sobre las que la Xunta de Galicia le publicó un libro en 2002.

Desde 1976 realizó estancias, como profesora asociada o visitante, en las universidades Autónoma de Méjico y de San Diego, así como en el Instituto Politécnico mejicano. Tras jubilarse pasó a la categoría de científico emérito en 1987, y pudo continuar con sus investigaciones.

Se demostró el importante impacto y marcada continuidad de Alvariño en la bibliografía internacional (Pérez-Rubín y Wulff, 2011), con una media en torno a 9 citas anuales continuas para el período analizado (1964–2008). Las 387 citas contabilizadas (excluyendo las autocitas) se reparten en diferentes aspectos relacionados con las especies predadoras del plancton y su incidencia sobre los huevos y larvas de peces. Dicho análisis cuantitativo fue

determinante para que el director general del IEO decidiera bautizar con su nombre al nuevo buque oceanográfico *Ángeles Alvariño*, que entró en servicio al año siguiente.

Igualmente, varios colegas han inmortalizado su apellido incluyéndolo en la nomenclatura de especies planctónicas recién descubiertas, como el que-tognato *Aidanosagitta alvarinoae* (Pathansali, 1974) y la hydromedusa *Lizzia alvariñoae* (Segura, 1980). Esta última dedicada por su discípula mejicana María-Lourdes Segura (1943–2008).

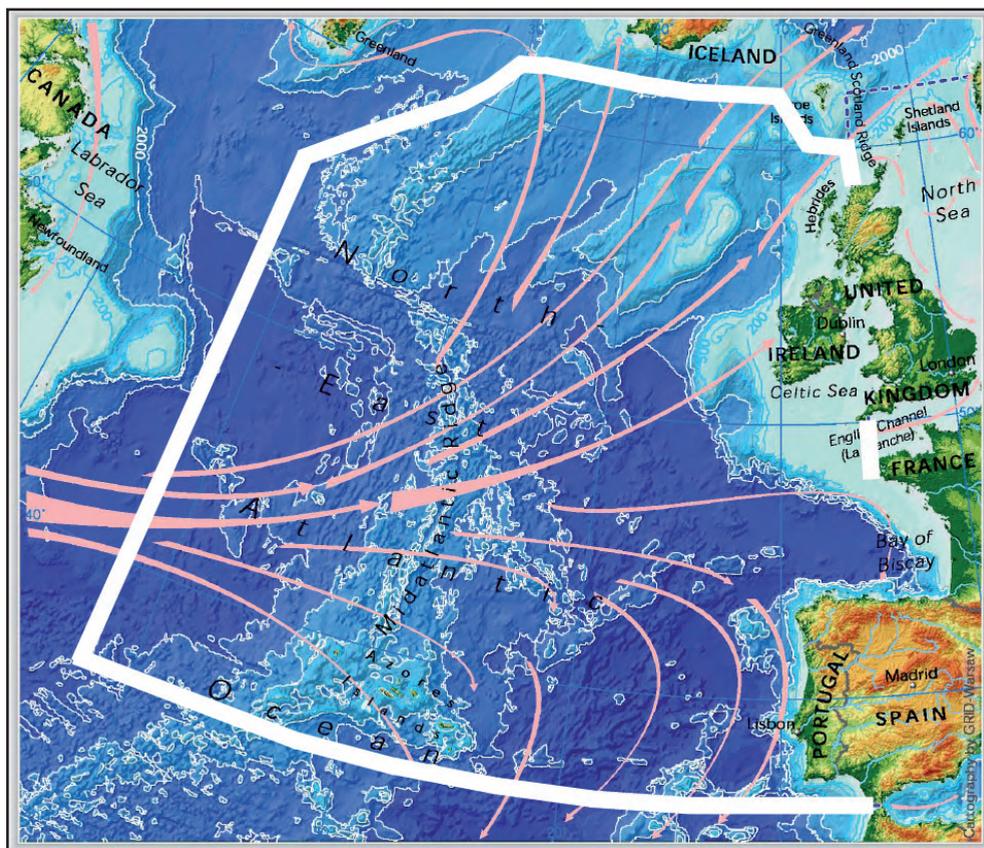
## Introducción

La Agencia Europea de Medio Ambiente (European Environment Agency) ha delimitado la región biogeográfica conocida internacionalmente como *The North-east Atlantic Ocean* (Johnsen et al., 2010), que se extiende ininterrumpidamente hacia el Norte desde las aguas peninsulares del estrecho de Gibraltar, abarcando todo el golfo de Vizcaya y el mar Céltico, ampliándose hacia el Oeste hasta las aguas oceánicas más influenciadas por la corriente del golfo de Méjico. Desde Galicia se han impulsado diferentes actividades a lo largo de los últimos siglos que han contribuido, directa o indirectamente, al mejor conocimiento de dicha importante región biogeográfica, tanto en sus aguas costeras o litorales como en las de mar abierto. Sirvan como ejemplo el conocimiento de las corrientes y vientos oceánicos por los navegantes del siglo XVI que ya establecieron la comunicación con los puertos de Irlanda siguiendo la peligrosa ruta directa desde Finisterre, descrita por el catedrático Andrés de Poza en 1585<sup>2</sup>; junto con la valiosa información de interés pesquero contenida en la *Descripción del Reyno de Galizia* del licenciado Juan de Molina (1550), magistral de Mondoñedo. Más divulgadas han sido las investigaciones del ilustrado José Cornide de Saavedra sobre la fauna marina y la pesca, que se extendieron en el siglo XVIII desde las Rías hasta el golfo de Cádiz, coincidiendo en esa área andaluza con los estudios sobre la pesquería de atunes del benedictino Martín Sarmiento<sup>3</sup>. Incluso la rica y fiable información sobre meteorología oceánica consignada en los libros de navegación de los buques correo de la ruta Coruña-La Habana-Coruña (1764-1769) ha servido a científicos del siglo XXI para reconstruir la dirección media del viento en todo el Atlántico Norte durante ese periodo (García Herrera et al., 2003).

---

<sup>2</sup> Poza (1585). Leemos en el Libro II, página 108 (*De los braceajes de la costa de Irlanda para quien va de España*): *Sabe que una nao que parte de Finisterre y quiere ir en busca del Cabo Viejo [de Irlanda], corre 100 leguas al Norte, despues toma la cuarta del Nordeste [...]*.

<sup>3</sup> Su manuscrito *De los atunes y de sus transmigraciones, y Conjeturas. Sobre la Decadencia de las Almadrabas; y sobre los Medios para restituirlas*. Véanse López Capont (1997) y Regueira (2009).



**Figura 3.** Delimitación de la región biogeográfica *The North-east Atlantic Ocean* (<http://www.eea.europa.eu>).

Mientras tanto las mujeres del litoral gallego y de la cornisa cantábrica se dedicaban, en su hogar y fuera de él, a “las labores propias de su sexo”: las variadas y siempre duras tareas reservadas para ellas (marisqueo, recolección de algas, venta de pescado, operarias en las fábricas de salazón y conservas, etc.). Fue un lento y difícil proceso evolutivo hasta que las dos primeras mujeres con estudios medios se convirtieron en colaboradoras de investigación en la Estación de Biología Marina de Santander entre finales del siglo XIX y principios del siguiente: Luisa de la Vega y Wetter (1862-1944, pionera del dibujo científico de especies marinas) y Josefa Sanz Echeverría (1889-1952, la primera ayudante técnica de Laboratorio biológico marino). Varias décadas después jóvenes estudiantes universitarias acudían a los cursos de verano en la gallega Estación de Biología de Marín, de vida efímera (1932-1935). A todas ellas las recordamos en el homenaje gráfico elaborado para la figura 4,

donde se representa la transformación socioeconómica que consiguió apartar a las mujeres de la costa de sus habituales tareas profesionales ligadas al sector pesquero-marisquero para ir incorporándose, muy lentamente, a otros trabajos más cualificados dentro del campo de la investigación en ciencias marinas. No olvidemos que hasta 1910 no se consiguió la plena admisión de las mujeres en las universidades españolas (Ausejo y Magallón, 1994)<sup>4</sup>, un importante logro que debió impulsar la condesa de Pardo Bazán desde su reciente cargo de consejera de Instrucción Pública. Quien también fue amiga personal del príncipe de los oceanógrafos: Alberto I de Mónaco, cuyas históricas visitas a Galicia se han documentado en los últimos años (Concello da Coruña, 2009<sup>5</sup> y Fraga, 2014).



**Figura 4.** Una muestra de la lenta evolución sociolaboral de las mujeres de las costas gallegas y del Cantábrico desde el sector primario hasta el centro de investigación marina (Josefa Sanz Echeverría, 1889-1952). Visita del príncipe de Mónaco a E. Pardo Bazán [archivos del autor y del Centro Oceanográfico de Santander del IEO, Fraga (2014)].

<sup>4</sup> En la Tabla I de esas autoras comprobamos como en la Universidad de Santiago el porcentaje de mujeres en los cursos de 1929-1930 (6,9 %) y 1932-1933 (7,8 %) superaba a la media nacional (6,1 y 7,4 % respectivamente).

<sup>5</sup> *Historia do príncipe e a sardiña*. Exposición producida por los Museos Científicos Coruñeses en colaboración con el Museo Oceanográfico de Mónaco y con la participación y patrocinio del Museo do Mar de Galicia. Se imprimió un catálogo con motivo de la exposición en el Aquarium Finisterrae.

De gran trascendencia había sido la fundación en 1906 de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, que durante su existencia pensionó en el extranjero a cerca de 2.600 jóvenes universitarios españoles de ambos sexos, representando las mujeres un exiguo 15,6 % (Magallón, 2010).

Igualmente resultó decisiva la creación del Instituto Español de Oceanografía (IEO, 1914) –un par de años antes del nacimiento de Ángeles Alvariño– por el biólogo Odón de Buen y del Cos (1863-1945), basándose en los Laboratorios costeros existentes en Santander, Mallorca y Málaga. Se estableció la sede central del organismo en Madrid y sucesivamente se inauguraron otros centros de investigación en San Sebastián (fundado originariamente por la Sociedad Oceanográfica de Guipúzcoa), Vigo (1917), Las Palmas de Gran Canaria (1927), etc. Al IEO se fueron incorporando las primeras investigadoras marinas del país (licenciadas en biología, química o farmacia) y una de ellas consiguió una temprana beca en EEUU<sup>6</sup>. Ángeles Alvariño pertenecerá a la segunda generación de oceanógrafas españolas y desarrolló la mayor parte de su dilatada vida profesional en el extranjero.

Precisamente durante la etapa fundacional del Instituto estaba consolidándose en España la denominada “Generación del 14”, liderada por José Ortega y Gasset, de la que formaron parte notables científicos, pensadores, historiadores y escritores nacidos en torno al año 1880 y que alcanzaron su madurez hacia 1914. Su propósito fue modernizar al país a través de la educación, la razón, la ciencia y la experimentación. Así se pronunciaba al respecto Gregorio Marañón en 1927: *Hay generaciones que [...], sin previo acuerdo, actúan como tal comunidad cronológica, independientemente de la acción personal de sus prohombres. A esta generación nuestra [...] se debe un golpe de timón que puso definitivamente la nave de la ciencia española proa al universo.*

La Guerra Civil abortaría dramáticamente todo un largo proceso renovador iniciado a finales del siglo anterior: la brillante Edad de Plata de la Cultura Española (1898-1936). Durante la larga y dura posguerra, agravada hasta 1945 por el difícil escenario europeo sometido a la conflagración bélica mundial, el IEO comenzó su reconstitución interna y se diseñaron las tareas para la recuperación de las investigaciones marinas y la reanudación de las relaciones internacionales. España se iba incorporando a las nuevas organizaciones científico-técnicas que se fueron creando en el contexto de la ordenación pesquera y de la oceanografía, comenzando en 1952 con la Convención Internacional de las Pesquerías del Atlántico Noroeste y el Consejo

---

<sup>6</sup> La andaluza Jimena Quirós Fernández-Tello disfrutó en 1926 de una beca en la Universidad de Columbia, bajo la dirección principal del profesor Douglas W. Johnson (1878-1944), reconocido experto en geomorfología submarina.

General de Pesca del Mediterráneo. Paralelamente, desarrollaría el Instituto sus primeras experiencias de acuicultura intensiva en Galicia y organizaba campañas de prospección pesquera en los alejados caladeros africanos (desde 1941 en aguas saharianas) y de Terranova (a partir de 1953), mientras se sentaban las bases para que la flota congeladora de altura gallega se convirtiera en la primera de Europa en explotar las tan distantes pesquerías americanas y africanas del Atlántico Sur desde 1961-1963 (Pérez-Rubín, 2014).

Sin embargo, en esa última década era muy negativa la situación de nuestros investigadores y del sistema de enseñanza universitaria. Aunque éste se estaba reformando, con la participación de sobresalientes científicos como el fisiólogo F. Grande Covián (residente en EEUU desde 1953), en la prensa periódica nacional aparecían artículos denunciando la frecuente marcha al extranjero de los “cerebros” españoles más prometedores. Incluso llegaron a ofrecerse internacionalmente un grupo de 45 investigadores *de centros oficiales del Estado, quienes después de largos años de estudio y prácticas de investigación en los mejores centros de varios países europeos, los más avanzados (Inglaterra, Alemania, Francia), no hallan una posición económica suficiente y digna* (Gómez Gil, 1971).

Comprobaremos cómo durante un decenio clave (1948-1957) desarrolló Ángeles Alvariño sus primeras investigaciones en España e Inglaterra, que se fueron extendiendo desde el Atlántico Norte a paradigmáticos ecosistemas del Pacífico y de otras áreas mundiales, tras su incorporación a diferentes instituciones oceanográficas de los Estados Unidos de Norteamérica. En la década de los años 50 comenzaban a publicarse en el extranjero las primeras descripciones de variados sistemas ecológicos en el océano, mostrando algunas relaciones íntimas entre los seres vivos y su medio ambiente característico. Se fue intensificando el enfoque multidisciplinar y se desarrolló convenientemente una nueva disciplina: la oceanografía biológica. Describía interacciones biológicas, químicas y físicas a escala oceánica, y demostraba cómo los procesos fisico-químicos en mar abierto influyen decisivamente en la vida y en los desplazamientos de los seres vivos, desde los diminutos componentes del plancton hasta las gigantescas ballenas. Alcanzó Alvariño un alto nivel de excelencia en dicha novedosa especialidad que la ha convertido en la investigadora marina española y latina de mayor relevancia mundial y en un referente en todo el continente americano como destacada mujer hispana.

Convencidos de que los resultados de la investigación científica deben traducirse en cultura para la sociedad, en consonancia con una historia cultural de la ciencia, describiremos sus meritorias pesquisas en muy diferentes ecosistemas marinos mundiales con una selección de imágenes y párrafos de sus publicaciones. Un esfuerzo que irá describiendo el nacimiento y desarrollo de esta apasionante disciplina científica –la oceanografía biológica–, de

la mano de la protagonista principal de estas páginas. Igualmente, esta recopilación de información permite avanzar en el conocimiento de la “historia medioambiental y de las poblaciones marinas”, campo actual de investigación pluridisciplinar más desarrollado en otras latitudes y en el que colaboran biólogos marinos, oceanógrafos, investigadores de pesquerías e historiadores.

### **Una nueva disciplina: la Oceanografía Biológica**

El zoólogo inglés George H. Fowler (1861–1940), impulsor del Laboratorio de Plymouth de la Marine Biological Association y de la Challenger Society for Marine Science, fue el coordinador de la campaña oceanográfica de 1900 con el buque *Research* en el golfo de Vizcaya para investigar el plancton oceánico. Se encargó personalmente del estudio de diferentes grupos (quetognatos, taliáceos y ostrácodos), quedando los restantes en manos de otros colegas como E. T. Browne (medusas) y el norteamericano H. B. Bigelow (sifonóforos).

Desde entonces se fueron produciendo avances y se obtuvieron importantes resultados con la labor de Alister Hardy (1896-1985), del Fisheries Laboratory en Lowestoft, quien diseñó un novedoso aparato para el registro continuo de plancton (CPR) y amplió considerablemente la cobertura espacial de sus estudios, aprovechando la expedición inglesa de 1925-1927 a la Antártida. En la región de las islas Británicas este investigador y otros dos biólogos marinos (F. S. Russell y J. H. Fraser) desarrollaron ampliamente durante el período 1933-1956 la línea de investigación dirigida a conocer los organismos del plancton que fueran útiles como indicadores de las cambiantes condiciones del medio marino: sus particulares patrones de presencia temporal y distribución espacial deberían reflejar tanto los cambios espacio-temporales en las masas de agua (en relación directa con las corrientes marinas), como las notorias fluctuaciones en las capturas pesqueras del arenque. Particularmente Russell, inspirándose en estudios pioneros de sus antecesores desde comienzos del siglo (Gough, Bygrave, Farran, Bowman y Meek), consiguió demostrar la importancia del estudio continuado a lo largo del año de las variaciones en la abundancia y distribución de los copépodos, quetognatos, sifonóforos, ctenóforos y medusas, junto con las larvas de peces.

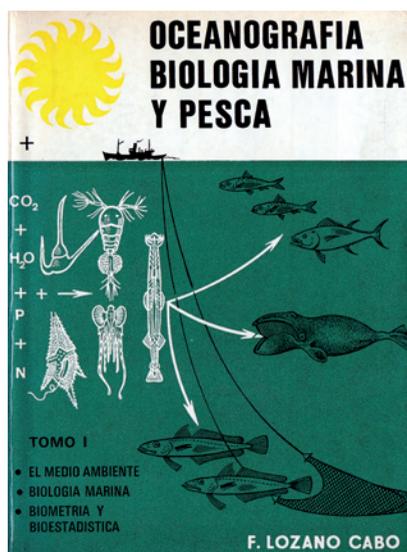
Como consecuencia de la demostrada utilidad de determinados grupos del plancton animal para el avance de la oceanografía y de la investigación pesquera, el International Council for the Exploration of the Sea (ICES) solicitó a los más reconocidos expertos europeos en grupos taxonómicos concretos que colaboraran en la elaboración de las diferentes Fichas de Identificación del Plancton (*ICES Identification Leaflets for Plankton*) que comenzaron a distribuirse desde 1939. Examinando la relación de autores nos encontramos con los mencionados Russell, especialista en diferentes tipos de medusas (hy-

dro-, scypho-, trachy-, y narcomedusas), y Fraser, experto en quetognatos, sálpidos, doliólidos y sifonóforos.

Sin embargo, como los resultados más notables de “bioindicadores” se encontraron con varias especies de quetognatos, este grupo es el que fue más estudiado internacionalmente desde entonces y, según se afirmaba en 1959, al menos en 10 países trabajaban prioritariamente con esos depredadores planc-tónicos 24 científicos, la mayoría relacionados con la investigación gubernamental en pesquerías (Bieri, 1959).

