

En abril de este año 2015 se celebra en Londres el seminario *Marine Climate Change and Variability: The Observational Legacy of Matthew Fontaine Maury for Climate Change and Variability*, para revalorizar el legado y la labor pionera del militar americano “as the instigator of the global marine, surface and subsurface, observing system and as a marine climate scientist”. Juan Pérez de Rubín Feigl, oceanógrafo y divulgador de la historia marítima española no bélica, autor del siguiente artículo, resultado de su investigación sobre el particular desarrollo en nuestro país de la meteorología del mar ligada a la Marina Española, y la AME, con su publicación dividida en dos partes, en este número y en el siguiente de julio, nos sumamos a ese justo reconocimiento.

Meteorología y Geografía física del mar

EN LA MARINA ESPAÑOLA DEL SIGLO XIX (PARTE I)

JUAN PÉREZ-RUBÍN (CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MÁLAGA, IEO)

“Fue siempre la Marina precursora en el cultivo y utilización de la ciencia, por serle vital el estudio de mar y cielo” (Novo, 1950). Contó en 1575 con las primeras instrucciones sobre meteorología y oceanografía promulgadas por Felipe II: “Mandamos a los pilotos y maestros de la carrera de Indias que en cada viaje vayan haciendo descripción y diario de todo lo que sucediere en él, asentando derrotas y rumbos por donde navegaren cada día, los vientos de mar y tierra que llevaren, las calmas, tempestades y huracanes que sobrevivieren, las corrientes, fondo, suelo [...], y traigan relación particular de todo ello por escrito, y la entreguen al piloto mayor y cosmógrafos de la Casa [de la Contratación] de Sevilla” [Ley nº 37 (27/2/1575), Libro VIII, título XXIII de la Recopilación de Leyes de Indias].

En los orígenes de la meteorología náutica se encuentra, entre otros compatriotas, el jesuita José de Acosta, que en 1590 distinguía ocho tipos fundamentales de vientos y describió con claridad los dos dominantes del Atlántico y su empleo en la navegación por “nuestros marineros del Mar Océano de Indias”. Igualmente consiguieron destacado interés científico internacional las pioneras descripciones hispanas de los temibles huracanes del Caribe, prácticamente exclusivas hasta mediados del siglo XVII. Destacando, cronológicamente, las de Colón (particularmente en las relaciones de sus últimos viajes de 1495 y 1502) y de Fernández de Oviedo. Siguiéndoles las de otros navegantes nacionales, como el general Martín Pérez de Olazábal (1589), Andrés de Aristizábal a bordo del *Nuestra Señora del Juncal* (1620) y el capitán Juan Ferrer del *Santa Inés* (1689).



Grabado de la portada de la *Recopilación de las Leyes de Indias* (1681).

La Armada continuó liderando los estudios científicos marinos del país, con una clara aplicación práctica dirigida a la navegación costera y transoceánica (investigaciones hidrográficas y de meteorología marítima, necesarias para la elaboración de las Cartas náuticas y Derroteros). Desde comienzos del ochocientos se impulsa la meteorología nacional civil por las posibilidades de su aplicación práctica a la agricultura, medicina y comercio. Para el necesario desarrollo de la rama marítima, por su relación directa con la seguridad de la navegación y el desarrollo comercial, coincidieron en el tiempo diferentes esfuerzos europeos (principalmente de J. Herschel, E. Sabine y A. Quételet) y del marino militar estadounidense M. F. Maury,

que desembocaron en el congreso meteorológico internacional de Bruselas (1853), con la publicación de un libro decisivo del americano un par de años después (*The Physical Geogra-*

phy of the Sea), traducido al español en 1860. Con el tiempo, esa nueva ciencia marina embrionaria acabó separándose en dos especialidades independientes, que tomaron como frontera la superficie de las aguas, a saber: la meteorología marítima y la oceanografía física.

En este artículo repasamos los logros más significativos en ambas materias pioneras y exponemos algunos aspectos del complejo panorama de la meteorología española decimonónica hasta el desarrollo de la especialidad en los buques y estaciones costeras. El examen de variadas revistas y libros del período abarcado ha permitido demostrar como fluía convenientemente la información meteorológica internacional en la sociedad española del ochocientos a través de diferentes instituciones, con diversas publicaciones periódicas y abundante bibliografía técnica.

POPULARIZACIÓN DE LA METEOROLOGÍA Y SUS APLICACIONES

Entre 1794 y 1807 ya se reconocían en *La Gaceta de Madrid* las aplicaciones prácticas de la renovada ciencia para la agricultura y/o medicina, por dos profesores sucesivos del Real Observatorio Astronómico de Madrid (J. Garriga y el capitán M. Gutiérrez), y comenzaron a impartirse lecciones de astronomía y meteorología en la capital. En el ámbito marítimo, arrancaba el nuevo siglo con varias reales órdenes solicitando la Dirección de Hidrografía que “los comandantes, oficiales de guerra, pilotos, etc. comuniquen cuantas noticias y observaciones adquieran en sus viajes, cuyo conocimiento convenga para la construcción y corrección de las cartas, planos y demás obras que se publican por este establecimiento científico de la Armada”.