Se materializó en EEUU el mayor impulso tras la organización en la Scripps Institution of Oceanography del simposio internacional *Perspectives in Marine Biology* en la primavera de 1956. Entre las numerosas comunicaciones presentadas destacamos la del español Ramón Margalef, experto en el fitoplancton o plancton vegetal, y la del escocés K. M. Rae. En la exposición de éste (*Parameters of the marine environment*) se reivindicaba la gran importancia del “factor biológico” (el contenido orgánico del agua de mar), como complemento indispensable a las investigaciones tradicionales de las variables ambientales marinas de carácter físico y químico (principalmente temperatura y disponibilidad de nutrientes). Un bienio después, en 1958, las comentadas amplias prospecciones oceánicas de Hardy con el colector de plancton CPR se extendieron al Atlántico Oeste, con financiación de la Oficina de Investigación Naval (Office of Naval Research) de la Armada estadounidense. Los resultados de la primera década de prospecciones, con alrededor de 40.000 muestras planctónicas, fueron publicados en formato de atlas por el Edinburgh Oceanographic Laboratory en 1973 (*A plankton atlas of the North Atlantic and the North Sea*), con registros para más de 250 taxones (Beaugrand, 2004).

En España el investigador del IEO Fernando Lozano Cabo (1916-1980), del departamento de Biología, era un destacado divulgador de la importancia del estudio del plancton desde que en 1943 aparecieran sus *Nociones de Biología Marina aplicada a la Pesca*, libro de texto para los pescadores de las Escuelas Medias. El progresivo interés en las universidades españolas y latinoamericanas por las investigaciones marinas aplicadas a la pesquerías le llevó a publicar su popular tratado de *Oceanografía, Biología Marina y Pesca* en tres volúmenes (con varias ediciones desde 1970). Debió ser este biólogo quien propuso a Alvariño su especialización en Inglaterra, apoyándola científicamente tras su regreso a España, como ella agradece en sus primeras publicaciones planctónicas en aguas peninsulares.



**Figura 5.** Cubierta del tomo I del tratado de F. Lozano Cabo sobre *Oceanografía, Biología Marina y Pesca*, 1ª edición (Lozano, 1970).

En 1977 ella describía pormenorizadamente los avances concretos que se fueron produciendo internacionalmente gracias a las investigaciones pioneras más destacadas en la materia:

*Russell observó que grandes concentraciones de larvas de peces coincidían con una abundancia de planctones herbívoros, principalmente copépodos que servían de alimento a las larvas de los peces, y poblaciones escasas de larvas de peces se presentaban juntamente con una abundancia de medusas, sifonóforos y ctenóforos. [... Años después] estudió las especies indicadoras en el plancton de la región de las islas Británicas, en particular los quetognatos, en relación con la pesca, y así consideró que varias especies del zooplancton servían en determinadas regiones, para identificar las características de las aguas, proporcionando información valiosa que se podía aplicar a los estudios pesqueros. De esta forma las especies indicadoras nos informan sobre los diversos factores bióticos y abióticos que pueden afectar al potencial de supervivencia de los pececillos recién nacidos, así como las variaciones que pueden presentarse en las rutas migratorias seguidas por las poblaciones pesqueras, ya sea locales o de gran alcance en el ámbito oceánico. Un sencillo ejemplo de esto lo constituyen los estudios de Russell sobre la influencia de las aguas identificadas por *Sagitta setosa* y *S. elegans* en la*

*región de las islas Británicas, en relación con la riqueza pesquera y las condiciones oceanográficas.*

*Lucas y Henderson observaron que cuando abundaban las medusas en la región de Escocia, no se obtenían buenas capturas de arenque. Bigelow explica que las fluctuaciones en la producción pesquera del golfo de Maine y zonas adyacentes dependía de la abundancia de los organismos depredadores en el plancton: quetognatos, medusas, ctenóforos y anfípodos.*

*Hardy considera muy sugestivo el estudio de las variaciones que se presentan en el plancton y añade que nadie puede dudar que aquí se encuentran importantes claves para una mejor comprensión del éxito o fracaso de las pesquerías, y que la información sobre variaciones en el plancton proporciona los antecedentes de las pesquerías y es un indicador de los grandes cambios en el movimiento y condiciones del mar.*

*Al analizar los datos que presentan varios biólogos, se observa una estrecha relación inversa entre la abundancia de quetognatos y larvas de peces. Así los estudios de Corbin sobre la abundancia en la región de las islas Británicas de larvas de *Scomber scombrus* (caballa) y *Sardina pilchardus* (sardina) en relación con especies de quetognatos (*Sagitta setosa*, *S. tasmanica* y *S. lyra*) y el sifonóforo *Muggiaea atlantica*, indican que la presencia de las larvas de estos peces coincidían con escasez de quetognatos y sifonóforos, y elevadas concentraciones de éstos con pocas larvas de aquellos peces (Alvariño, 1977).*

Más adelante subrayaba la misma autora las negativas consecuencias sobre las poblaciones de peces de la depredación de los ctenóforos y sifonóforos:

*La abundancia de depredadores planctónicos, en especial los ctenóforos, deben producir una destrucción en las poblaciones de copépodos, de manera que no queda suficiente alimento para las poblaciones de peces.*

*[En la entrada del canal de la Mancha y zonas próximas] Russell indicaba que en la segunda quincena de mayo de 1930 desecendió dramáticamente la abundancia de larvas de peces, coincidiendo con una enorme concentración de ctenóforos acompañados por el sifonóforo *Stephanomia bijuga* y las medusas *Bougainvillia* y *Obelia* [...]. En 1929 fueron escasas las capturas de larvas de peces, coincidiendo con la extremada abundancia de tres especies concretas de ctenóforos durante el período de reproducción de los peces y de otros organismos del plancton, actuando como depredadores y competidores por el alimento.*

*Hardy observó los bancos del arenque en Yorkshire, en donde a veces aparecen grandes acumulaciones de ctenóforos, y comenta que en*

*esas situaciones los ctenóforos han de ocasionar grandes destrozos en las crías de arenque, y así las variaciones drásticas que se observan en estas pesquerías de un año para otro en aquellas regiones, deben estar íntimamente relacionadas con la abundancia de los ctenóforos, ya que en los años en que estos aparecen en grandes concentraciones la generación de arenque resultaba muy reducida y viceversa [...].*

Cuando Alvariño escribía esos párrafos, a mediados de la década de los 70, se iban imponiendo en la oceanografía las bases del actualmente vigente enfoque ecosistémico. Ya se contaba con una definición integradora de lo que era un ecosistema: una unidad funcional abierta, aunque con límites reconocibles y cierto grado de capacidad de autoregulación, en el que los organismos también interaccionan con su medio ambiente inorgánico. En la práctica entrañaba gran dificultad establecer la frontera exacta, en aguas alejadas de la costa, entre los límites de los ecosistemas costeros y los oceánicos. Problemas adicionales se encontraban en esa década los oceanógrafos en las tan productivas regiones de afloramiento o *upwelling* (donde ascienden a superficie aguas frías profundas y ricas en nutrientes, como en las Rías gallegas), porque aún se carecía de información suficiente sobre la estructura y función de esas regiones como unidades ecológicas diferenciadas.

En el siglo XXI se ha incrementado el interés científico por el plancton gelatinoso al reconocerse que es un eslabón muy importante en la cadena trófica marina, tanto en los sistemas naturales considerados tradicionalmente como poco productivos como en los productivos.

## **Sus investigaciones sobre el Atlántico**

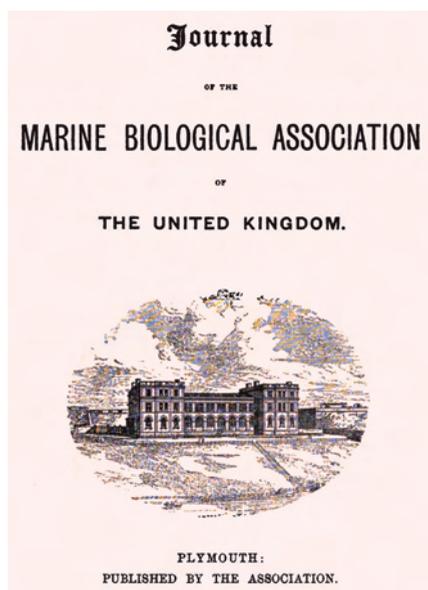
Tras finalizar los estudios universitarios en Madrid inició A. Alvariño su carrera profesional en el Instituto Español de Oceanografía (IEO, 1948-1956). Los temas de sus publicaciones científicas reflejarán las líneas prioritarias de investigación del Instituto de la época, que incluían el desarrollo de las pesquerías (tanto en el caladero nacional como en áreas alejadas) y variadas investigaciones de aplicación directa relacionadas con el auge de las industrias conserveras y de construcción naval, sin olvidar la complementaria labor de divulgación a la sociedad (como veremos al final de este trabajo).

En la revista científico-técnica institucional (el *Boletín del IEO*) aparecieron los resultados de sus primeros trabajos de investigación. Abarcó variados temas y diferentes áreas geográficas: el zooplancton (de Terranova, del Atlántico y del Mediterráneo occidental) y la formación de incrustaciones marinas en los cascos de los buques. Este último asunto, con una directa utilidad práctica, era de importancia primordial en la construcción y mantenimiento nava-

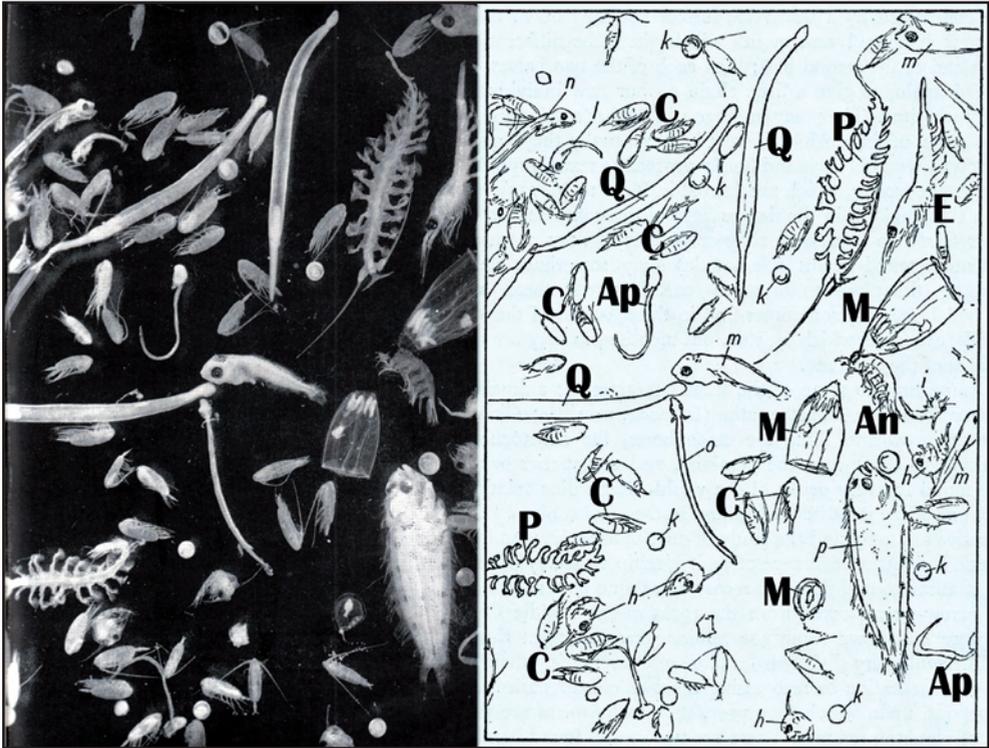
les para conseguir mejorar la protección de las planchas sumergidas frente al inevitable deterioro y corrosión en el medio marino (Alvariño, 1951).

Realmente cambiaría su vida la beca que se le concedió durante 1953-1954 en Inglaterra (Marine Biological Laboratory, Plymouth), que le permitió ponerse en contacto directo con la ciencia internacional de vanguardia. Allí se relacionó con gran número de expertos en los diferentes organismos del plancton, y tuvo acceso a las publicaciones técnicas internacionales más relevantes, tanto las clásicas como las más modernas, con lo que su formación teórica y práctica resultó completa.

Bajo la dirección principal del veterano investigador Frederick S. Russell (1897–1984) se fue especializando en el estudio de varios grupos de predadores zooplanctónicos (hydromedusas, quetognatos y sifonóforos) y en el ictioplancton (huevos y larvas de peces), con muestras de agua del golfo de Vizcaya y del sector del canal de la Mancha cercano a Plymouth. Así tuvo la oportunidad de revisar amplias colecciones de material planctónico obtenidas en prospecciones mensuales realizadas a lo largo del año y su activa participación en la campaña con el nuevo buque *Sarsia* en 1954 (colaborando en los muestreos de Peter Corbin). Con 39 m de eslora había sido bautizado en recuerdo del pionero noruego en zoología marina Michael Sars, cuyo apellido también se recuerda en un género de medusas.



**Figura 6.** Portada de la clásica publicación científica *Journal of the Marine Biological Association*, mostrando el edificio de la institución donde Alvariño disfrutó su primera estancia de formación en el extranjero.

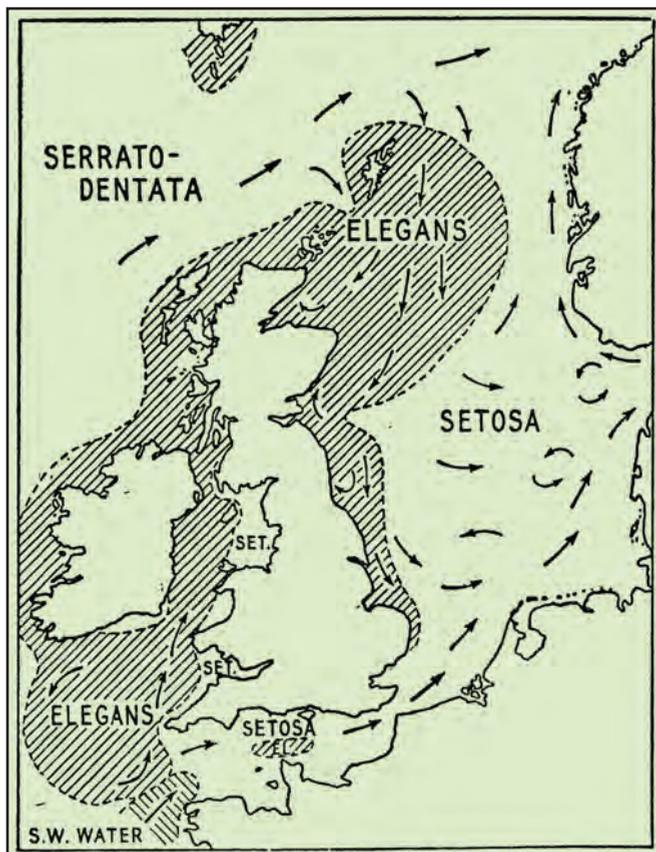


**Figura 7.** Mezcla de componentes del plancton animal (zooplancton), típica al norte de las islas Británicas. Distinguimos entre los organismos temporales (fases larvarias y huevos de diferentes especies de peces y crustáceos) y los principales componentes permanentes en la comunidad: Anfípodos (An), Apendicularias (Ap), Copépodos (C), Eufausiáceos (E), Medusas (M), Poliquetos (P) y Quetognatos (Q) (Hardy, 1956).

Tras varias décadas con muestreos mensuales llevados a cabo en la zona sur de Inglaterra (sector oeste del Canal de la Mancha) se logró demostrar la gran utilidad de dos especies de quetognatos como “indicadoras” de cambios generales en el ecosistema, pues las detectadas sustituciones interanuales en sus mayores abundancias reflejaron drásticas alteraciones medioambientales a gran escala. Éstas se pudieron correlacionar con períodos de claras fluctuaciones climáticas: el calentamiento del hemisferio Norte hasta 1950, seguido de enfriamiento. En efecto entre 1930 y 1938 la especie ártica-boreal *Sagitta elegans* (asociada con el plancton de aguas frías) fue remplazada, como el “quetognato dominante” del área de Plymouth, por la nerítica-templada *Sagitta setosa* (preponderante durante 1939-1968) (Southward, 1984).

Fueron diferentes autores británicos los que se especializaron en el estudio de los quetognatos y su aplicación a la caracterización de las diferentes

masas de agua en el área. En un excelente libro de Alister Hardy (1956) se integraba en una imagen la información disponible hasta la fecha y se concretaban las tres asociaciones características entre aguas de distinta naturaleza y origen, añadiendo al par de especies nombradas una tercera: *Sagitta serratodentata* (mar abierto), *S. setosa* (aguas costeras) y *S. elegans* (mezcla de aguas oceánicas y costeras).



**Figura 8.** Distribución geográfica alrededor de las islas Británicas de tres asociaciones características entre masas de agua y especies de quetognatos (*Sagitta serratodentata*, *S. setosa* y *S. elegans*) (Hardy, 1956).

Alvariño descubrió en el plancton a un quetognato indicador de aguas costeras templado-cálidas del Atlántico E (*Sagitta friderici*), así como abundantes huevos y larvas de sardina en áreas tradicionalmente de pesca del arenque. En efecto, los grandes cambios detectados en las comunidades marinas

durante aquella década de los 30, también se manifestaron en la tradicional pesquería del arenque en el Canal de la Mancha, que fue disminuyendo progresivamente mientras que la población de sardina y la comunidad de plancton de agua cálida se expandían en el área. Esos años tan favorables para la explotación sardinera se manifestaron en las capturas obtenidas por las flotas pesqueras en costas tan distantes como Galicia, California y Japón, reflejando el mencionado calentamiento mayoritario del hemisferio septentrional. La situación contraria se presentó a finales de la siguiente década: cuando los alarmantes descensos de las capturas de la sardina gallega contrastaban con el gran incremento experimentado más al sur (en el mar de Alborán) con la flota centralizada en Málaga, puerto donde se asentaron nuevas fábricas conserveras y trañas de gran tonelaje pertenecientes a armadores gallegos, alicantinos y valencianos (Pérez-Rubín, 2008).

Tras el regreso a España de nuestra biografiada, en el IEO desarrolló su novedosa especialidad de oceanografía biológica, analizando las muestras de plancton obtenidas en las campañas de prospección del Instituto durante 1953-1955 en el Atlántico Norte, tanto en el área de Terranova como a lo largo de las costas peninsulares, comprendiendo éstas el sector occidental del mar de Alborán, estrecho de Gibraltar, golfo de Cádiz y Galicia. Sus publicaciones sobre la mencionada área del Atlántico noroeste están basadas en el análisis del material biológico obtenido en campañas científicas desarrolladas en Terranova con buques bacaladeros españoles en 1953 y 1955 (Alvariño 1956a y 1956b). Agradece las sugerencias científicas recibidas de su mentor, el Dr. Fernando Lozano Cabo, y la recogida de las muestras a bordo por varios colegas (Olegario Rodríguez Martín, Rafael López Costa y Alfonso Rojo Lucio).

Dejemos que sea ella quien explique en qué consistían sus investigaciones en aquellas frías aguas canadienses y la importancia ecológica de las mismas al relacionar a los diminutos organismos estudiados con el particular medio ambiente marino en el que viven:

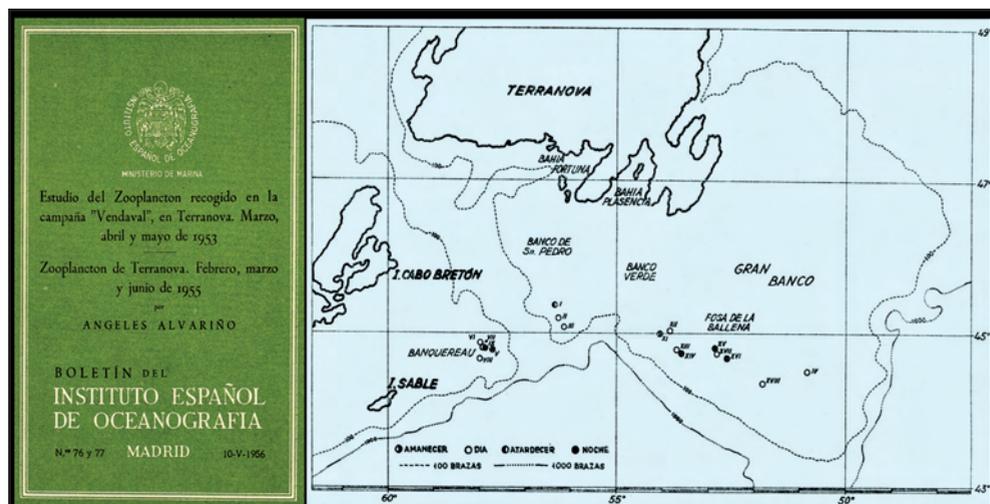
*La región explorada comprende a las zonas del Gran Banco, Banco Saint Pierre, Banquereau y proximidades de la Fosa de la Ballena, área recorrida para la pesca del bacalao y sus afines destinados a la salazón. Las colecciones [de plancton] se hicieron cuando el tiempo y las faenas pesqueras lo permitían, ya que, trabajando en un barco dedicado exclusivamente a la pesca, lógicamente las rutas seguidas y las maniobras están únicamente supeditadas a ese objetivo [...]. Se registraron temperaturas y salinidades [datos necesarios para identificar las diferentes masas de agua...].*

*Damos una exposición general de las comunidades planctónicas de la zona explorada, ateniéndose principalmente a la presencia de los gru-*

*pos y especies más importantes, teniendo como objetivo primordial el estudio de los “indicadores planctónicos” así como el de las comunidades pelágicas que tales organismos adoptan en aguas de Terranova en la época en que tales muestras se recogieron [...]. Incluimos en el estudio las formas planctónicas de los peces (huevos y estados larvarios), con objeto de poder detallar y determinar sus épocas y áreas de puesta.*

[La importancia de los quetognatos y otros grupos]: *Ya ha sido establecida una correlación entre las diversas especies de quetognatos y distintos tipos de ambientes marinos, y teniendo en cuenta que las aguas en que viven están constantemente en movimiento, desplazándose de unos lugares a otros, tanto vertical como horizontalmente, su frecuencia nos proporciona información relacionada con las condiciones hidrográficas locales, así como del origen de las masas de agua en las que aparecen. Los quetognatos están asociados con otros organismos, que a su vez sirven para afirmar las características hidrográficas señaladas por aquéllos [...]. Concretamente la distribución de Sagitta es interesante como “indicador” de corrientes, y así sirve de ayuda inestimable para descifrar el sistema de corrientes en la región en que se lleve a cabo un estudio sistemático, tomando como base tales indicadores. Actualmente se considera como un factor decisivo “indicador”, en aguas inglesas por Russell y Fraser, y en el golfo de Maine por Redfield y Beale.*

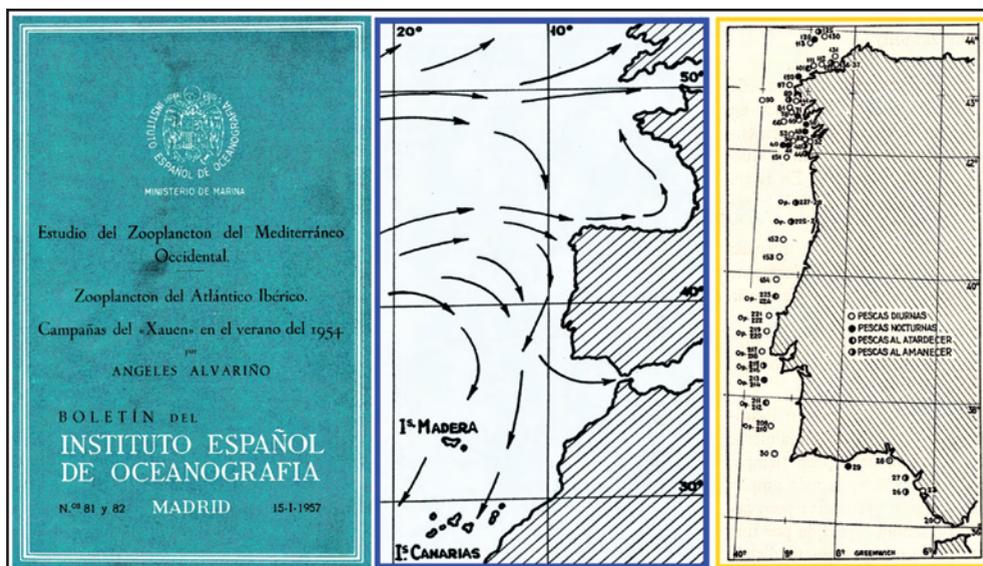
[Investigaciones que completó Alvariño con el análisis de estómagos de peces adultos, como ejemplo:] *Mallotus villosus es un pez que sirve de alimento a otros peces, así como a muchos cetáceos, focas, etc. El bacalao devora buena cantidad de estos pececillos; así hemos recogido, al analizar el contenido estomacal de una serie de individuos, buen número de Mallotus que medían aproximadamente de 12 a 16 cm de longitud. Los ejemplares identificados en el contenido estomacal de bacalaos estudiados eran, en su mayoría, hembras maduras, prestas para soltar los óvulos, lo cual está de acuerdo con el periodo de puesta determinado, que se extiende desde finales de mayo hasta julio o principios de agosto. En esta época es precisamente cuando el área que nos ocupa recibe la influencia de las aguas más cálidas. Se sabe además que las hembras que se encuentran en aguas profundas, cuando alcanzan la madurez sexual, se dirigen a las zonas costeras para realizar la puesta. Nuestras muestras proceden de localidades distantes de las costas de Terranova, de modo que puede comprenderse fácilmente que el bacalao tuvo la oportunidad de alimentarse de los Mallotus que en bancos más o menos apretados se dirigían a las áreas de puesta (Alvariño 1956a).*



**Figura 9.** Las campañas biológico-pesqueras del IEO en Terranova durante los años 1953 y 1955. Portada de la doble publicación sobre el plancton del área y carta de las estaciones de muestreo (Alvariño, 1956a, 1956b).

Al otro lado del océano, en el Atlántico nororiental, se llevó a cabo la campaña oceanográfica del IEO con el buque *Xauen* durante el verano de 1954. Prospección que comenzó en Málaga y finalizó en Ribadeo, Galicia. Alvariño se encargaría del análisis de la totalidad de muestras de plancton recogidas durante el amplio periplo náutico y la publicación de sus resultados en dos artículos independientes para las áreas atlántica y mediterránea (sector occidental del mar de Alborán). En los agradecimientos de esa publicación (Alvariño 1957b) reconoce la colaboración prestada por tres investigadores veteranos: F. Lozano Cabo (responsable de la sección biológica durante la campaña: la documentación científica aportada y sus orientaciones), J. H. Fraser (Marine Laboratory, Aberdeen: *por el interés mostrado en mi trabajo y por su valiosa ayuda proporcionándome todos los datos y consejos que he precisado*) y F. S. Russell (director del Laboratorio de Plymouth: comprobó la identificación taxonómica de una especie).

Así destacaba la importancia del área atlántica prospectada: *El océano Atlántico, en torno a la Península Ibérica, constituye un sugestivo y fértil campo de estudio en relación con el tema que nos ocupa, debido a las variadas condiciones hidrográficas ocasionadas en gran parte por las fluctuaciones de la corriente atlántica nórdica, que atraviesa este océano en dirección Este, aproximadamente a la latitud de los 45° N* (Alvariño, 1957b).



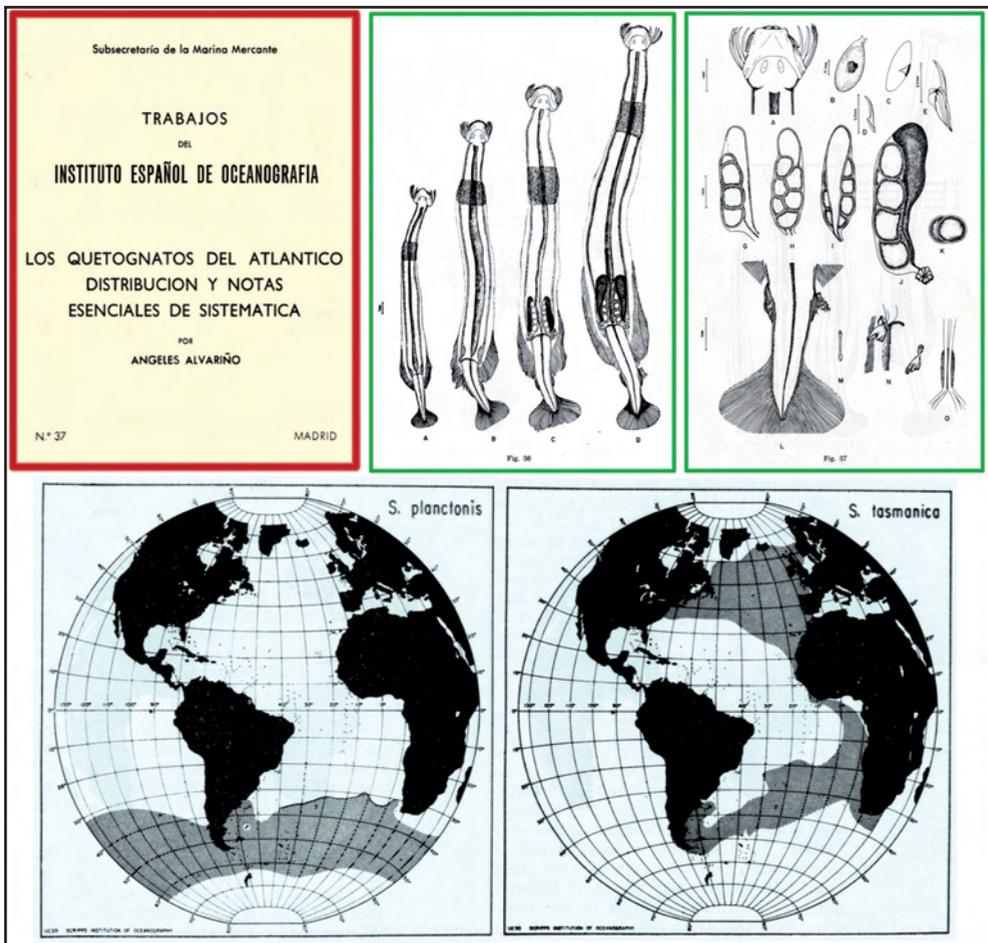
**Figura 10.** Cubierta conjunta de las dos publicaciones de Alvaríño resultantes de la campaña con el *Xauen* de 1954, e imágenes que muestran el régimen de corrientes en el área atlántica y la situación de las estaciones en las que se verificaron las pescas de plancton (Alvaríño 1957a, 1957b).

En las tablas incluidas en su publicación detalla *cuantitativamente la distribución de los diversos organismos planctónicos en las estaciones respectivas, considerando únicamente aquellos que puedan tomarse como “indicadores” de desplazamientos de masas de agua o que caractericen diversos ambientes.* Sus análisis taxonómicos incluyeron muy diversos organismos planctónicos: 19 taxones correspondientes a huevos y larvas de peces, sifonóforos (11 especies), quetognatos (10), tunicados (9), medusas (7), eufausiáceos (4), ctenóforos (2), moluscos pelágicos (2) y otros.

Aunque, como destacaremos más adelante, Alvaríño continuaría su carrera en instituciones norteamericanas del Pacífico siguió desarrollando sus investigaciones sobre el plancton del Atlántico NE y mantuvo las relaciones con España, donde viajaba intermitentemente. Concretamente en 1966 estuvo dos meses en Madrid para ultimar varios aspectos de su próxima tesis doctoral e intentar recuperar antiguos datos climáticos españoles sobre el Pacífico.

Al año siguiente defiende en la madrileña Universidad Complutense, su tesis de doctorado sobre *Los Quetognatos del Atlántico. Distribución y notas esenciales de sistemática*, que será publicada un bienio después por el Instituto Español de Oceanografía (Alvaríño, 1969a), incluida en la serie *Trabajos del IEO* con cerca de 300 páginas y gran cantidad de ilustraciones.

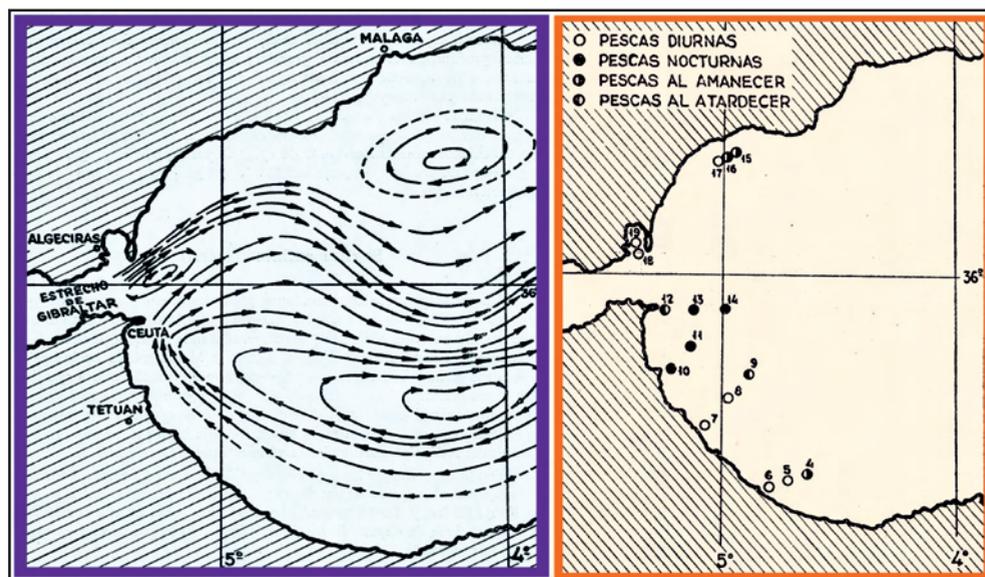
Abarca el estudio del material biológico obtenido durante más de una década (1952-1965), cedido por ese Instituto español y otros organismos extranjeros. Describe una treintena de especies, incluyendo una revisión de los caracteres morfológicos esenciales de las mismas, figuras detalladas y notas complementarias sobre los diferentes estadios de madurez sexual. En la figura 11 presentamos una muestra de sus ilustraciones en la que podemos comprobar el grado de minuciosidad en la descripción de las características externas e internas más notables de cada taxón (en este caso la batipelágica *Eukrohnia fowleri*) y de sus particulares distribuciones geográficas (aquí *Sagitta planctonis* y *Sagitta tasmanica*, actuales *Solidosagitta planctonis* y *Serratosagitta tasmanica*).



**Figura 11.** Selección de figuras representativas extraídas del monográfico *Los Quetognatos del Atlántico. Distribución y notas esenciales de sistemática* (Alvariño, 1969).

## Incursiones en el Mediterráneo

La primera fase de la descrita campaña del verano de 1954 con el *Xauen* incluyó el estudio del sector del mar de Alborán más próximo al estrecho de Gibraltar. Las numerosas investigaciones realizadas abarcaron las condiciones oceanográficas (observaciones físico-químicas de temperatura, salinidad, fosfatos, oxígeno disuelto, pH, etc.) y el zooplancton superficial (arrastres entre 0-15 m profundidad).



**Figura 12.** Campaña mediterránea del *Xauen* (1954) en el mar de Alborán y estrecho de Gibraltar. Distribución de la corriente atlántica superficial en el sector occidental y la carta de estaciones del muestreo planctónico (Alvariño, 1957a).

Leamos sus explicaciones sobre la importancia del área, sus características oceanográficas y el objetivo principal de los estudios planctónicos:

*El mar de Alborán es una zona de gran interés, tanto desde el punto de vista biológico e hidrográfico, como del de la importancia económica, por la abundante vida marina que allí existe, debido a los aportes atlánticos en nutrientes que, a través del estrecho de Gibraltar, renuevan las aguas de esta parte del Mediterráneo.*

*El objeto de nuestro estudio es el conocimiento del plancton en esta zona y poder llegar a reconocer en futuros trabajos cierto número de organismos que puedan considerarse "indicadores" de masas de agua; de ahí establecer una correlación entre las variaciones que sus registros presentan, con la proporción de peces en sus fases planctónicas y la*

*identificación de masas de agua que difieren ecológicamente, así como también deducir sus desplazamientos.*

*Dedicamos especial atención a los quetognatos y sifonóforos, huevos y estados larvarios de peces.*

*Las condiciones hidrográficas del mar de Alborán en las inmediaciones del estrecho de Gibraltar determinan una entrada de agua atlántica en superficie, que podríamos considerar dominante sobre la corriente profunda de salida de aguas mediterráneas [...]. Las aguas atlánticas de entrada se mezclan en parte con las mediterráneas, y en su curso hacia el Este, la salinidad va incrementándose, porque el aporte que llega está constituido por aguas de mezcla [...]. Se puede establecer una distinción entre aguas atlánticas y aguas típicamente mediterráneas en el área estudiada. La distribución de los indicadores planctónicos establece una correlación paralela con la extensión que presentan dichas masas de agua. De ahí que las observaciones planctónicas nos indiquen los avances producidos por la corriente atlántica al entrar por el Estrecho (Alvariño, 1957a).*

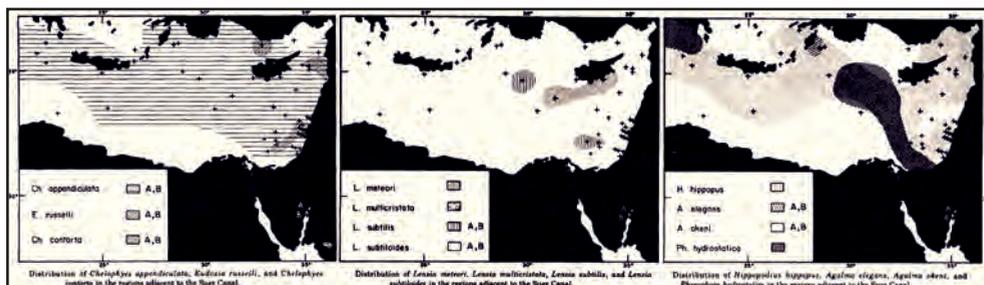
En el laboratorio llevó a cabo un amplio análisis de los componentes de la comunidad planctónica del área, abarcando la identificación de huevos y larvas de peces (como el boquerón o anchoa y otros siete taxones). Entre los grupos permanentes encontró escasos representantes de los tunicados, sifonóforos y eufausiáceos; junto con numerosas especies de medusas (*desde hace algún tiempo consideradas por algunos investigadores como valiosos indicadores, cuando conozcamos con precisión la biología de las especies respectivas*). Estableció diferentes clasificaciones para los quetognatos hallados según su hábitat y mayor o menor expansión espacial (nerítico, oceánico, epiplanctónico, “casi cosmopolita”). Se encontró con varias especies que ya había identificado en sus anteriores muestreos en aguas inglesas y del golfo de Vizcaya: la medusa *Liriope tetraphylla* (*de amplia distribución geográfica, en los tres océanos y en el Mediterráneo*) y el ya mencionado quetognato costero *Sagitta friderici*, hallado por ella en esa amplia campaña oceanográfica de 1954 desde el mar de Alborán hasta la altura de Ferrol (*especie descrita inicialmente en la región de Canarias, también se conocía en aguas de Marruecos y en las mediterráneas de Israel*).