Destrozos del terrible huracán de octubre de 1846 en el puerto de La Habana.

Durante las siguientes décadas se mantuvo intermitentemente el interés, en dicha *Gaceta*, por el estudio atmosférico aplicado a los cultivos agrícolas y su probable relación con determinadas enfermedades, publicándose entre 1835-1841 datos estadísticos de “meteorología médica”. Esa especialidad se infiltró en distintas Topografías Médicas de la época, como en la relativa a Málaga del facultativo militar V. Martínez Montes, que impulsó la recopilación de variados registros meteorológicos locales del período 1837-1851 (temperatura, presión atmosférica, vientos, lluvia, etc.), y consiguió demostrar científicamente para esa capital su benignidad atmosférica a lo largo del año. En las siguientes décadas aumentaron los registros locales y se aplicaron al fomento turístico, con la intención de “convertir a Málaga en la mejor estación de invierno de Europa”. En otras ciudades portuarias como Cádiz también se publicaban datos sobre la meteorología local en 1837-1838: unos impresos diariamente en el periódico *El Tiempo* (reproducidos más tarde en el *Journal of the Statistical Society of London*) y en la sección de Meteorología Médica del semanario *Boletín de Medicina, Cirugía y Farmacia* (resúmenes mensuales). Hay que tener en cuenta que la primera serie de registros en el Observatorio Astronómico de Madrid se obtuvo durante el período 1837-1847, como luego detallaremos.

Por otro lado, las dramáticas consecuencias de los devastadores huracanes del Caribe en las poblaciones costeras llegaban al gran público a través de publicaciones periódicas contemporáneas como el *Diario de La Habana* (descripción del horrible huracán de 1846 con graves estragos en 466 buques) y *La Crónica Naval de España*, que incluyó una tabla cronológica con los 317 huracanes observados en las Indias Occidentales entre 1494 y 1856, así como la detallada descripción de ese último por el entonces alférez de navío E. Sánchez Zayas. Tuvieron amplia difusión las diferentes versiones españolas de *La aguja de las tormentas o manual sobre huracanes* de A. Becher (“teoría puesta al alcance de todos” desde 1856) y los lectores más curiosos pudieron consultar múltiples crónicas meteorológicas minuciosas en el monográfico de C. Fernández Duro sobre *Nafragios de la Armada Española* (1867, compuesto “a la vista de documentos del Archivo del Ministerio de Marina), y en las monografías sobre huracanes o tifones del ingeniero de minas M. Fernández de Castro (1871) y de los sacerdotes científicos B. Viñes, F. Faura y J. Algué.

LAS PRIMERAS DÉCADAS DE IMPULSO

En 1757 Jorge Juan reconocía en su *Compendio de Navegación* la utilidad del registro de la información meteoroló-

Meteorología y Geografía física del mar

EN LA MARINA ESPAÑOLA DEL SIGLO XIX

gica en los Diarios de Navegación, tarea al parecer frecuente pero no considerada obligatoria: “suele apuntarse el viento que ha corrido, y las tempestades acaecidas, y esto con no poco fruto; pues como en muchas partes del mundo suelen reinar siempre unos propios vientos y tempestades, a lo menos en ciertos tiempos del año, pueden servir estos apuntes para que tomen sus medidas los que después hubieren de navegar en los mismos mares”.

Transcurrieron tres décadas y el marino militar andaluz José de Mendoza y Ríos (1762-1816), astrónomo y matemático, proponía en su *Tratado de Navegación* (1787) la recogida de información meteorológica y de todo tipo para enriquecer una *Historia Natural del Mar* (“hija de la Geografía y de la Física”), cuyas investigaciones correrían a cargo de los pilotos en sus viajes ultramarinos, quienes registrarían en sus Diarios las descripciones pertinentes. A partir de 1789 se llevaron a cabo en el Real Observatorio de Cádiz observaciones de temperatura, presión atmosférica, viento reinante y calidad del tiempo.

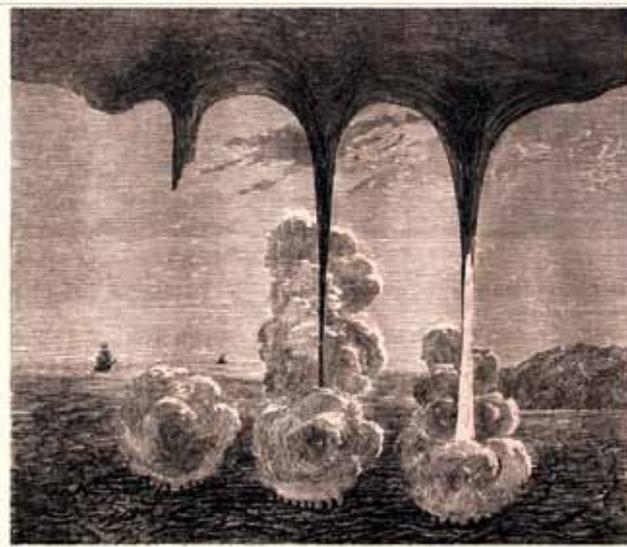
La Marina española continuó divulgando las inaugurales descripciones norteamericanas amplias de la distribución horizontal de la temperatura marina superficial en relación a la corriente del Golfo (experiencias llevadas a cabo por B. Franklin y C. Blagden y J. Williams). Autor este último de una *Memoria sobre el uso del termómetro en la navegación*, que incluía una carta náutica con la mencionada corriente y los datos termométricos diarios registrados en las derrotas. Fue vertida al español “de orden de Su Majestad” (1794), y su traductor, el director de las Academias de Guardias Marinas, destacaba el interés de la medición de la temperatura del mar: “La aplicación del termómetro a la navegación es un socorro adicional para los navegantes, y de aplicación favorable al progreso de los conocimientos hidrográficos, que por la facilidad de su práctica sería conveniente promover”.

A partir de enero de aquel año en el *Papel Periódico de La Havana* comenzó a publicarse la primera serie meteorológica anual, recogida posteriormente por el naturalista Ramón de la Sagra, así como las continuadas observaciones barométricas y termométricas efectuadas por un oficial del navío *San Lorenzo* con la evolución de un violento huracán, que causó el varamiento o daños de diferente consideración en 76 buques en agosto del mismo 1794.

El Depósito Hidrográfico de la Armada (Madrid) colaboraba en esa época con hidrógrafos británicos, como hemos comprobado repasando varios textos recopilatorios sobre las corrientes en el Atlántico liderados por James Rennell (publicados entre 1793 y 1832) y John Purdy (1853). El primer autor agradece la temprana colaboración del citado oficial J. de Mendoza para completar su mapa de corrientes del Golfo de Vizcaya de 1793, cita varias veces al *Derrotero de las Antillas* y destaca la recogida en aguas de Galicia en 1831 de un

objeto flotante liberado, para el estudio de las corrientes, por un buque inglés a unas 150 millas de la costa. Purdy revaloriza igualmente la importancia de aquel *Derrotero* español y

871. Trombes. — Les trombes sont des amas de vapeurs en suspension dans les couches inférieures de l'atmosphère qu'elles traversent.



Trombas marinas (figura de la 14ª edición francesa del tratado de A. Ganot, 1870). Incluye varios párrafos sobre termometría marina y la corriente del Golfo en el breve apartado sobre la “Temperatura de los mares, corrientes marinas”.

la valiosa colaboración recibida de la dirección del Depósito Hidrográfico. En ese contexto una temprana Real Orden de 1833 obligaba a que todos los buques de la Armada española de más de doce cañones llevaran termómetro y barómetro calibrados.

Al año siguiente se produce la pionera propuesta de colaboración internacional por John F. Herschel (1792-1871), quien invitó “a todos los observadores para la institución general de observaciones meteorológicas simultáneas hechas cada hora durante 24 o 36 seguidas en las épocas de los solsticios y de los equinoccios”, para el período 1834-1838. Mientras comenzaba la obtención de la primera serie de registros renovados en el Observatorio de Madrid (mediciones barométricas, termométricas, pluviométricas, con anotaciones sobre la dirección del viento y “el estado cubierto o despejado de la atmósfera”, entre 1837 y 1847).

Con respecto a la Hidrografía, durante las primeras décadas del siglo se mantenía en la bibliografía técnica española el criterio de que esa disciplina científica incluía la descripción de las costas, mares y atmósfera (Ciscar, 1833). Nosotros consideramos que el gran esfuerzo recopilatorio de las investigaciones de los marinos españoles y extranjeros en aguas

americanas culminó en la edición de 1837 del citado *Derrotero de las islas Antillas, de las costas de Tierra-Firme y las del seno mejicano*, que constituyó un precoz tratado nacional de oceanografía y meteorología náuticas.

Tras una revisión de contenidos en *La Gaceta de Madrid* comprobamos que aunque volvió a publicitarse la venta del libro citado de Garriga en 1837-1838, un trienio después se publicaría la traducción de los *Éléments de Physique Expérimentale et de Météorologie*, de C. Pouillet (el tomo II incluye un amplio capítulo sobre “La temperatura de los mares y la formación de los hielos polares”). Complementariamente apareció en las páginas de ese periódico oficial información divulgativa sobre la ciencia atmosférica, como: “Variedades. Física del globo”, “¿Que es Meteorología?” y “¿Cuales son las aplicaciones de la meteorología?”. La mencionada obra de Pouillet se convertiría en el primer texto con información meteorológica propuesto para la enseñanza universitaria en 1856 (para la asignatura “Ampliación de Física”). Sin embargo, desde ese año el libro técnico más popular sería la versión nacional del *Traite Elementaire de Physique Expérimentale et Appliquee et Météorologie* de A. Ganot, que tuvo en nuestro país unas 25 reediciones hasta final de siglo, con varias de sus traducciones firmadas por dos auxiliares del Observatorio madrileño (E. Sánchez Pardo y E. León Ortiz).