Finalizaba su caracterización de ese último grupo taxonómico sugiriendo cuatro especies *indicadoras del camino seguido por las aguas [atlánticas] en el Mediterráneo, pudiendo estimarse su origen en la región de las Azores y Canarias*: *Pterosagitta draco*, *Sagitta enflata*, *S. bipunctata* y *Krohnitta subtilis*. Conclusiones que la autora recomendaba mantener como provisionales

dada la insuficiente cobertura espacial y temporal de esa campaña, en cuyo diseño original al plancton se le dio un protagonismo secundario:

*Para poder determinar las especies de indicadores precisos de las distintas masas de agua a considerar en esta área necesitaríamos muchas estaciones planctónicas establecidas en puntos clave de dicha región, además de un sistemático y continuo estudio a través de todas las épocas del año y con pescas planctónicas procedentes de diferentes profundidades. Solo se podría lograr una visión clara del problema, tanto biológico propiamente dicho, como oceanográfico, al realizar el estudio combinando ambos (Alvariño, 1957a).*

Veinte años después dirigirá su atención investigadora al sector más oriental del Mediterráneo, con una publicación donde analiza la distribución de los sifonóforos en la región israelita de Suez en comparación con las colecciones obtenidas en el americano Canal de Panamá (Alvariño, 1974a).



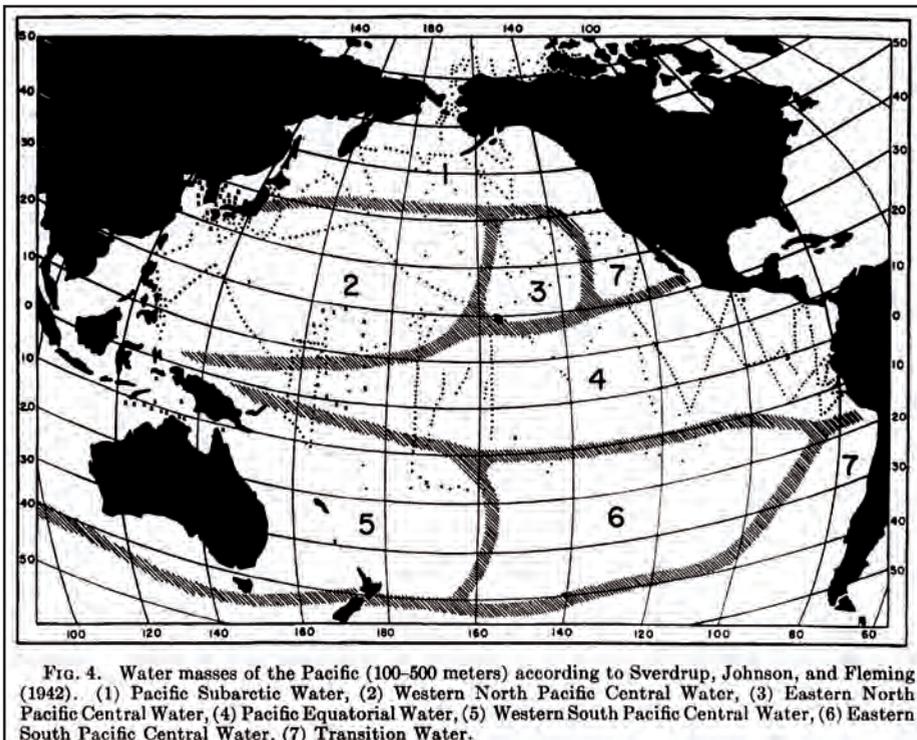
**Figura 13.** Distribución espacial de sifonóforos procedentes de prospecciones planctónicas desarrolladas por Israel entre 1967-1970 en el Mediterráneo oriental y en el mar Rojo, golfo de Elat (Alvariño, 1974a).

## El complejo Pacífico

El estadounidense Henry B. Bigelow (1879-1967), era un sobresaliente especialista en ictiología y en sifonóforos (ya mencionamos que colaboró con una pionera campaña inglesa de 1900 en el golfo de Vizcaya). También se convertiría en referente internacional para los científicos de la primera mitad del siglo XX interesados en investigar las relaciones entre el plancton animal y la oceanografía en el Atlántico Norte. Demostró la interdependencia de la física, química y biología del mar, como ejemplificó en sus modélicos estudios sobre el golfo de Maine y aguas adyacentes (prospecciones durante 1912-1924) y en su impulso para la creación de la Woods Hole Oceanographic Institution

(Massachusetts), de la que fue su primer director hasta 1939. Experto mundial en la taxonomía y biología de sifonóforos, medusas y ctenóforos, publicaría artículos sobre muy diferentes áreas oceánicas alejadas (Filipinas, Ártico Canadiense, corriente del Labrador, islas Bermudas, golfo de Méjico, etc.). Jubilado en 1952, una discípula suya (Mary Sears) se encargará, como luego veremos, en dirigir los primeros pasos de Alvariño en EEUU.

Igualmente, su compatriota Martin W. Johnson (1893-1984), de la Scripps Institution of Oceanography (Universidad de California, La Jolla), fue otro referente de los investigadores especializados en la identificación de masas de agua en base a la particular composición en los organismos planctónicos hallados en ellas. Coautor de un libro ejemplar conocido popularmente durante varias décadas como “la biblia de la oceanografía” (*The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*), había demostrado que gran parte de la fauna planctónica encontrada en las muestras del sector central de la Corriente de California pertenecían a una mezcla de especies que eran muy abundantes en otras zonas alejadas del área y aparentemente ajenas al sistema.



**Figura 14.** Masas de Agua del Pacífico (100-500 m), según concretaron Sverdrup, Johnson y Fleming en 1942 (Bieri, 1959).

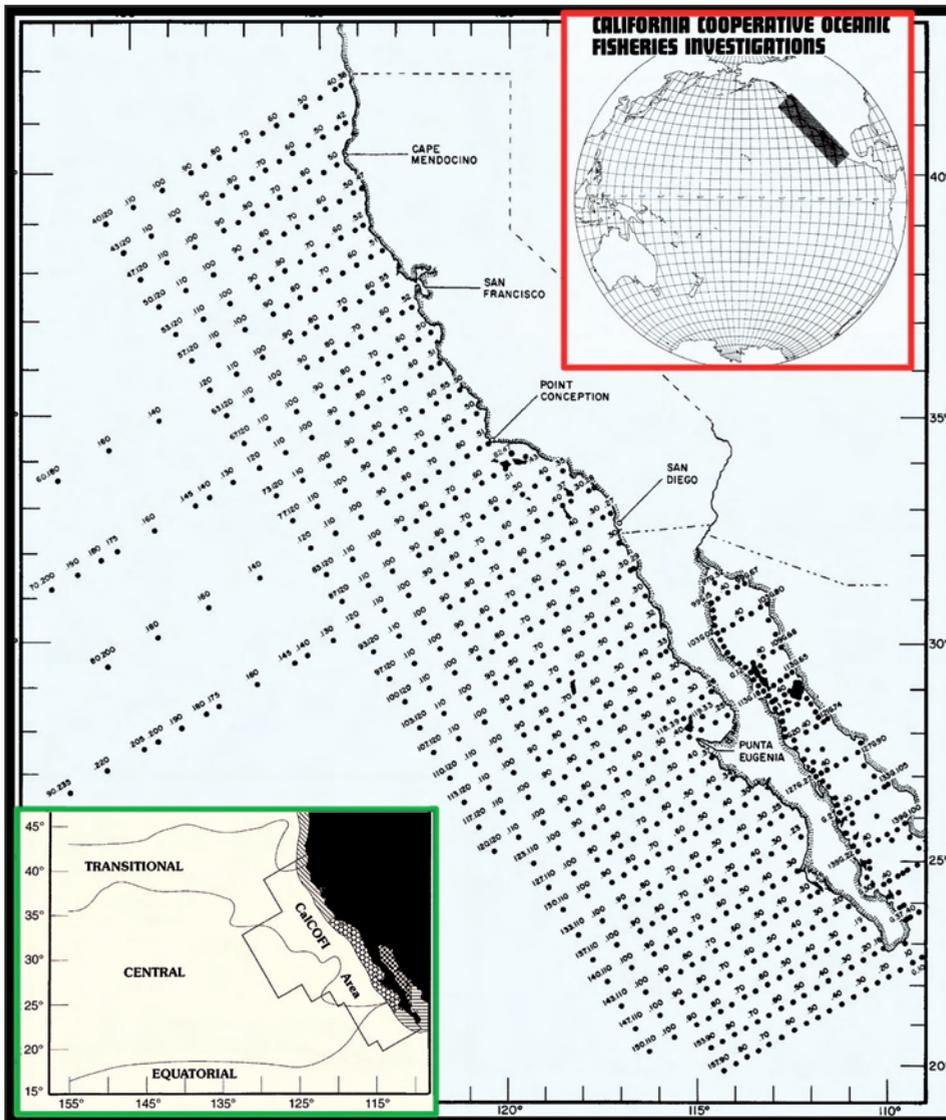
A partir de 1950 Johnson impulsaría las investigaciones de R. Bieri y de T. S. Hida para determinar la presencia y distribución de las especies de quetognatos del Pacífico americano útiles como bioindicadores. El primer autor catalogó una veintena de especies y mostró su distribución espacial, en relación con las diferentes masas de agua oceánica de toda el área (Bieri, 1959). El segundo especialista (Hida, 1957) estudió la posibilidad de emplear a quetognatos y pterópodos como indicadores biológicos de diferentes “ambientes oceanográficos” que permitieran localizar y definir áreas donde fuera probable la presencia de cardúmenes de la albacora o atún blanco (*Thunnus alalunga*), especie de gran importancia pesquera que también estudiaría Alvariño entre 1963 y 1970.

### ***El ecosistema de la corriente de California***

El programa CalCOFI (*California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*) está considerado mundialmente como el más ambicioso monitoreo intensivo del océano a gran escala temporal y espacial. Se implantó para intentar determinar las verdaderas causas de las fluctuaciones de la población de sardina del Pacífico (*Sardinops sagax*), que habían llevado al colapso de la pesquería y a la desaparición de la industria conservera regional por la acción combinada de radicales cambios ambientales en el océano y una notoria sobrepesca. Basándose en extensos estudios físicos y químicos, con detalladas observaciones del plancton vegetal y animal, y abarcando análisis exhaustivos sobre huevos y larvas de peces (Ohman y Venrick, 2003).

El núcleo de la región prospectada se extiende superando un millón de Km<sup>2</sup>, entre EEUU y Méjico: desde la frontera de Oregón-California hasta el sector meridional de Baja California Sur, abarcando en mar abierto hasta cerca de las 400 millas náuticas. Desde 1996 sabemos que engloba ambientes marinos muy diferentes ecológicamente: tres provincias zoogeográficas costeras, una zona de surgencia de aguas profundas (*upwelling*), y tres masas de agua oceánica diferentes (Moser, 1996).

A partir de 1951 se llevaron a cabo esas prospecciones marítimas periódicas, impulsándose extensos y modélicos estudios sobre hidrografía y plancton que consiguieron caracterizar oceanográficamente el sobresaliente fenómeno de El Niño del período 1957-1959, que modificó con claridad la fuerza de la Corriente de California, provocando un calentamiento del agua y el incremento del nivel del mar (causados por niveles anómalos del flujo frío desde el polo). Para los ambiciosos estudios biológicos se constituyó un equipo de trabajo con diferentes expertos en biogeografía planctónica que se encargaron de la identificación taxonómica de los grupos más interesantes del plancton permanente:



**Figura 15.** Área cubierta por los muestreos del programa CalCOFI en aguas de EEUU y Méjico. Recuadro pequeño (abajo): delimitación de las tres masas de agua principales (Moser, 1996).

A. Alvaríño (quetognatos), A. Fleminger (copépodos), E. Brinton (eufausiáceos), J. McGowan (moluscos pelágicos) y L. Berner (taliáceos). De las larvas de peces de gran número de especies se ocuparon principalmente E. Ahlstrom y H. Moser. Todos esos estudios biológicos fueron intensivos a lo largo de los

años y en 1969 Scripps ya podían presumir de conservar más de 60.000 muestras planctónicas: la mayor colección del mundo de un área marina concreta.

Efectivamente, fue en esa complicada e interesante área oceanográfica donde continuaría Alvariño su especialización profesional, con una beca en la nombrada Woods Hole (1956-1957), colaborando con Mary Sears, zooloquista experta especialmente en sifonóforos, quien la recomendó seguidamente al director de la Scripps. Trabajó la española de bióloga en esa última institución durante doce años (1958-1969), estudiando miles de muestras planctónicas obtenidas principalmente en el área de California. Recordaba años más tarde su llegada al citado organismo: *Me encontré con un océano de muestras de plancton para estudiar, e inicié con ansia y entusiasmo esos estudios con las colecciones obtenidas en ese año* [1958].

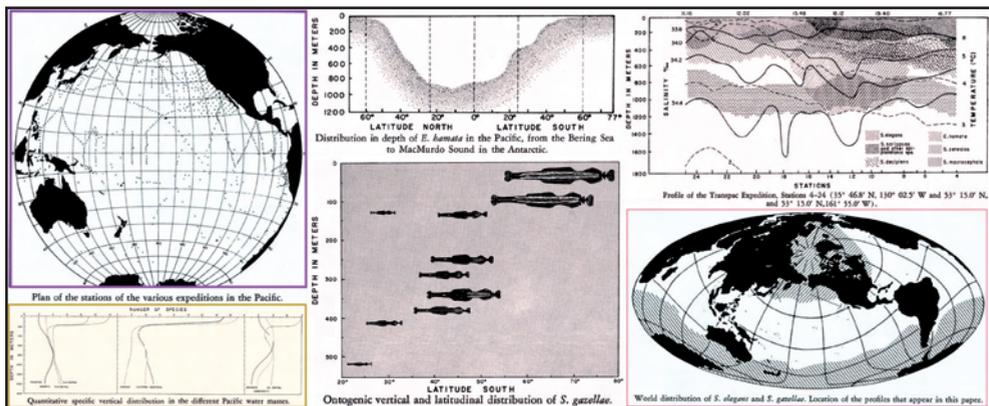
A esa institución dedicó una nueva especie descubierta (*Sagitta scrippsae*) útil indicadora de las aguas frías procedentes del Norte (Corriente de California) que se extendían extensamente en verano hacia el Sur. También analizó en su laboratorio colecciones de material biológico procedente de otras zonas del Pacífico, del Atlántico e Índico y se convirtió en una de las primeras mujeres en publicar un artículo en el acreditado *Bulletin* de la Scripps (1962: *Two new Pacific Chaetognaths: their distribution and relationship to allied species*). En esta nueva etapa profesional publicó 20 artículos científicos, mayoritariamente sobre chaetognatos (el 85 %), seguidos de los sifonóforos y las hidromedusas. Particularmente destacadas fueron sus publicaciones del quinquenio 1965–1969, que recibirían el mayor número de citas de toda su carrera profesional (Pérez-Rubín y Wulff, 2011).

En uno de sus celebrados artículos de 1965 identificaba a las diferentes especies de chaetognatos asociadas con las aguas cálidas o frías en el Sistema de la Corriente de California y también distinguió entre los taxones neríticos y mesopelágicos. Las especies propias del agua fría del norte incluyen a *Sagitta maxima* y *Eukronita hama* en profundidades mayores de 100 m, y a *S. scrippsae* en las capas superficiales. Igualmente ésta resultó ser un buen indicador de las aguas frías procedentes del Norte (Corriente de California) y variaban con ella: en invierno (solo al norte) y verano (con su máxima extensión, llegando al sur californiano). Por otro lado, mientras que *S. pacifica* es típica de agua cálida y central, *S. euneritica* es propia del sector costero. Completaba su investigación distinguiendo entre variadas especies caracterizables como “tropicales” o “mesopelágicas”.

Totalizaron más de 2.000 muestras de plancton del Pacífico (pertenecientes a 15 campañas de varias instituciones americanas) las analizadas por Alvariño para varias de sus publicaciones de 1962 a 1965. Con esa valiosa documentación generada acometió la elaboración del extenso monográfico *Distributional Atlas of the Chaetognatha in the California Current Region*,

que vio la luz en diciembre de ese último año (Alvariño, 1965). Para este trabajo seleccionó las muestras recogidas en las campañas mensuales de CalCOFI pertenecientes a dos años representativos de situaciones térmicas extremas: 1954 (año frío) y 1958 (cálido). Las numerosas figuras incluidas mostraban la variación de la abundancia estacional y distribución de las diferentes especies de quetognatos del área, información de gran interés para comprobar sus particulares relaciones con las respectivas masas de agua.

El año anterior había publicado otra importante monografía sobre la distribución de ese mismo grupo taxonómico en todo el océano Pacífico y en áreas próximas septentrionales y meridionales: *Bathymetric distribution of Chaetognaths* (Alvariño, 1964). Un quinquenio después completaría esa catalogación global con los sifonóforos mundiales, aunque con particular atención en las especies pacíficas (*Siphonophores of the Pacific with a review of the world distribution*), con más de 400 páginas y 66 figuras mostrando las distribuciones geográficas de otras tantas especies modélicas, donde también se concretaban las diferentes cotas batimétricas donde habían sido capturadas en las múltiples campañas analizadas (Alvariño, 1971).



**Figura 16.** Selección de imágenes extraídas de la publicación de Alvariño (1964) sobre la distribución batimétrica de los quetognatos. Cartografía del Pacífico ubicando las estaciones de muestreo prospectadas en múltiples expediciones y estudio comparado de la variación vertical del número de especies en variadas masas de agua (columna izquierda). Dos tipos de gráficas muestran los particulares patrones de dos taxones concretos (centro). Distribuciones espaciales de las especies en función de variadas condiciones termo-salinas y repartición geográfica opuesta que presentan dos especies a escala global (columna derecha).