IMPORTANCIA DEL ASOCIACIONISMO CIENTÍFICO

Fue decisiva la iniciativa del científico militar irlandés Edward Sabine (1788-1883), futuro presidente de la Royal Society, para que diferentes gobiernos europeos decidieran impulsar los estudios meteorológicos nacionales a partir del año 1845 y comenzaran a coordinarse internacionalmente con la Asociación Británica para el Avance de las Ciencias. Fue en la reunión de esta en Cambridge (25/6/1845) cuando Sabine propuso la cooperación internacional en magnetismo y meteorología (según *The Nautical Magazine for 1873*), y se decidió enviar a los gobiernos europeos propuestas de colaboración científica en ambas materias. Unos nueve meses después en España se ordenó a los rectores de las universidades que “*exciten el celo de los profesores, academias y corporaciones científicas, para que comuniquen el resultado de sus especiales observaciones magnéticas y meteorológicas, para transmitir a la Asociación británica*” (R.O. 30/3/1846).

Al menos en octubre de ese último año, coincidiendo con el terrible huracán que azotó a Cuba, se publicaban en *La Gaceta de Madrid* las observaciones meteorológicas mensuales registradas en el Observatorio de la capital del reino, se procedió a la reforma y modernización del antiguo edificio y se decidió formar en el extranjero a los primeros astrónomos españoles (Antonio Aguilar y Eduardo Novellas). Tras reci-

bir un curso en el Observatorio de San Fernando siguieron cuatro años de especialización en “los principales observatorios de Italia, Francia, Bélgica, Inglaterra y Alemania”. A su vuelta se dictaron disposiciones para el restablecimiento del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid (R. O. 24/9/1851), encargándose de dirigir las operaciones meteorológicas “uno de los catedráticos de física de la Universidad de Madrid [Manuel Rico Sinobas], el cual tendrá bajo sus órdenes los ayudantes indispensables”. Se insistió en la idoneidad de la capital y se determinaba que se construyeran “observatorios meteorológicos” en todas las universidades de provincia y en catorce institutos de segunda enseñanza, distribuidos por el interior de la Península (Albacete, Badajoz, Ciudad Real, Jaén, Soria y Vergara) y en las costas del Atlántico (Bilbao, Santander y Canarias) y Mediterráneo (Alicante, Gerona, Málaga, Mallorca y Tarragona); y se encargaron a Londres los instrumentos necesarios. Reorganizadas las observaciones meteorológicas en 1853, el gobierno, considerando la importancia de esta información científica de la atmósfera y sus “aplicaciones a la agricultura, al comercio y a no pocas prácticas industriales”, dispuso que desde el año próximo se publicaran anualmente los registros del Observa-

“Para las embrionarias meteorología marina y oceanografía física resultaría decisiva la aplicación de las ideas y métodos de la Geografía Física Global de A. von Humboldt (1769-1859) al océano”

torio madrileño. Finalmente, una vez distribuidas las colecciones de instrumentos meteorológicos en las universidades e institutos seleccionados se circularon unas instrucciones técnicas y se acordó (R.O. 28/12/1854) que comenzaran en todos esos centros a registrarse las diferentes variables atmosféricas al mes siguiente. Estaba prevista que la publicación científica resultante viera la luz tres años después: “con el objeto de presentar una idea aproximadamente exacta de los caracteres físicos comparados que corresponden a los climas de la Península”.

Por otro lado, queremos destacar la gran importancia que tuvo la creación en Madrid de una academia nacional para propiciar el impulso científico del país: la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (R. D. de 25/2/1847), por considerar que “esos ramos del saber influyen tan poderosamente en la industria y prosperidad de las naciones”. Pronto comenzó a publicar sus *Memorias* y la *Revista de los progresos de las ciencias*, “en que se insertan todos los descubrimientos importantes que se hacen en Europa”. Desde los primeros años se divulgaron en sus páginas noticias meteo-

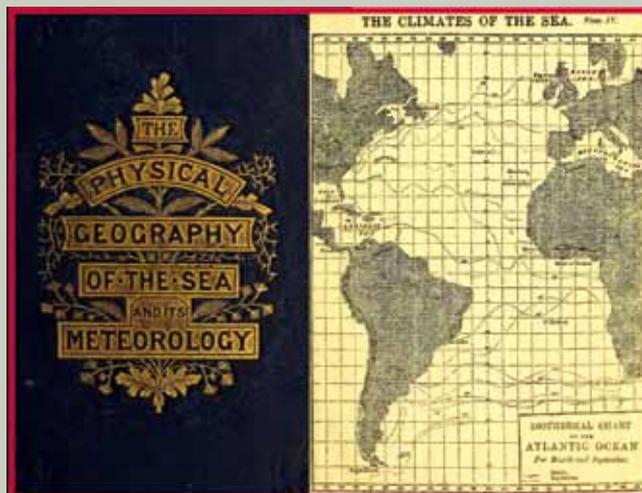
Meteorología y Geografía física del mar

EN LA MARINA ESPAÑOLA DEL SIGLO XIX

rológicas marítimas internacionales, como los novedosos mapas de vientos y corrientes de Maury publicados en 1849, y los intentos de Scoresby, al año siguiente, por medir la altura real de las olas del Atlántico durante los temporales (“la forma y el carácter de las olas de mares profundos, constituyen un punto importante de observación y de consideración”). Otro artículo fechado en 1855 resumía la importancia del estudio internacional de la corriente del Golfo, cuando ya se había demostrado la destacada influencia que podía ejercer “en el clima de una gran extensión del continente europeo” cuando sus cálidas aguas se habían acercado inusualmente a sus costas (rebasando la frontera teórica del este del meridiano de las Azores). Esas excepcionales transgresiones hidrológicas se habían detectado en el año 1776 (por Franklin) y durante el período de noviembre de 1821 a enero de 1822. Examinados los diarios meteorológicos de este trimestre señalaban destacadas anomalías en el sur de Inglaterra y Francia: “*Calor verdaderamente extraordinario, húmedo, como de tempestad, fatigoso; la fuerte brisa sopla constantemente del Oeste y del Sudoeste; la cantidad de lluvia es excesiva, y el barómetro ha bajado más de lo que se ha visto en treinta y cinco años*”.

VIENTO Y CORRIENTES MARINAS: LOS “OCÉANOS” DE AIRE Y DE AGUA

Para las embrionarias meteorología marina y oceanografía física resultaría decisiva la aplicación de las ideas y métodos de la Geografía Física Global de A. von Humboldt (1769-1859) al océano, sin olvidar las también destacadas aportaciones de su amigo y colega F. Aragó (1786-1853). Meritorias tareas pioneras continuadas principalmente por M. F. Maury (1806-1873), que está considerado como el iniciador del estudio oceanográfico a escala global, al considerar al mar, y su relación con la atmósfera, como un todo dinámico. Maury compuso un elevado número de cartas marinas sobre vientos y corrientes oceánicas en el Atlántico, Pacífico, Índico y a escala del Globo (1847-1853), las últimas con la representación de las líneas isotérmicas superficiales, complementando sucesivamente toda esa información gráfica con textos explicativos (los Sai-



Edición de 1861 (*Physical Geography of the Sea and its Meteorology*), con la carta isotérmica del océano Atlántico de marzo a septiembre (“*The Climates of the Sea*”).

su contenido científico ampliado y la utilidad práctica de esas investigaciones:

“Under the term *Physical Geography and its Meteorology*, will be included a philosophical account of the winds and currents of the sea; of the circulation of the atmosphere and ocean; of the temperature and depth of the sea; of the wonders that lie hidden in its depths; and of the phenomena that display themselves at its surface. In short, I shall treat of the economy of the sea and its adaptations —of its salts, its waters, its climates, and its inhabitants, and of whatever there may be of general interest in its commercial uses or industrial pursuits; —for all such things pertain to this department of science”.

Mientras que en España la Dirección de Hidrografía reclamaba en varias ocasiones, en las páginas de la *Gaceta de Madrid* (1852), que la documentación científica requerida a los navegantes nacionales es sus periplos trasatlánticos apenas se cumplía en esa época, en Francia resultó un detonante para el impulso de sus investigaciones meteorológicas predictivas la violenta tempestad que destruyó un gran número de sus buques de guerra en Sebastopol en noviembre de 1854. En ese año el vicealmirante inglés Robert Fitzroy (1805-1865), fue nombrado director de la recién constituida Oficina Meteorológica inglesa en el Ministerio de Comercio, que se encargaría de reunir y estudiar los registros atmosféricos obtenidos durante las travesías de los buques, para poder llegar a establecer patrones climáticos. En el Observatorio Real de Kew se depositaban y calibraban los barómetros y termómetros que embarcaban los capitanes (en 1855 se proporcionó el instrumental necesario a 50 buques mercantes y 30 militares). A su regreso a puerto entregaban los cuadernos con los registros a agentes encargados de remitirlos a la Oficina de Londres.