Un inciso para insertar una muestra del espíritu inquieto de Ángeles Alvariño y de su pasión investigadora en diferentes ámbitos. En 1966, aprovechando una larga estancia en Madrid, intentó localizar y recuperar antiguos datos

climáticos sobre California en los archivos históricos españoles, incluyendo al del Museo Naval. Probablemente seguía la recomendación de su colega John Isaacs, de la Scripps, que estaba convencido de que los diarios de navegación españoles de la ruta transpacífica del Galeón de Manila (1565-1815) debían contener series muy valiosas de información meteorológica del Pacífico.

Durante las dos décadas siguientes desarrollaría sus investigaciones en otro prestigioso instituto de investigación oceanográfica y pesquera en California: el Southwest Fisheries Center (dependiente de la NOAA), donde se incorporó en 1970 al equipo científico liderado por E. Ahlstrom, R. Lasker y A. Longhurst. Continuaron las prospecciones periódicas en el mar y diseñaron estudios experimentales enfocados a mejorar el conocimiento de los dos factores que se consideraba afectaban principalmente a la supervivencia de las primeras etapas del desarrollo de los pequeños peces pelágicos: inanición (grave debilidad individual causada principalmente por falta del alimento adecuado) y predación. Particularmente se complementaron las investigaciones sobre la ecología larvaria de la especie de anchoa del área (*Engraulis mordax*), al considerarse que era un componente muy importante del mismo ecosistema que compartía con la sardina. Mientras que los huevos de ambas especies son muy fáciles de distinguir por su diferente morfología (uno es esférico y el otro elíptico), las respectivas larvas solo pueden diferenciarlas los analistas entrenados.

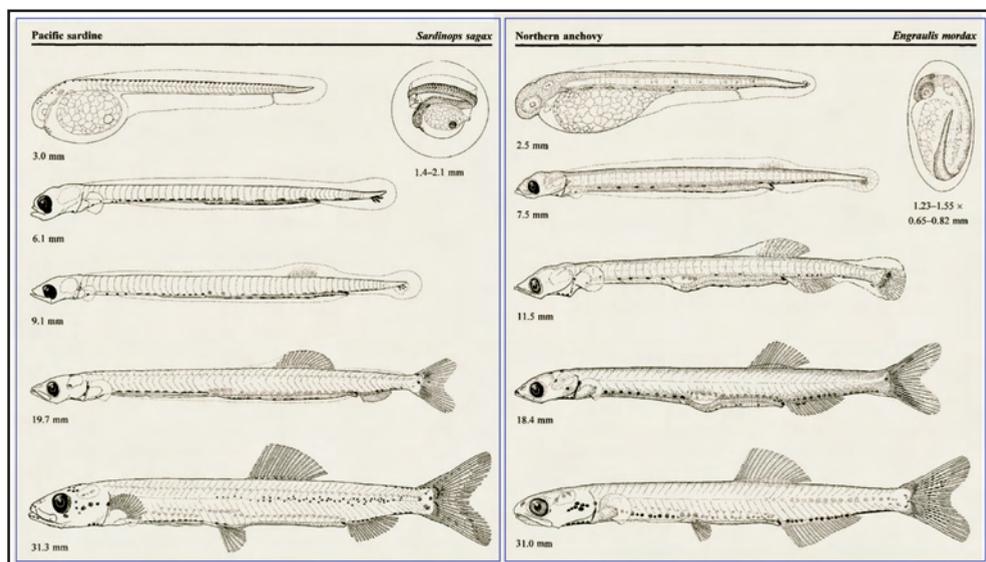


Figura 17. Huevos y fases larvarias de la sardina y anchoa del Pacífico (Moser, 1996).

Cómo se había comprobado en las muestras oceánicas del golfo de Maine que algunos eufausiáceos también devoraban larvas de peces, se decidió llevar a cabo experimentos sobre depredación en pequeños acuarios instalados en el laboratorio. Eligieron respectivamente dos de las especies más abundantes y significativas en la región de la Corriente de California, tal y como nos describe Alvariño: *Theilacker y Lasker (1973) mantuvieron en el laboratorio ejemplares de Euphasia pacifica junto con larvas de anchoa (Engraulis mordax), y observaron que estos eufausiáceos capturaban las larvas de anchoa recién nacidas, pero que cuando las larvas aumentaban de tamaño y con ello su movilidad y rapidez, las capturas se reducían progresivamente hasta llegar a cero (Alvariño, 1977).*

Durante esa renovada etapa de investigaciones experimentales, nuestra biografía contribuyó en gran medida a desarrollar la ecología de la comunidad planctónica del área californiana, orientando su interés en la interpretación de la presencia espacial y temporal de las larvas de diferentes especies de peces en función de las particulares distribuciones presentadas simultáneamente por el zooplancton invertebrado depredador. A continuación resumimos una exposición divulgativa donde queda patente su amplia experiencia con clarificadores razonamientos científicos, describiendo las negativas consecuencias para las pesquerías de *la depredación en el reino del plancton* y explicando su aplicación a la biología pesquera. Excluye por tanto a los peces adultos que, aunque también son depredadores de peces jóvenes y larvas, no pertenecen a la comunidad planctónica, sino a la nectónica (al ser nadadores):

*Mi experiencia personal en el estudio del plancton y el análisis crítico de la literatura relacionada con la mortalidad de las larvas de peces, demuestra sin lugar a refutación, que la depredación que ejercen los organismos carnívoros del plancton en las larvas de peces es probablemente el agente más importante en la mortalidad de las mismas. Así lo reconocen otros muchos autores. Por lo tanto, he tratado de enfocar mi investigación sobre este derrotero, y al fin he conseguido que fuese aceptado un proyecto de estudios de depredación en el reino del plancton, para que los resultados obtenidos se apliquen directamente a los estudios pesqueros.*

*Quetognatos, sifonóforos, condróforos, medusas, ctenóforos y otros zooplanctontes carnívoros consumen grandes cantidades de las delicadas larvas de peces, al mismo tiempo que compiten con ellas y los peces planctófagos en la captura del alimento [...].*

*En la región de California el accidente oceanográfico más importante es la Corriente de California, cuya acción hace variar la temperatura*

*de las aguas y el complejo faunístico de esa región, tanto en la calidad como en la cantidad de especies. Esta región oceánica presentó de 1944 a 1956 temperaturas más bajas que las normales, de 1957 hasta 1960 las temperaturas aparecían más elevadas, desde 1960 hasta 1964 las temperaturas fueron bajas en general, aunque no tanto como en la primera parte de la década de los cincuenta, y de 1965 hasta la fecha [1977] las temperaturas pueden considerarse elevadas o normales, pero no tan altas como en la segunda década de los 1950. Murphy indica que los años cálidos tienden a coincidir con una generación próspera de sardinas, y los años fríos con una generación pobre.*

*Durante los años de temperaturas bajas, los organismos depredadores estaban constituidos por especies grandes, de elevada capacidad depredadora, y sus poblaciones eran muy abundantes, mientras que en los años con temperaturas altas, las especies eran de menor tamaño y sus poblaciones no eran muy abundantes. También hay que indicar aquí, que las temperaturas bajas contribuyen a la prolongación de la fase larval y por lo tanto el período crítico de la vida de la larva se alarga, estando así expuesta durante más tiempo a las injurias ambientales y bióticas. De modo que en el caso descrito para la región de California, durante los años fríos, la depredación sería más activa, de mayor magnitud, y más intensa debido respectivamente a las características del plancton y a la extensión del periodo larval [...].*

*Mis datos inéditos sobre la abundancia en tiempo y espacio de varias especies de quetognatos y larvas de peces en la región de California (estudio de muestras mensuales sobre toda la región y durante varios años) indican que una abundancia elevada en las poblaciones de quetognatos coincide con escasez de larvas de peces y viceversa.*

*He observado que en el intestino de los quetognatos aparecen con más frecuencia larvas de peces en una fase de desarrollo avanzada que larvas en la fase del saco vitelino. Esto puede ser debido a que las larvas en la fase de saco vitelino son digeribles con mayor rapidez, o que los quetognatos detectan con mayor eficacia las vibraciones producidas al nadar por las larvas más desarrolladas que las recién nacidas. Es posible que ambos factores sean válidos, es decir, digestión rápida y mayor eficacia en la captura de larvas más desarrolladas, aunque éstas tengan un potencial natatorio mayor.*

*Hay por lo tanto que analizar y estudiar con detalle las múltiples facetas de la investigación relacionada con las poblaciones pesqueras, esto es, el estudio de los factores bióticos y abióticos, en relación con las poblaciones de larvas y juveniles, los peces en la fase de reclutamiento*

*en las pesquerías y la población adulta correspondiente. Entonces se conseguirá conocer y tratar de determinar los efectos que tales cambios ambientales producen en la pesquería, y se podrá predecir con gran aproximación la magnitud de la población pesquera [...].*

*Por todo lo expuesto se puede reconocer la magnitud de la devastación que afecta a las crías de los peces oceánicos, y por lo tanto deseo hacer énfasis sobre este tema para resaltar la necesidad de llevar a cabo más investigaciones relacionadas con depredación. Los valores específicos que se obtengan en estas investigaciones se podrán aplicar entonces a los cálculos correspondientes para determinar la abundancia de las poblaciones pesqueras y en consecuencia orientar con mayor precisión los varios aspectos de la pesca, su estrategia, conservación y la industria pesquera [...].*

*A continuación inserto algunos datos sobre la abundancia y alimentación de los organismos depredadores, quetognatos, celentéreos (medusas, condróforos, sifonóforos), ctenóforos y otros carnívoros que integran el reino del plancton [...].*

*Todos los celentéreos (condróforos, sifonóforos y medusas) son carnívoros, y se puede observar su acción depredadora en las poblaciones de peces. Poseen un sistema especial que produce un veneno que inyectan a sus víctimas, ocasionando en ellas un letargo, parálisis y muerte. La captura del alimento en los celentéreos y en varios ctenóforos está relacionado íntimamente con esta producción e inoculación de veneno [...]. La anatomía de los sifonóforos está perfectamente diseñada para pescar activamente y desplazarse rápida y furtivamente en el agua. Son transparentes en su mayor parte, y extienden sus redes de tentáculos que llegan a alcanzar varios metros. De las 150 especies reconocidas, solamente se ha observado el alimento en nueve especies, de modo que aquí hay todavía un amplio campo de estudio para los biólogos interesados en estas investigaciones [...]. Las medusas producen un veneno con el cual atacan a las víctimas, dejándolas inmóviles y dispuestas para ser devoradas con mayor facilidad. Todas son carnívoras, devorando larvas de peces y de otros animales de importancia comercial (crustáceos, moluscos) [...]. Adoptan formas variadas y caprichosas con multitud de gamas de colores. El estudio de estos animales es interesante para el conocimiento de la fauna, ecología, indicadores de condiciones oceánicas y depredación, así como en los modernos estudios farmacológicos en relación con las investigaciones médicas [...].*

*Los ctenóforos son tan voraces que barren prácticamente del plancton la región que habitan dejándola limpia, así ningún zooplanctonte*

*puede coexistir con ellos. En sus movimientos peculiares en circunvoluciones rizando el rizo, exploran grandes volúmenes de agua, y así capturan enormes cantidades de organismos [...] (Alvariño, 1977).*

En su línea de trabajo sobre el estudio comparado entre las distribuciones de los predadores planctónicos con las larvas de anchoa (*Engraulis mordax*), continuó examinando al microscopio colecciones planctónicas mensuales de CalCOFI recogidas durante años mejor caracterizados térmicamente con respecto a las condiciones climáticas normales en la región: frío (1954), extremadamente frío (1956) y cálido (1958). En la publicación integradora (Alvariño, 1980), además de incluir los resultados del análisis de las poblaciones de especies predatoras (quetognatos, sifonóforos, condróforos, medusas y ctenóforos), aportaba datos sobre la abundancia de otros zooplanctontes presentes en las mismas muestras (copépodos, eufausiáceos, larvas de decápodos, pterópodos, heterópodos, poliquetos, salpas, doliólidos y pirosonas). Obtuvo las siguientes conclusiones, destacadas en su resumen:

*En general, la concentración de depredadores y larvas de anchoa aparecía en relación inversa. Se observó con frecuencia que en las zonas de surgencia no aparecían larvas de anchoa. Esta ausencia coincidía con la presencia de procordados, larvas de decápodos, pterópodos, heterópodos, y poliquetos; y la abundancia de larvas de anchoa concurría con gran cantidad de copépodos y eufausiáceos. Este hábitat podría denominarse "agua de anchoa".*

*Los análisis del contenido estomacal de los depredadores y las correspondientes muestras planctónicas han demostrado que cuando abundaban en el plancton copépodos y eufausiáceos, los depredadores ingerían menos larvas de peces (Alvariño, 1980).*

En un artículo posterior retoma esas investigaciones con la anchoa (cuando era *el pez más abundante en la región*) e identifica a los sectores con presencia de las mencionadas aguas frías de afloramiento o surgencia durante aquel trienio (1954/1958). Añade al análisis unos completos muestreos estacionales llevados a cabo en 1969, durante el día y la noche, en ocho niveles batimétricos comprendidos desde los 600 m hasta la superficie. Tras mucho esfuerzo y paciencia consiguió identificar a un quetognato como indicador de esas zonas frías de gran productividad y sus resultados numéricos mostraban una íntima relación inversa entre las mencionadas aguas de surgencia y la abundancia de dichas larvas. Éstas resultaron ser más frecuentes en primavera, y más escasas e infrecuentes en el invierno y en las mencionadas zonas de afloramiento:

*Las larvas de anchoa abundan en aguas caracterizadas por elevada densidad de poblaciones de Sagitta euneritica, S. bierii, Muggiaea atlántica y copépodos [...].*

*Las surgencias se presentaron con mayor intensidad en 1956 (11,1 %), con mínimos en 1954 (1,4 %) y con intensidad intermedia en 1958 (5,1 %) [...]. Al parecer las surgencias han sido más activas en 1969 que en los otros años estudiados. La abundancia de S. decipiens en los estratos de 0 a 100m de profundidad puede considerarse un índice de afloramiento y de su intensidad, y así resulta el invierno con mayor abundancia y frecuencia de este indicador planctónico, seguido del otoño, verano y primavera (Alvariño, 1985).*

Son resultados muy clarificadores y particularmente interesante la confirmación de que en el año “extremadamente frío” de 1956 las surgencias se presentaron con mayor intensidad (para los otros dos años los resultados se alejan de lo esperado *a priori*).

Otras especies de peces de interés económico estudiadas por Alvariño tiempo después fueron ejemplares adultos de la albacora (*Thunnus alalunga*) y larvas del jurel (*Trachurus symmetricus*), encontrando con ambos una correlación positiva entre sus distribuciones y las del quetognato *Sagitta scrippsae* (Alvariño, 1983a).

Como paralelamente ella mantenía su interés en los sifonóforos de las aguas de California y Baja California, aprovechó igualmente los muestreos intensivos de aquel año 1969 para conocer la variación estacional en la abundancia y distribución batimétrica diurna y nocturna de gran número de especies. Condensó toda la información disponible, publicada principalmente por ella misma con anterioridad, ampliando de forma notable la relación de especies con nuevas y destacadas aportaciones (Alvariño, 1991).

Importantes mejoras metodológicas habían comenzado a aplicarse en las prospecciones planctónicas desde comienzos de la década de los 80, pues se diseñaron nuevos modelos de redes que permitían la obtención de capturas más rápidas y precisas de los huevos y larvas de anchoa, junto con el resto de la comunidad planctónica presente. Un detallado informe firmado por Alvariño y Kimbrell (1987), exponía a la comunidad científica los resultados obtenidos en la identificación faunística del zooplancton capturado en cuatro campañas oceanográficas estacionales del período 1981-1985 (totalizando 243 colecciones), con las redes de los modelos Calvet y Pairovet. Estos análisis taxonómicos se enmarcaban en un ambicioso proyecto liderado por R. Lasker (1929-1988) consistente en un método multidisciplinar dirigido a la estimación de la biomasa desovante de esa especie de pez de interés pesquero

basado en la información sectorial aportada por especialistas en diferentes campos. Simplificando mucho la base teórica podemos decir que se apoya en la consideración de que, en un área marina concreta, la producción de huevos de la especie objetivo durante su época de puesta es proporcional al peso de la fracción madura de la población. Para poder aplicar el modelo matemático también hay que investigar durante la campaña oceanográfica determinados parámetros de los peces adultos, como la proporción de sexos y la fecundidad relativa en toda el área prospectada.

Al nombrado Lasker también se debieron estudios pioneros para avanzar en la comprensión de las causas de la mortalidad de las larvas de peces, que dieron lugar al desarrollo de renovadas técnicas capaces de mostrar en esas fases de desarrollo sus particulares crecimiento y estado de condición fisiológica. Concretamente durante la época de desove de la anchoa se implementaron estudios de campo intensivos en diferentes sectores del sur de California (aguas costeras y de mar abierto), dirigidos específicamente a relacionar procesos medioambientales marinos con la probabilidad de supervivencia larvaria, como avance para el proceso de reclutamiento. Apoyados con la toma de datos físico-químicos y bióticos, y el empleo de boyas subsuperficiales a la deriva para un seguimiento *in situ* de las variaciones locales diarias. Alvariño participó en estas investigaciones y los resultados obtenidos sugerían que la puesta de los bancos de adultos de la especie no era indiscriminada sino que los ejemplares maduros tendían a desovar bajo condiciones que permitieran la posterior supervivencia de la prole (Owen et al., 1990).