ling *Directions* desde 1851). Su reconocimiento internacional aumentó desde su primera edición de *The Physical Geography of the Sea* (1855), traducida al español y a otros cinco idiomas europeos. En la 8ª edición alargó el título para incluir “Y su meteorología” e introdujo capítulos nuevos, como el titulado *Los dos océanos: de aire (invisible) y de agua (visible)*, que ponía de manifiesto la admitida actualmente “doble envoltura fluida” del planeta (atmósfera e hidrosfera, de cuya interacción dependen la lluvia, las corrientes y la turbulencia). Aclaraba en esa edición

Meteorología y Geografía física del mar

EN LA MARINA ESPAÑOLA DEL SIGLO XIX (PARTE II)

JUAN PÉREZ-RUBÍN (CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MÁLAGA, IEO)

AVANCES ESPAÑOLES DERIVADOS DEL CONGRESO BELGA EN 1853

Resultó determinante el congreso meteorológico internacional celebrado en Bruselas durante el verano de 1853, por iniciativa del marino militar estadounidense M. F. Maury (1806-1873), quien reclamaba la necesidad de convocar una conferencia entre los países interesados para trazar un plan sistemático y uniforme para realizar en los buques observaciones meteorológicas y oceanográficas durante sus travesías transoceánicas. Los expertos congresistas concretaron cinco variables oceanográficas que deberían registrarse en las respectivas columnas del nuevo modelo de Cuaderno de Bitácora propuesto: en relación a las corrientes marinas (cálculo de su dirección y velocidad) y a las propiedades físico-químicas de las diferentes masas de agua (medición de la temperatura y la densidad del agua en superficie y a varias profundidades). Se editó poco después la traducción española del *Manual de investigaciones científicas para el uso de los oficiales de la Armada y viajeros en general* coordinado por J. F. Herschel (1857), que incluía sendos capítulos sobre meteorología y “ondulaciones atmosféricas”. Ese año se puso de manifiesto la escasez de colecciones de instrumentos para que nuestros buques pudieran realizar mediciones meteorológicas completas.

En diciembre de 1853 la Real Academia de Ciencias de Madrid (RAC) había publicado un amplio resumen de aquella Conferencia belga decisiva (desarrollada en 12 sesiones) en su *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, en el que se destacaba la participación del marino americano y de su propuesta inicial:

“Celebrose esta conferencia a invitación del gobierno de los Estados-Unidos de América, conforme a la propuesta del teniente Maury, que había expuesto su plan de esta manera: *De desear es que las marinas de todas las naciones concurren a hacer en los mares observaciones meteorológicas de tal modo y con tales medios e instrumentos, que resulte un sistema uniforme, y que las observaciones realizadas a bordo de un buque de guerra, puedan compararse en todas las partes del mundo a las que se verifiquen a bordo de otro cualquiera buque de guerra. Como es apetecible además que no solo se tome razón de las observaciones de estos buques, sino también de las que recojan los mercantes de todas las naciones, parece muy conveniente y hasta político que de común acuerdo decidan las principales partes interesadas*

cual haya de ser el modelo del diario, cuales los instrumentos que se empleen, con su descripción, el modo de usarlos, y la forma y método de observar”.

Se indicaban las conclusiones con respecto al instrumental meteorológico necesario en los buques: 1) termómetros: con dos escalas (la centígrada y “la usada en el país del observador”). Aparte del termómetro común “se previno se haga uso del de bola húmeda, el de bola blanca, el de bola negra y el de bola azul o color del mar”. 2) Barómetro: desechado el modelo aneróide “se llama la atención de los físicos y constructores sobre la importancia que tendría el descubrimiento de un barómetro marino [de mercurio] que proporcionase conseguir resultados absolutos y exactos en el mar a cada momento y con cualquier tiempo”. 3) Instrumento que “sirve para reconocer el peso específico del agua de mar, cuyo coste es insignificante”. También se reconocía la necesidad de calibrar los termómetros y barómetros embarcados (“deben estar comparados a conocidos patrones, para que con exactitud puedan corregirse los errores”).

Los registros instrumentales en las travesías náuticas se consignarían en un nuevo “Diario de abordaje” que sería consensuado por cuatro comisionados (Maury, Jansen, Gorkovenko y Wells), y el contenido del “cuadro de observaciones” se discutió en varias sesiones. Al final del artículo de la RAC se incluyen las explicaciones para la formación de dicho Diario y una descripción detallada de cada columna del mismo. Las instrucciones relativas a los registros de temperatura y densidad del agua marina se incluían en las descripciones de las columnas 20^a (*Temperatura del agua del mar en la superficie*), 21^a (*Peso específico del agua del mar en la superficie o a varias profundidades*) y 22^a (*Temperatura del agua del mar en diversas profundidades*). Más información oceanográfica complementaria se incluiría en la genérica columna 24^a (*Observaciones*): las apariciones de seres vivos indicadores (aves, insectos, peces y algas) o maderas flotantes (“se mencionarán todas las circunstancias que puedan ofrecer algún interés en todo esto”), captura y conservación de determinado material biológico en superficie, sondeos en las grandes profundidades incluyendo la recogida de muestras de los materiales del fondo y registros de la temperatura en superficie en áreas con hielos flotantes.

Desde ese artículo en la misma *Revista* de la RAC fueron apareciendo otros sobre las investigaciones de Maury (*Noticia de los trabajos sobre los vientos y las corrientes del Océano*), popularizando la novedosa *Geografía Física del Mar* (independientemente para

Meteorología y Geografía física del mar

EN LA MARINA ESPAÑOLA DEL SIGLO XIX

el océano Atlántico y mar Mediterráneo), y avances sobre la meteorología europea: en relación al observatorio de Bruselas y al asociacionismo internacional. Para éste fue importante el empuje desde Inglaterra al crear en su Ministerio de Comercio un negociado encargado de “reunir y examinar todas las observaciones meteorológicas que en mar y tierra hiciesen sus sabios y marinos”. Organizaron otra reunión internacional en 1855 con asistencia de destacados expertos (como Herman, Dove, Heis, Kreis, Maury, Quételet); aunque con la incomprensible ausencia de los especialistas franceses. Se consideraron prioritarias siete líneas de investigación meteorológica (presión atmosférica, aire seco y vapores acuosos, temperatura del aire, huracanes y vientos, tempestades, auroras boreales y estrellas fugaces, y cartas de las variaciones magnéticas) y una netamente oceanográfica (temperatura del mar e indagaciones relativas a las corrientes). Ésta se consideraba de gran interés para la navegación y para el avance científico (de la geografía física y del “estudio de la climatología considerada como ciencia”), debiéndose redactar unas instrucciones específicas y aportarse datos históricos sobre las corrientes oceánicas.

Las colecciones de instrumentos depositados en el Observatorio gaditano aún eran insuficientes en 1857 para que los buques pudieran realizar convenientemente las tareas recomendadas en la conferencia de Bruselas. Afortunadamente la situación se corrigió un par de años después, cuando se creaba en el Observatorio una nueva sección (“de Geografía”) dedicada especialmente a los instrumentos de la Marina y se decretó que se iniciaran los estudios prácticos de meteorología y oceanografía propuestos por Maury. El buque español *Cervantes* fue el primero en enviar a la oficina de Maury los pioneros registros de meteorología marítima nacional (*The US Maury Collection*, año 1858).

Tiempo después se dispuso la adquisición de “doce colecciones completas de instrumentos físicos para las observaciones meteorológicas”, para que nuestros “buques de guerra que hagan viajes trasatlánticos, se dediquen, como las marinas extranjeras, al estudio de la geografía física del mar [...], ciencias que han de contribuir a la seguridad de la navegación” (12/2/1859). Los comandantes de los buques, auxiliados de sus oficiales, verificarían durante las travesías las diferentes tareas encomendadas en unas instrucciones que redactaría el director del Observatorio de San Fernando.

Insistimos en la importancia de la pronta publicación de la traducción española de la 5ª edición americana del libro de M. F. Maury: *Geografía física del mar* (1860, Madrid), considerado como el primer tratado moderno de oceanografía, logrando aquí una importante difusión, particularmente entre los marinos. Los primeros años de esa década muestran una gran actividad en la Marina para instaurar esa valiosa actividad científica. Tras recibirse en el Observatorio de San Fernando la denominada “colección instrumental de Maury” (1861) numerosos buques de la Armada española fueron embarcando diferentes modelos de termómetros específicos para medir la temperatura del agua marina, tanto en superficie como a diversas cotas batimétricas, así como aeró-

metros e hidrómetros para determinar su densidad (salinidad). Se redactaron unas *Instrucciones* para los aspirantes a oficiales (guardiamarinas) en la recién asignada fragata-escuela *Esperanza* (1862), que incluían los estudios de meteorología y geografía física del mar. La Dirección de Hidrografía recordaba al año siguiente las características del extracto meteorológico diario acordado en la citada Conferencia internacional de Bruselas, y cuando en 1864 se convoca la oposición para ingreso en el Colegio Naval Militar de San Fernando, ya se concretaba un detallado programa de “Física y Meteorología”.

Recordemos que en el comienzo de esta nueva década de los sesenta tuvo lugar el nacimiento y consolidación de nuestra hidrografía contemporánea con la creación de las tres amplias Comisiones Hidrográficas: de las costas de la Península e islas adyacentes, de las Antillas y del archipiélago Filipino. En sus *Instrucciones* se ordenaba que cada comisión llevara un Diario Meteorológico (12/10/1861). Destacamos la promoción científica desarrolla-

“Las colecciones de instrumentos depositados en el Observatorio gaditano aún eran insuficientes en 1857 para que los buques pudieran realizar convenientemente las tareas recomendadas en la conferencia de Bruselas.”

da por el brigadier F. Chacón, director del Depósito Hidrográfico, que había publicado el primer libro de texto sobre la materia para el nombrado Colegio Naval (1862, *Principios de física y meteorología*), ampliando la información oceanográfica en su libro de la siguiente década.