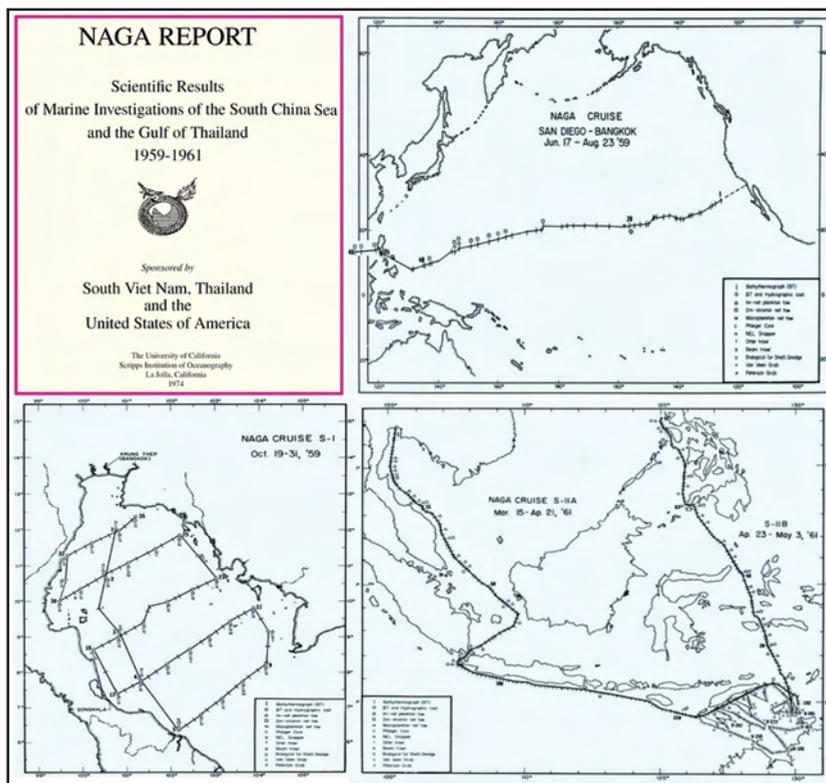
### Otras áreas distantes

El amplio interés de Alvariño por regiones muy alejadas de su área de trabajo más cercana (el Pacífico) queda patente en la descripción que hace de las fluctuaciones en las pesquerías del caladero canario-sahariano (otra gran área de afloramiento con altísima producción pesquera), basándose en una publicación de sus compatriotas José Luís Cort (IEO, Santander) y Germán Pérez-Gándaras (Instituto de Investigaciones Pesqueras, Vigo), avisando ella a sus colegas americanos de la pesca intensiva internacional que ya se estaba produciendo en esa área frente al entonces denominado Sahara Español:

[Los cefalópodos] *Octopus vulgaris*, *Loligo vulgaris* y *Sepia officinalis* aparecieron en gran abundancia en el Banco Sahariano en 1966-1967, en un área que abarca desde 23 °N hasta 25° N con profundidades de unos 50 m frente al Sahara Español (según Cort y Pérez-Gandaras en 1973). Se observó que los espáridos (*Dentex dentex*, *D. canariensis* y *Pagrus pagrus*) habían disminuido drásticamente en esa región desde

1960 debido a que se había venido practicando una pesca excesiva en estas poblaciones. Simultáneamente con esta desaparición de los espáridos, se observó que las poblaciones de cefalópodos aparecían en gran abundancia, y devoraban grandes cantidades de larvas de espáridos. En otras épocas, cuando estos espáridos eran muy abundantes en el Banco Sahariano, las poblaciones de cefalópodos estaban controladas por la actividad depredadora de los espáridos. Se observó así mismo que en otras zonas próximas a esta región, donde las poblaciones de peces no han sido sometidas a una pesca excesiva, se mantiene un equilibrio entre las poblaciones de peces y cefalópodos, de carácter semejante a la que existía antes en el Banco Sahariano. De modo que lo que ahora sucede es, que las poblaciones de peces no pueden recuperarse debido al ataque depredador que ejercen los cefalópodos, al devorar las larvas, y a su vez los peces no son suficientes para consumir cefalópodos, así que estos estarán solo controlados por la escasez de alimento, ya que no existen peces en número suficiente para mantener reducida la producción de cefalópodos, y por una pesca intensiva que precisamente está iniciándose en aquella región (Alvariño, 1977).

Por otro lado, debido a su sólida y amplia formación en diferentes grupos planctónicos de distribución mundial fue requerida en numerosas ocasiones para analizar muestras de las extensas campañas oceanográficas que desarrollaron los EEUU en la década de los años 60 en extensas áreas oceánicas que todavía no se habían investigado convenientemente. En general incluyeron la necesaria colaboración de otros países, destacando las denominadas: *Naga Expedition* (1959-1961, en el golfo de Tailandia y mar del Sur de China), *International Indian Ocean Expedition* (1959-1965), conocida abreviadamente como *Monsoon Expedition*, para estudiar oceanográficamente el complejo sistema de corrientes en el Índico y la meteorología, y el *U.S. Antarctic Research Program* (1963-1967, prospecciones con el R/V *Eltanin* y capturas planctónicas a más de 1.000 m de profundidad). En esta última serie se abarcaron en las prospecciones las aguas antárticas, subantárticas y de regiones adyacentes del Atlántico y Pacífico.

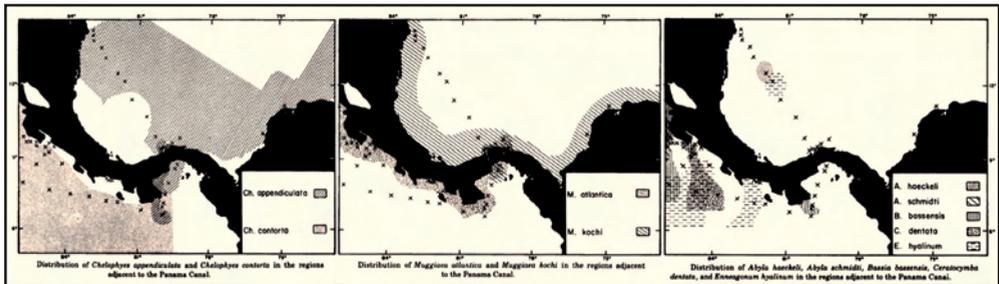


**Figura 18.** Muestra de la cobertura espacial de varias campañas de la serie NAGA (1959-1961): atravesando el Pacífico, en el golfo de Tailandia y mar del Sur de China (Faughn, 1974).

En varias publicaciones desarrolló Alvariño su interés investigador por conocer las inestables e imprevisibles situaciones oceanográficas que se presentaban en aquellas regiones del planeta donde confluyen aguas de diferentes océanos, convirtiéndose en muy variables y complejos escenarios de transición donde se diluyen las barreras o fronteras físico-químicas en amplias zonas de mezcla de masas de agua y especies planctónicas de orígenes geográficos muy distantes.

Un caso paradigmático es el estrecho de Magallanes, donde se presenta una gran dificultad práctica para llegar a delimitar inequívocamente las muy cambiantes influencias de las aguas del Atlántico y Pacífico. Este interesante sector de estudio está incluido en la actualidad dentro del área biogeográfica denominada “Sudamérica Antiboreal” o “Magallánica”, región que se extiende desde los 42° S hasta la Convergencia Antártica, incluyendo a las islas Malvinas.

Otro enclave fronterizo atlántico-pacífico muy interesante oceanográficamente se constituye en relación con el Canal de Panamá, donde la Scripps llevó a cabo prospecciones entre 1962-1969 que incluyeron el Caribe y sectores pacíficos adyacentes al Canal. Alvariño publicó en 1974 un estudio comparado sobre las diferencias en la distribución espacio temporal de los sifonóforos entre esta área americana (figura 19) y la muy distante mediterránea del Canal de Suez (figura 13). Los resultados preliminares se presentaron a un congreso internacional en Montecarlo (*Symposium on Biological Effects of Interoceanic Canals*), a falta de la información hidrográfica complementaria que no se la facilitaron a tiempo los oceanógrafos físicos responsables. La publicación resultante era un complemento de sus anteriores estudios sobre ese mismo grupo taxonómico en regiones oceánicas trópico-ecuatoriales (Alvariño, 1968 y 1972b) y en el Pacífico central americano (Alvariño, 1971), completando este último con una recopilación de datos sobre las variadas distribuciones a escala global.



**Figura 19.** Distribuciones espaciales de sifonóforos en el Canal de Panamá. Estudio basado en el material colectado por campañas de la Scripps en el Caribe y sectores del Pacífico adyacentes al Canal (1962-1969) (Alvariño, 1974a).

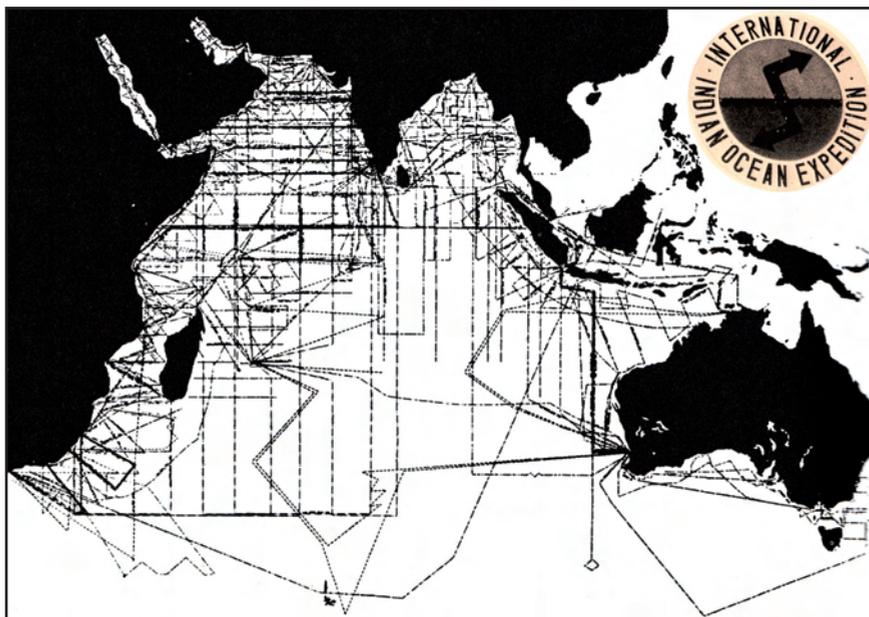
### *El Índico*

En otro artículo de 1974, publicado por la Marine Biological Association de la India, demostraba la importancia del océano Índico como origen de especies planctónicas y trascendental enlace biológico uniendo los océanos Pacífico y Atlántico (Alvariño, 1974b). También muy destacable la presencia en el Índico de especies de peces procedentes del Mediterráneo, como demostraba en ese mismo número de la revista el ictiólogo Enrico Tortonese.

Los orígenes del interés oceanográfico internacional por esa extensa área se remontan a la famosa y multitudinaria Expedición Internacional al Océano Índico (1959-1965), que incluyó los mares adyacentes. Se planificó porque era

en aquella época el menos conocido científicamente de los océanos no polares y sus abundantes recursos pesqueros estaban escasamente aprovechados. Las investigaciones abarcaron la oceanografía física y química, la meteorología, la biología marina, la geología marina y la geofísica. Contaron a lo largo de los años con 46 buques de investigación, bajo 13 pabellones diferentes, con la participación más importante y numerosa de nueve países y prospecciones simultáneas de grandes buques como el inglés *Discovery* y el estadounidense *Anton Bruun* de la Woods Hole, con una brillante dirección de los estudios biológicos a cargo de John Ryhter (1922-2006). Ese buque americano, un exyate presidencial reformado convenientemente, se convirtió durante dos años en un gran laboratorio flotante multicultural con científicos invitados de 16 nacionalidades diferentes, incluida la española.

La incidencia científica del proyecto resultó trascendental y se desarrollaron nuevos métodos de exploración conjunta del océano. Para Tailandia, India y Pakistán significó el necesario impulso nacional para sus respectivos programas oceanográficos. Incluso se publicó un libro divulgativo patrocinado por la UNESCO, traducido en España, donde se plasmaba: *la dimensión humana de la expedición, con comentarios personales de los participantes, los éxitos y fracasos, las controversias y la pasión que suscita la investigación científica* (Behrman, 1981).



**Figura 20.** Perfiles de muestreo de diferentes buques oceanográficos participantes en la International Indian Ocean Expedition, 1959-1965 (Behrman, 1981).

Las investigaciones meteorológicas fueron independientes y desarrollaron un Experimento Global de la Atmósfera con el mayor despliegue de medios de todos los tiempos (9 buques meteorológicos, 100 aviones de investigación, 5 satélites meteorológicos, 300 globos de gran altura, boyas a la deriva en el océano Austral, etc).

En la última década de nuestro siglo se han intensificado las investigaciones internacionales en dicho océano Antártico o Austral (Southern Ocean), por su destacado protagonismo en el acoplamiento del océano con la atmósfera y criósfera (áreas heladas), en íntima relación con la variabilidad climática global. Se monitorean actualmente tanto las conexiones oceanográficas Indo-Atlánticas como las Indo-Pacíficas. Ecológicamente esta última región, reconocida como centro global de biodiversidad, abarca una amplia y compleja variedad de áreas marinas, incluyendo al propio océano Índico, el sector templado y tropical del Pacífico Oeste con sus mares marginales adyacentes, y los del sudeste asiático.

Precisamente el año pasado, coincidiendo con el cincuentenario de esa magna Expedición, en la 47ª reunión del Consejo Ejecutivo de la UNESCO (julio 2014), se estudió la propuesta de participación de su Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) en una segunda Expedición Internacional al Océano Índico, después de que se elabore un plan de investigación dirigido por el Comité Científico de Investigaciones Oceánicas (SCOR).

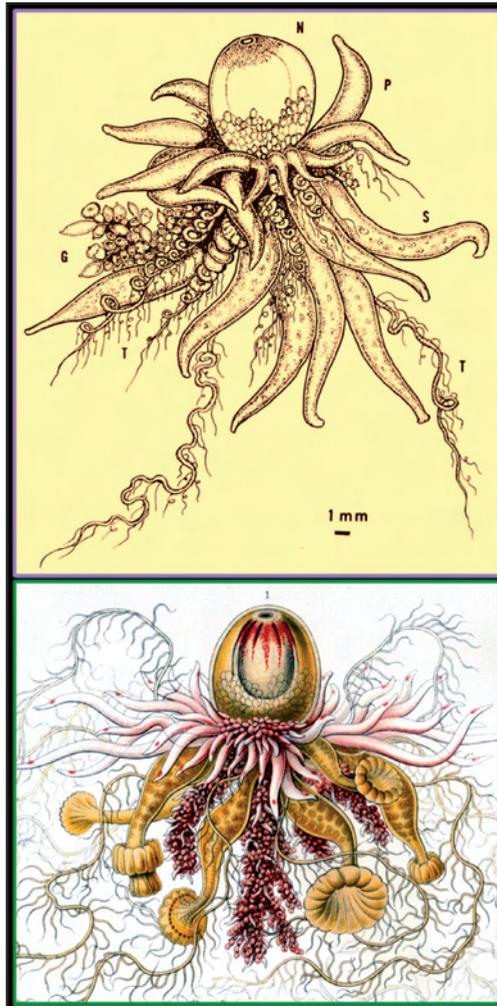
### **Sus aportaciones taxonómicas**

La descripción de nuevas especies para la zoología marina representó cerca del 17 % del total de los artículos científicos de Alvariño, y fueron publicados entre los años 1961 y 1988. Corresponden a 22 especies descubiertas por ella: 12 de quetognatos (8 pelágicos y 4 bentónicos), 9 de sifonóforos y 1 hidromedusa. Su reparto geográfico muestra que la mayor parte de las especies (el 41 %) son propias del Pacífico Norte –incluyendo muestras de California, Méjico y las islas Hawaii y Marshall–, siguiéndoles en orden decreciente las de otras áreas más distantes: Pacífico Sur y Antártida, mar del Sur de China y golfo de Tailandia, y océano Atlántico (Pérez-Rubín y Wulff, 2011).

La gran calidad científica de las ilustraciones de Alvariño sigue siendo reconocida en trabajos actuales, como en la guía del zooplancton del Índico de Conway et al. (2003), quienes reproducen las figuras de 16 especies descritas originariamente por ella de forma magistral (*the wonderfully detailed drawings of chaetognaths by Angeles Alvariño*).

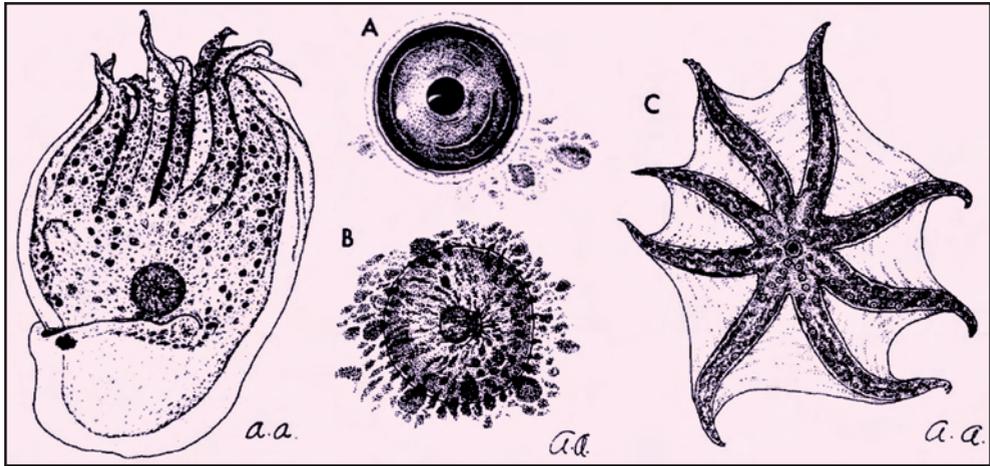
Particularmente artística resultó su representación gráfica del muy infrecuente y particularmente bello ejemplar del sifonóforo *Epibulia ritteriana* (Alvariño, 1972a), descrito originariamente por el naturalista Haeckel en 1888

en base al individuo capturado seis años antes en la emblemática campaña del buque *Challenger* a la altura de Ceylán. Sin embargo no fue especie aceptada en el siglo XX por los especialistas Totton y Bargmann, que la consideraron probablemente irreal e idealizada en la artística ilustración original del autor alemán. Alvariño obtuvo su ejemplar en aguas del Atlántico SO y según un investigador actual (Boltovskoy) podría tratarse de otra especie diferente: *Rhizophysa filiformis*.



**Figura 21.** Representaciones gráficas del sifonóforo (colonial) *Epibula Ritteriana* Haeckel (1888). El dibujo técnico original de arriba corresponde al ejemplar descrito por Alvariño (1972a), y contrasta con la ilustración aparentemente más fantástica e idealizada de Haeckel (1904, *Kunstformen der Natur*).

Al igualmente raro y pequeño cefalópodo *Alloposus mollis* corresponden sus destacadas ilustraciones para la contribución científica que firmó con su colega J. R. Hunter, y que reproducimos con varios detalles anatómicos en la figura 22 (Alvariño y Hunter, 1981).



**Figura 22.** El poco frecuente cefalópodo *Alloposus mollis*. Vista lateral (izquierda), con detalles de los ojos (A, B) y de la corona de tentáculos con su membrana (Alvariño y Hunter, 1981).

En el trío de figuras 23 a 25 hemos seleccionado y agrupado una amplia colección de imágenes originales de Alvariño publicadas durante el período 1967-1988, correspondientes a una muestra de una docena de especies nuevas halladas y descritas por ella: quetognatos (*Spadella legazpichessi* y *S. pimukatharos*), medusa (*Pandea cybeles*) y sifonóforos (*Nectocarmen antonioi*, *Vogtia kuruae*, *Thalassophyes ferrarii*, *Lensia lelouveteau*, *L. eugenioi*, *Heteropyramis alcala*, *L. eltanin*, *L. reticulata* y *L. landrumae*). En la leyenda de cada figura detallamos las diferentes fuentes bibliográficas utilizadas.

**Figuras 23-25.** Detalladas descripciones de dos especies nuevas de quetognatos bentónicos del género *Spadella* descubiertas por Alvariño: *S. legazpichessi* (izquierda) y *S. pimukatharos*. Vistas dorsales de la cabezas (letras A) y colas (B), junto con las secciones laterales del dorso (C) y vientre (D) (Alvariño, 1981 y 1987) [Figura 23]. La medusa *Pandea cybeles*, detallando los bulbos en los tentáculos marginales (A) y las gónadas (B) (Alvariño, 1988) [Figura 24]. Montaje del autor a partir de una selección de imágenes extraídas de varias publicaciones de Alvariño sobre nuevas especies de sifonóforos descubiertas, descritas y dibujadas por ella. Un individuo completo de *Nectocarmen antonioi* de unos 20 cm de longitud (izquierda, incluyendo gastrozoides en el recuadro). Nectóforos de *Vogtia kuruae* (1), *Thalassophyes ferrarii* (2), *Lensia lelouveteau* (3, eudoxio completo), *L. eugenioi* (4), *Heteropyramis alcala* (5), *L. eltanin* (6), *L. reticulata* (7) y *L. landrumae* (8) y según Alvariño, 1967, 1983b; Alvariño y Wotjan, 1984; Alvariño y Frankwick, 1983) [Figura 25].

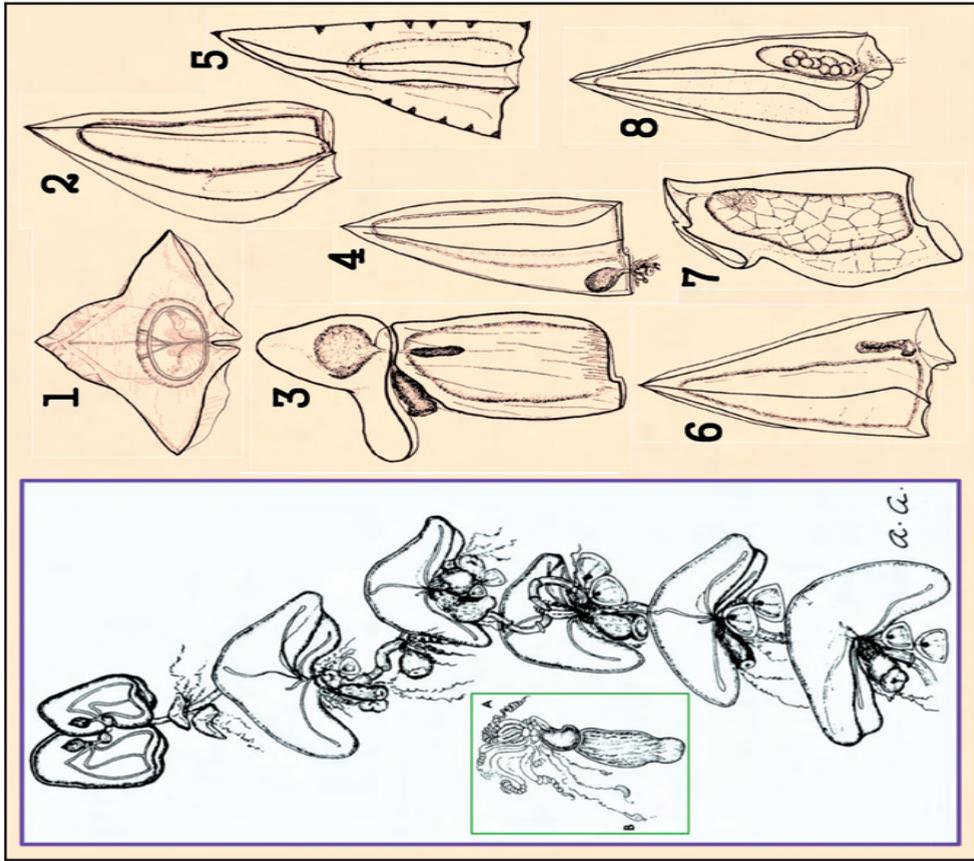


Figura 25.

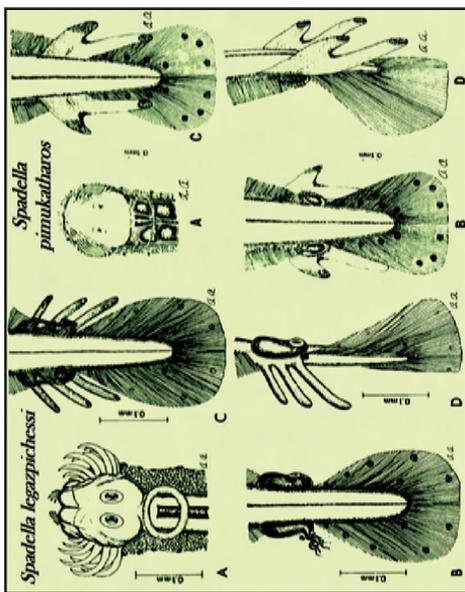


Figura 23.

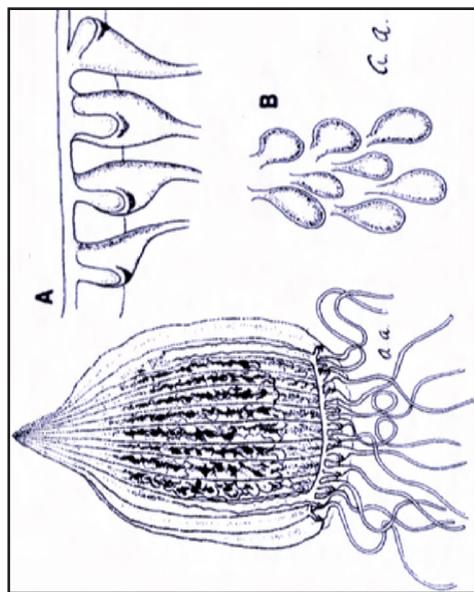
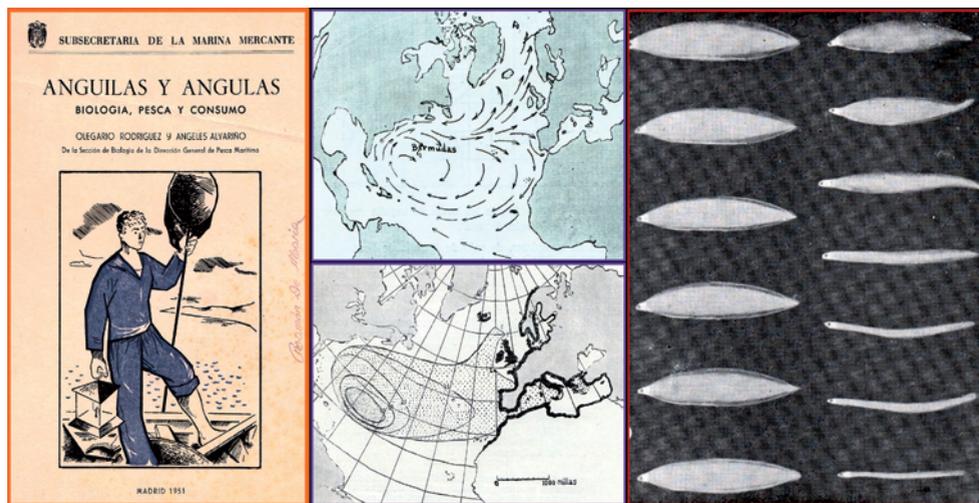


Figura 24.

## La divulgación

Fue autora, junto con su colega Olegario Rodríguez (1916-2009), de dos libros de divulgación de cerca de un centenar de páginas cada uno: *Angulas y anguilas* y *La merluza, el bacalao y especies afines*. En la primera obra (Rodríguez y Alvariño, 1951) se mencionan a un total de 50 especies de peces que incluyen a 22 de anguilas de todo el mundo. Como la especie objetivo es la europea se repasan las investigaciones sobre ella llevadas a cabo por varios científicos, particularmente el danés Johannes Schmidt (1877-1933) que tras muchos años de estudio pudo demostrar la migración de las anguilas adultas del Atlántico y Mediterráneo al mar de los Sargazos para reproducirse y el posterior proceso de dispersión de sus larvas (leptocéfalos), que llegarán hasta los ríos de origen de sus padres y se transformarán en la codiciada angula. Describen en detalle los variados procesos implicados en cada una de las fases del ciclo biológico de la especie, sus particulares parásitos y enemigos naturales, las diferentes modalidades para la pesca de adultos y angulas, con la respectiva legislación española vigente, las operaciones para un correcto proceso de ahumado que alargue su conservación y una veintena de recetas culinarias. Con todo ese interesante conjunto de información se trataba de revalorizar a la especie y promover su consumo en los hogares españoles.



**Figura 26.** Imágenes del libro *Anguilas y angulas. Biología, pesca y consumo* (Rodríguez y Alvariño, 1951). En el centro se representa gráficamente el sistema de corrientes del Atlántico Norte (arriba), con las áreas de puesta y distribución de las larvas de *Anguilla anguilla* (según Schmidt). En la colección ordenada de individuos incluidos en la fotografía se comprueban las sucesivas transformaciones morfológicas desde la larva leptocéfala hasta alcanzar la fase de angula.

El largo título del segundo volumen resumía perfectamente su contenido: *La merluza, el bacalao y especies afines. Peculiaridades de su vida y del medio en que se desarrollan y se les captura, reproducción, crecimiento y migraciones. Información gráfica de la pesca en Terranova* (Alvariño y Rodríguez, 1956). Con esa obra, complementada con un apartado histórico por J. de Castro, el Instituto Español de Oceanografía inauguraba la nueva serie de *Publicaciones Informativas* sobre el mar, que tenía un claro objetivo: *Colección destinada a llevar al gran público –de un modo ameno y por medio de las documentaciones más recientes y completas– el conocimiento en sus diversos aspectos de la vida en el océano, tan compleja y llena de interés. Se pondrá al alcance de los lectores las apasionantes peculiaridades y costumbres de los habitantes del mar; sin prescindir del necesario verismo científico, pero a través de relaciones sencillas y de estilo fácil, que excluyan toda aridez de carácter exclusivamente técnico.*

El éxito y pervivencia de esa publicación quedaba patente 15 años después cuando el diario *ABC* (1966) dedicó su sección de Páginas del Mar al reportaje del periodista especializado en información marítima Teófilo G. Calatrava (*Las campañas bacaladeras*), donde se revalorizaban a los sufridos pecadores y las investigaciones de los científicos: *En aquellas aguas frías hay que buscar al bacalao y allí los pescadores le buscan. Vayamos tras él, de la mano de estos buenos amigos nuestros, los marineros o trabajadores y productores del mar, y asimismo de la mano amiga de nuestros biólogos marinos, científicos o investigadores –como Ángeles Alvariño y Olegario Rodríguez, que aquí vienen a acompañarnos– consagrados al estudio de la vida animal y vegetal de las aguas, de cuanto alienta en el líquido elemento.*



**Figura 27.** Resumen fotográfico del libro divulgativo *La merluza, el bacalao y especies afines* (Alvario y Rodríguez, 1956).

Concluyendo, queremos recordar la contribución de Alvariño a la historia de las expediciones científicas españolas, sobre las que consiguió que la Xunta de Galicia le publicara un libro pocos años antes de su fallecimiento: *España y la primera expedición científica oceánica, 1789–1794. Malaspina y Bustamante con las corbetas Descubierta y Atrevida*. En él cuenta cómo en 1966 se encontró casualmente, en el despacho del subdirector del Museo Naval de Madrid (Roberto Barreiro-Meiro, cartógrafo militar e historiador): *un álbum con magníficas acuarelas de peces, que contemplé extasiada de admiración [...]. Me interesaba muchísimo conocer más sobre dicha expedición, que desconocía. No podía comprender mi ignorancia, yo, un científico, no saber que España había patrocinado una expedición científica preferentemente oceánica, y por lo tanto oceanográfica* (Alvariño, 2002).

Aquel marino militar debió recomendarle entonces dos publicaciones muy importantes, consideradas actualmente como joyas de la bibliografía hispana sobre las expediciones marítimas nacionales, y que Alvariño compró ese mismo día para su biblioteca particular. Concretamente la monografía de 1885, con grabados y más de 700 páginas, del teniente de navío Pedro de Novo y Colson sobre aquel memorable periplo ultramarino (*Viaje político-científico alrededor del mundo por las corbetas Descubierta y Atrevida al mando de los capitanes de navío D. Alejandro Malaspina y D. José de Bustamante Guerra desde 1789 a 1794*). Y la edición limitada de una selecta colección de 78 *Mapas españoles de América (siglos XV-XVII)*, con textos de varios académicos de la Historia, impresa en 1951. De esta obra adquirió otro ejemplar para la biblioteca institucional de la Scripps.

Completaría su documentación personal encargando al servicio de reprografía del Museo Naval copias, en formato diapositiva, de todas las ilustraciones zoológicas de dicha expedición existentes en su Archivo. Cuando recibió esa información gráfica en California la compartió orgullosa con sus compañeros oceanógrafos (*los directores y colegas en Scripps estaban maravillados de la belleza y precisión de las ilustraciones de peces, aves y otros animales. Querían que se divulgase este hallazgo*). Fue estudiando todos los textos e imágenes recopilados sobre la antigua cartografía española de América y la Expedición Malaspina, que abarcaban los mencionados cuatro siglos (XV-XVIII). Sobre todo ese rico y desconocido material de interés científico impartiría en los siguientes años bastantes conferencias en varias instituciones y universidades, tanto estadounidenses como latinoamericanas.

Durante las décadas posteriores continuó acopiando pacientemente bibliografía actualizada internacional sobre las imágenes zoológicas originales de aquel periplo ultramarino liderado por Malaspina y Bustamante. Suponemos que le serviría de gran ayuda el exhaustivo catálogo en dos tomos, superando el millar de páginas, de Carmen Sotos Serrano, publicado en Madrid

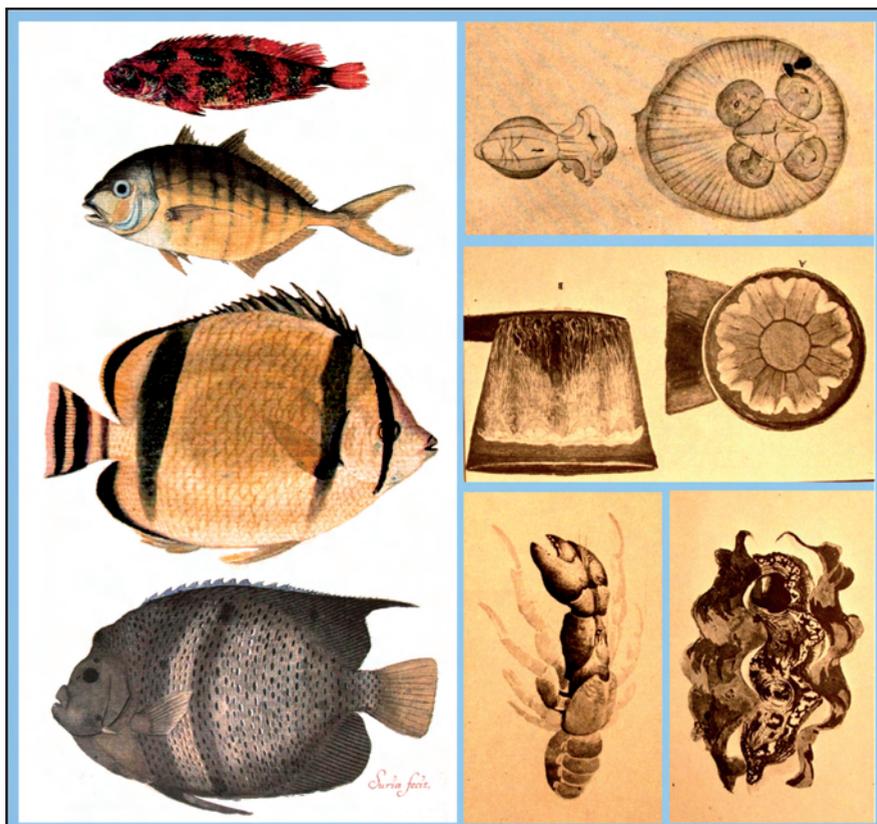
por la Real Academia de la Historia: *Los pintores de la expedición de Alejandro Malaspina* (1982).

Pudo impulsar Alvariño estas investigaciones históricas cuando tras su jubilación un colega y directivo del Southwest Fisheries Center, John R. Hunter, permitió que continuara en la institución como científica emérita, manteniendo su despacho y laboratorio, así como la colaboración de la muy competente bibliotecaria (Debra Losey) para obtener la bibliografía actualizada que iba solicitando. En el epílogo de ese su último libro confirmaba que había finalizado este interesante proyecto histórico con vistas a su divulgación, aunque lamentablemente su fallecimiento impidió que llegara a publicarse.

Consideramos que sería muy recomendable editar en 2016, coincidiendo con el centenario del nacimiento de su autora, ese trabajo inédito, basado en su particular selección de ilustraciones de peces y: *de organismos del zooplankton marino y otros invertebrados, [... con los que] se establece la identidad sistemática de cada especie con su descripción, distribución, reproducción, ciclo vital, migraciones, comportamiento y características de las poblaciones* (Alvariño, 2002).

Su hija, Ángeles Leira Alvariño, nos ha confirmado que está transfiriendo a un ordenador el borrador que su madre le dejó y de esa manera organizará convenientemente toda esa documentación histórica, que le gustaría saliera a la luz como su última obra póstuma. El manuscrito consta de 575 páginas (a doble espacio) incluyendo 266 mapas, fotos e ilustraciones complementarias.

A la vista de la bibliografía histórica más actualizada disponible podemos afirmar que esa expedición fue la más importante de las 63 comisiones científicas que la España ilustrada envió a América y Filipinas durante el siglo XVIII. La ingente documentación generada se custodia principalmente en Madrid, repartida entre los archivos del Real Jardín Botánico y de tres museos: Naval (cerca de 5.000 documentos), Nacional de Ciencias Naturales y de América. De dibujos y acuarelas se conservan más de 820 originales (mayoritariamente de botánica). Como no se pudo impedir que una parte del material gráfico acabara en el extranjero, actualmente se encuentra documentación original repartida entre el Museo Británico, la Biblioteca de Sidney y las universidades americanas de Chile, California y Yale (Pérez-Rubín, 2011). En la figura 28 aportamos una pequeña muestra de imágenes originales de la Expedición Malaspina (1789-1794) conservadas en el Museo Naval de Madrid.



**Figura 28.** Selección de imágenes originales de peces e invertebrados marinos, creadas por diferentes artistas participantes en la pluridisciplinar Expedición Malaspina (1789-1794) y custodiadas en el Museo Naval de Madrid (Pérez-Rubín, 2011).

### Impacto de su obra en el siglo XXI

Alvariño obtiene su primer gran reconocimiento como científica de prestigio internacional con la publicación en EEUU de la *International Encyclopedia of Women Scientists* (Oakes, 2001) y, al año siguiente, en Europa se la incluye en una guía de las mujeres mundiales más eminentes (Sleeman, 2002). Consolida esa proyección global en la siguiente recopilación enciclopédica de la primera autora mencionada: *Encyclopedia of World Scientists* (Oakes, 2007), figurando como la única española. En sus páginas incluye a otras colegas suyas en oceanografía biológica, no todas tan destacables. Nos sorprenden las ausencias de otros notables científicos españoles de nombradía internacional como Ramón Margalef (1919-2004), galardonado en 1980 con el Premio Huntsman

en ciencias marinas (considerado el Nobel de la oceanografía), y otros cinco que llegaron a la excelencia precisamente en EEUU y fueron más conocidos mundialmente desde que en 1959 Severo Ochoa consiguiera su Nobel<sup>7</sup>.

Otro par de obras impresas en norteamérica incorporan a nuestra biografía en sus repertorios como destacada mujer latina en aquel continente: *A to Z of Latino Americans* (Newton, 2007) y *The Book of Latina Women* (Mendoza, 2004).

Complementariamente, para conocer la magnitud actual de las citas mundiales a las publicaciones de Alvariño, hemos llevado a cabo un sencillo muestreo con los resultados obtenidos con el buscador “académico” más sencillo de internet (<https://scholar.google.es/>), considerando únicamente los primeros resultados referentes a publicaciones desde el año 2000. Aparte del ya comentado reconocimiento de Conway et al (2003), hemos seleccionando una quincena de títulos contemporáneos como aceptable indicador de la vigencia y persistencia de múltiples investigaciones de Alvariño en la literatura científica internacional a escala global. Tras una ordenación mínima de los temas y áreas geográficas, la dispersión es patente y podemos afirmar que las “semillas” que plantó en tan variados y alejados ecosistemas marinos continúan fructificando en nuestros días. Por ello la citan como vigente autoridad en referencia al zooplancton en general en los mares de Filipinas (Relox et al, 2000) y de Vietnam (Nguyen y Nguyen, 2012). Sobre los quetognatos y/o eufausiáceos: en aguas de Brasil (Souza et al, 2014), región Magallánica (Palma y Aravena, 2001), sector atlántico del océano Austral (Kruse et al, 2009), mar de Filipinas (Nagai et al., 2015) y en el Índico (Nair et al., 2015; Buchanan y Beckley 2015). Así como sobre los integrantes del zooplancton gelatinoso (sifonóforos, hydrozoos, ctenóforos y taliáceos): en una revisión global sobre sus particulares interacciones con los peces (Purcell y Arai, 2001), las migraciones nictimerales detectadas en el Adriático con algunas especies concretas (Lucic et al, 2011), junto con sus distribuciones en las aguas belgas del Mar del Norte (Vansteenbrugge y Van Regenmortel, 2015), y a lo largo del Pacífico americano: en aguas canadienses (Mapstone, 2009), mejicanas (Gamero-Mora et al, 2015) y chilenas (Palma y Silva, 2006).

Aparte de estos temas esperados nos ha agradado localizar otras publicaciones relativas a asuntos colaterales que trató Alvariño y que también son revalorizados actualmente, por ello es citada en monografías tan dispares como *Dynamics and Characterization of Marine Organic Matter* (Handa et al, 2000) o *Intertidal Invertebrates from Central California to Oregon* (Carlton, 2007).

---

<sup>7</sup> Principalmente J. Folch, S. Grisolia, J. Oró, J. M. Rodríguez Delgado y F. Grande Covián. En 1971 todos ellos sonaban reiteradamente año tras año en los más variados y acreditados centros y medios científicos del mundo, como favoritos al otorgamiento del Premio Nobel (Gómez Gil, 1971).

La dedicación de Alvariño a la oceanografía se mantenía incluso durante el año 2004, el previo a su fallecimiento, cuando consta que contribuyó a las investigaciones planctónicas de una autora mejicana que le agradece su especial colaboración (Fernández-Álamo, 2004).

Finalizamos con unas conclusiones basadas en el análisis global del centenar de artículos y monografías científicas de Alvariño, cuyo registro cronológico publicamos en otro lugar (Pérez-Rubín y Wulff, 2011). Revisando esa extensa relación hemos comprobado que fue la autora responsable de la inmensa mayoría de las publicaciones, como se pone de manifiesto al figurar su nombre en primer lugar (con la única excepción del artículo multidisciplinar con Owen et al., 1990). Además, mayoritariamente es autora única, hecho que caracteriza a un investigador especializado independiente y autosuficiente. Únicamente en nueve artículos tardíos del período 1981-1990 firma con un colaborador (en cinco ocasiones) o con dos (en cuatro casos), aunque tan solo repitió coautoría con un trío de colegas (J. R. Hunter, R. F. Ford y J.M. Wojtan).

## Agradecimientos

A la Real Academia Galega de Ciencias por la gentileza en invitarme a participar con una conferencia en el entrañable homenaje que organizaron en memoria de Ángeles Alvariño y las facilidades dadas posteriormente para la publicación de este trabajo. Al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT) la cesión para nuestro artículo de una copia digital del retrato de Ángeles Alvariño por Eulogia Merle, que exponen en su sede de Madrid.

## Bibliografía

- Alvariño A (1951) Incrustaciones marinas. Boletín del IEO, 45: 1-12.
- Alvariño A (1956a) Estudio del zooplancton recogido en la campaña del *Vendaval*, en Terranova (marzo, abril y mayo de 1953). Boletín del IEO, 76: 1-28.
- Alvariño A (1956b) Zooplancton de Terranova (febrero, marzo y junio de 1955). Boletín del IEO, 77: 1-18.
- Alvariño A (1957a) Estudio del zooplancton del Mediterráneo occidental. Campaña del *Xauen* en el verano de 1954. Boletín del IEO, 81: 1-26.
- Alvariño A (1957b) Zooplancton del Atlántico Ibérico. Campañas del *Xauen* en el verano de 1954. Boletín del IEO, 82: 1-51.
- Alvariño A (1962) Two new Pacific Chaetognaths. Their distribution and relationship to allied Species. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography, 8 (1): 1-50.
- Alvariño A (1964) Bathymetric distribution of Chaetognaths. Pacific Science, 18 (1): 64-82. [Y en: Contributions Scripps Institution of Oceanography, 3 (1616): 39-57.]
- Alvariño A (1965) Distributional atlas of the Chaetognatha in the California Current region. CalCOFI Atlas, 3: 1-294.
- Alvariño A (1967) A new Siphonophore, *Vogtia Kuruae*. Pacific Science, 21 (2): 236-240. [Y en: Contributions Scripps Institution of Oceanography, 37 (2109): 186-190].
- Alvariño A (1968) Los quetognatos, sifonóforos y medusas en la región del Atlántico Ecuatorial bajo la influencia del Amazonas. Anales del Instituto de Biología, Serie Ciencia, Mar y Limnología [Méjico], 39 (1): 41-76.

- Alvariño A (1969) Los quetognatos del Atlántico. Distribución y notas esenciales de sistemática. Trabajos del IEO, 37: 1- 290.
- Alvariño A (1971) Siphonophores of the Pacific with a revision of the world distribution. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography, 16: 1-432.
- Alvariño A (1972a) A second record of a rare siphonophore *Epibulia ritteriana* Haeckel 1888. Fishery Bulletin, 70: 507-509.
- Alvariño A (1972b) Zooplankton from the Caribbean, Gulf of Mexico, mediate regions of the Pacific and fisheries. Memoirs IV National Congress of Oceanography, Méjico: 223-247.
- Alvariño A (1974a) Distribution of siphonophores in the regions adjacent to the Suez and Panama Canals. Fishery Bulletin, 72 (2): 527-546.
- Alvariño A (1974b) The importance of the Indian Ocean as origin of species and biological link uniting the Pacific and Atlantic Oceans. Journal of the Marine Biological Association of India, 14 (2): 713-722. [Abstract en: Proceeding Symposium on Indian Ocean and adjacent Seas, 199: 221-222].
- Alvariño A (1977) Depredadores planctónicos y la pesca. Memorias del II Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica (Cumaná, Venezuela). Vol. I: 141-160.
- Alvariño A (1980) The relation between the distribution of zooplankton predators and anchovy larvae. CalCOFI Invest. Rep. 21: 150-160.
- Alvariño A (1981) *Spadella legazpichesi*, a new benthic chaetognath from Enewetok, Marshall Islands. Proc. Biol. Soc. Wash., 92-94: 107-121.
- Alvariño A (1983a) The depth distribution, relative abundance and structure of the population of the chaetognatha *Sagitta scrippsae* Alvariño 1962, in the California Current off California and Baja California. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Méjico, 10 (1): 47-84.
- Alvariño A (1983b) *Nectocarmen antonioni*, a new Prayinae, calycophorae, siphonophorae from California. Proc. Biol. Soc. Wash., 96 (3): 339-348.
- Alvariño A (1985) Las surgencias en la región de California-Baja California. Relaciones con el zooplancton y poblaciones de *Engraulis mordax* (Pisces). Investigaciones Marinas CICIMAR, Méjico, 2 (1): 81-102.
- Alvariño A (1987) *Spadella pimukatharos*, a new benthic chaetognath from Santa Catalina Island, California. Proc. Biol. Soc. Wash., 100: 125-133.
- Alvariño A (1988) *Pandea cybeles* a new medusa from the Sargasso Sea (Coelenterata: Anthomedusae: Pandeidae). Proc. Biol. Soc. Wash. 101, 102-108.
- Alvariño A (1991) Abundancia y distribución batimétrica diurna y nocturna de los sifonóforos durante las cuatro estaciones del año 1969, en aguas de California y Baja California. Investigaciones Marinas CICIMAR, Méjico, 6 (2): 1-37.
- Alvariño A (2002) España y la Primera Expedición Científica Oceánica, 1789-1794: Malaspina y Bustamante con las Corbetas *Descubierta* y *Atrevida*. Xunta de Galicia [Santiago de Compostela].
- Alvariño A, Frankwick KR (1983) *Heteropyramis alcalá* and *Thalassophyes ferrarii*, new species of Clausophyidae (Calycophorae: Siphonophorae) from the South Pacific. Proc. Biol. Soc. Wash., 96 (4): 686-692.
- Alvariño A, Hunter JR (1981) New records of *Alloposus mollis* Verrill (Cephalopoda, Octopoda) from the Pacific Ocean. The Nautilus, 95 (1): 26-32.
- Alvariño A, Kimbrell C (1987) Abundance of zooplankton species in California coastal waters during april 1981, february 1982, march 1984 and march 1985. NOAA Technical Memorandum, 74: 1-59.
- Alvariño A, Rodríguez O (1956) La Merluza, el Bacalao y Especies Afines. IEO, Madrid.
- Alvariño A, Wojtan JM (1984) Three new species of *Lensia*, and description of eudoxia stages of *Lensia reticulate* and *Lensia leiouveteau* (Calycophorae, Syphonophora). Proc. Biol. Soc. Wash., 97 (1): 49-59.
- Ausejo E, Magallón C (1994): Women's participation in spanish scientific institutions (1868-1936). Physis, Rivista Internazionale di Storia della Scienza, 31(2): 537-551.
- Beaugrand G (2004) Continuous Plankton Records: plankton atlas of the North Atlantic Ocean (1958–1999). I. Introduction and methodology. Mar Ecol Prog Ser, Suppl 2004: 3-10.

- Behrman D (1981) Assault on the largest unknown. The International Indian Ocean Expedition 1959-65. Unesco Press, Paris. [Hay versión española de 1984: Asalto a lo Desconocido. La Expedición Internacional al Océano Índico (1959-1965). Ediciones del Serbal, Barcelona].
- Bieri R (1959) The distribution of the planktonic chaetognaths in the Pacific and their relationship to the water masses. *Limnology and Oceanography*, 4 (1): 1-28.
- Buchanan PJ, Beckley LE (2015) Chaetognaths of the Leeuwin Current system: oceanographic conditions drive epi-pelagic zoogeography in the south-east Indian Ocean. *Hydrobiologia*: 1-16.
- Carlton JT (ed., 2007) Intertidal invertebrates from Central California to Oregon. University of California Press, Berkeley.
- Concello da Coruña (ed., 2009): Historia do príncipe e a sardiña. A expedición científica de Alberte I de Mónaco ás costas de Galicia e Portugal. Catálogo da exposición.
- Conway D, White R, Hugues-Dit-Ciles J, Gallienne C, Robins D (2003) Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian ocean. Marine Biological Association of the United Kingdom Occasional Publication, 15: 1-354.
- Faughn JL (1974) NAGA Expedition: station index and data. Scientific results of marine investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand, 1959-1961. NAGA Report, 1: 1-177.
- Fernández-Álamo MA (2004) Distribution of holoplanktonic typhlocolecids (Annelida-Polychaeta) in the eastern tropical Pacific Ocean. *Journal of Plankton Research*, 26 (6): 647-657.
- Fraga XA (2014) O príncipe e a condesa. A visita á Coruña do fundador da oceanografía en 1909. *La Opinión*, 15/6/2014: p. 11.
- Gamero-Mora E, Ceballos-Corona G, Gasca R, Morales-Blake A (2015) Análisis de la comunidad del zooplancton gelatinoso (Hydrozoa, Ctenofora, Thaliacea) en el Pacífico central mexicano, abril-mayo 2011. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50 (1): 111-124.
- García Herrera R, García R, Prieto R, Hernández E, Gimeno L, Díaz H (2003). The use of spanish historical archives to reconstruct climate variability. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84 (8): 1.025-1.035.
- Gómez Gil A (1971) 'Cerebros' Españoles en U.S.A. Plaza y Janés, Barcelona.
- Handa N, Tanoue E, Hama T (2000) Dynamics and characterization of marine organic matter. *Ocean Sciences Research*, 2. Kluwer Academic Publishers, Tokio.
- Hardy H (1956): *The Open Sea. Its Natural History: The World of Plankton*. Collins, Londres.
- Hida T S (1957) Chaetognaths and Pteropods as biological indicators in the North Pacific. *US Fish and Wildlife Service. Special Scientific Report-Fisheries*, 215: 1-13.
- Johnsen T, Nygaard K, Olsgard F (2010) EEA. Biogeographical regions in Europe. The North-east Atlantic Ocean, huge, deep and heavily exploited. [<http://www.eea.europa.eu>].
- Kruse S, Bathmann U, Brey T (2009) Meso- and bathypelagic distribution and abundance of chaetognaths in the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Polar Biol*, 32: 1359-1376.
- López Capont F (1997) *La Faceta Pesquera del Padre Sarmiento y su Época*. Caixa Pontevedra, Pontevedra.
- Lozano Cabo F (1970) *Oceanografía, Biología Marina y Pesca*. (3 tomos). Paraninfo, Madrid.
- Lucic D, Benovic A, Batistic M, Morovic M, Onofri I, Molinero J-C, Kogovsek T, Gangai B, Miloslavic M (2011) A short-term investigation of diel vertical migrations of the calyphorans siphonophora in the open south Adriatic Sea (July 2003). *Acta Adriat.*, 52 (2): 159-172.
- Magallón C (2010) Las mujeres que abrieron los espacios de las ciencias experimentales para las mujeres, en la España del primer tercio del siglo XX. *Arenal*, 17 (2): 319-347.
- Mapstone GM (2009). *Siphonophora (Cnidaria: Hydrozoa) of Canadian Pacific Waters*. Canadian Science Publishing, Ottawa.
- Mendoza S (2004) *The Book of Latina Women. 150 Vidas of Passion, Strength, and Success*. Adams Media, Massachusetts.
- Molina [J. de] (1550): Descripción del Reino de Galicia, y de las Cosas Notables del [...]. Mondoñedo.
- Moser HG (ed., 1996) The early stages of fishes in the California Current Region. *CalCOFI Atlas*, 33: 1-1.505.
- Nagai N, Tadokoro K, Kuroda K (2015) Latitudinal distribution of chaetognaths in winter along the 137° E meridian in the Philippine Sea. *Plankton and Benthos Research* 10(3): 141-153.

- Nair VR, Kusum KK, Gireesh R, Nair M (2015) The distribution of the chaetognath population and its interaction with environmental characteristics in the Bay of Bengal and the Arabian Sea. *Marine Biology Research*, 11 (3): 269-282.
- Newton DE (2007) A to Z of Latino Americans. *Latinos in Science, Math, and Professions. Facts on File*, Nueva York.
- Nguyen T, Nguyen C (2012) Marine zooplankton researches in Vietnam: An overview. *Coastal Marine Science*, 35 (1): 221-226.
- Oakes EH (2001) *International Encyclopedia of Women Scientists. Facts on File*, Nueva York.
- Oakes EH (2007). *Encyclopedia of World Scientists. Facts on File*, Nueva York.
- Ohman M D, Venrick, E L (2003) CalCOFI in a changing ocean. *Oceanography*, 16(3): 76-85.
- Owen RW, Lo NCH, Butler JL, Theilacker GH, Alvarino A, Hunter JR, Watanabe Y (1990). Spawning and survival patterns of larval northern anchovy, *Engraulis mordax*, in contrasting environments. A site-intensive study. *Fishery Bulletin*, 87: 673-688.
- Palma S, Aravena G (2001): Distribución de quetognatos, eufáusidos y sifonóforos en la región Magallánica. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 24: 47-59.
- Palma S, Silva N (2006) Epipelagic siphonophore assemblages associated with water masses along a transect between Chile and Easter Island (eastern South Pacific Ocean). *Journal of Plankton Research*, 28 (12): 1143-1151.
- Pérez-Rubín J (2008) Un Siglo de Historia Oceanográfica del Golfo de Vizcaya (1850-1950). *Ciencia, Técnica y Vida en sus Aguas y Costas. Aquarium de Donostia, San Sebastián*.
- Pérez-Rubín J (2011) Notas sobre la multidisciplinar expedición Malaspina (1789-1794). *Revista del IEO*, 16: 50-55.
- Pérez-Rubín (ed., 2014) 100 Años Investigando el Mar. *El IEO en su Centenario (1914-2014)*. IEO, Madrid.
- Pérez-Rubín J, Wulff E (2011) Ángeles Alvarino (1916-2005): la pionera de la oceanografía española de mayor proyección internacional. *X Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas (Badajoz, 2011)*: 255-268.
- Poza A de (1585) *Hydrografía la más curiosa que hasta aquí ha salido a luz, en que de más de un derrotero general, se enseña la navegación por altura y derrota [...], y la navegación al Catayo [China] por cinco vías diferentes*. Bilbao.
- Purcell JE, Arai MN (2001) Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review. *Hydrobiologica*, 451: 27-44.
- Regueira J (2009): *El informe de Martín Sarmiento sobre las migraciones de los atunes en el Estrecho. Almoraima*, 38: 69-80.
- Relox JR, Furio EF, Borja VM (2000) Abundance and distribution of zooplankton in the South China Sea, Area III: Western Philippines: 164-176. In *Proceedings of the Third Technical Seminar on Marine Fishery Resources Survey in the South China Sea. SEAFDEC Special Paper*, 41.
- Rodríguez O, Alvarino (1951) *Anguilas y Angulas. Biología, Pesca y Consumo*. Subsecretaría de la Marina Mercante, Madrid.
- Sleeman E (2002, 3ª ed.) *The International Who's Who of Women. A Biographical Reference Guide to the Most Eminent, Talented and Distinguished Women in the World*. Europa Publications Limited, Londres.
- Southward (1984) Fluctuations in the "indicator" chaetognaths *Sagitta elegans* and *Sagitta setosa* in the Western Channel. *Oceanologica Acta*, 7 (2): 229-239.
- Souza C de, Luz JAG, Mafalda PO (2014) Relationship between spatial distribution of chaetognaths and hydrographic conditions around seamounts and islands of the tropical southwestern Atlantic. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86 (3): 1151-1165.
- Vansteenberghe L, Van Regenmortel T (2015) Gelatinous zooplankton in the Belgian part of the North Sea and the adjacent Schelde estuary: Spatio-temporal distribution patterns and population dynamics. *Journal of Sea Research*, 97: 28-39.