A partir de febrero de 1865 España comenzaría a colaborar con el servicio meteorológico internacional establecido por Urbain Le Verrier (1811-1877), director del Observatorio de Paris y considerado el fundador de la moderna ciencia atmosférica francesa. Éste solicitó personalmente iniciar una fructífera colaboración interinstitucional con los Observatorios de Madrid y de San Fernando. En este último caso a través del ministro de Marina, quien consiguió la rápida aceptación oficial española al mes siguiente (24/3/1865), comprometiendo la colaboración con ese servicio internacional de los comandantes de los buques de guerra y de los mercantes voluntarios (particularmente los buques correo trasatlánticos). Esa red meteorológica gala contaba entonces con la imprescindible colaboración de su marina militar y “65 puestos de observación, repartidos sobre la superficie de Europa”. Con los “despachos meteorológicos recibidos todas las mañanas” conseguían:

“Seguir paso a paso el curso de las tempestades que abordan nuestras costas y establecer probabilidades para el tiempo del día siguiente [...]. Las tempestades principian por surgir sobre el océano, y el estudio de su marcha, cuando están todavía lejos de las costas, permitiría conocer las señales con que se anuncian;

pudiendo S. E. el Ministro de Marina española ayudarnos a dar mayor certidumbre a nuestras previsiones [...]. Las cartas meteorológicas así construidas, ofrecen un gran interés, y yo espero que muy pronto estaremos en disposición de publicar, bajo el nombre de *Atlas de las Tempestades*, las correspondientes al año de 1864. [...] Así pues tengo el honor de solicitar de V.E. la comunicación de las observaciones de tiempo hechas a bordo de los buques españoles que atraviesan el Atlántico: la fecha y la hora del registro, el lugar [situación] de la nave deducido por la estima, la altura del barómetro, la dirección y la fuerza del viento, y el estado de la mar [...]. Una sociedad científica, instituida para fomentar estos trabajos, ha ofrecido cinco premios, de un valor aproximado de 300 francos cada uno, a los capitanes autores de las mejores series de observaciones meteorológicas en la mar”.

Aquel 1865 se establecieron las estaciones meteorológicas de La Coruña y Tarifa, y el Observatorio de la Marina acabó encargándose de coordinar las estaciones establecidas en las Capitanías de puerto para la predicción de temporales marítimos. Se consiguieron dos importantes avances desde el mencionado Observatorio: se determinó la impresión de dos series de observaciones meteorológicas (21/3/1867), según el sistema establecido por el brigadier Saturnino Montojo, y su director consiguió la aprobación de un nuevo modelo de cuaderno de bitácora (1868), que reiteraba la necesidad de recopilación de las mediciones de los barómetros y termómetros en las comisiones científicas. Se autorizó la compra de 40 colecciones de instrumentos meteorológicos para su reparato en los buques y dependencias de la Marina española. Aparte de barómetro y psicómetro (ambos con termómetro acompañante), incluía novedoso instrumental para la medición y registro de variables oceanográficas: termómetro específico (en caja protectora de cobre) para la temperatura del agua superficial, termómetro de máxima y mínima para las mediciones profundas (alojado dentro de un tubo de cobre con válvulas) e hidrómetro para determinar el peso específico de la muestra de agua marina (dato con el que poder estimar su salinidad).

El satisfactorio estado de la meteorología española a finales de esa década se puso de manifiesto en un capítulo que el *Anuario del Real Observatorio de Bruselas* dedicó a nuestro país en 1868 (E. Maily: *L'Espagne scientifique*). Impresiona comprobar la voluminosa documentación cartográfica que llevaban a bordo los



La Cartilla meteorológica para marineros y pescadores de Silva Ferro (1879).

grandes buques de la Armada isabelina en sus travesías ultramarinas, como la fragata de hélice *Berenguela* en 1867, que aparte de las numerosas cartas náuticas nacionales precisaba de “una colección completa de cartas hidrográficas de Maury y quince atlas de cartas inglesas de todos los mares del Globo”. Ese buque, que fue de los primeros en embarcar el novedoso instrumental oceanográfico propuesto por Maury (termómetro para aguas profundas e hidrómetro con su jarro de cristal), contaba con un actualizado instrumental meteorológico: varios barómetros (dos ‘Neutral Point’ de Negretti & Zambra y uno ordinario de Spencer, Browning & Co) y dos termómetros de ‘Bola Verde’ de Negretti & Zambra.

Con anterioridad a 1855 en Cádiz se habían publicado traducciones de varios libros náuticos destacados, como unas *Reglas prácticas para zafarse de un huracán, deducidas de la teoría de rotación* (por Ryder), el *Nuevo tratado de las tormentas* de W. Reid o las conclusiones del cirujano militar A. Thom para conseguir “evitar los huracanes o salir de su esfera de acción”; así como el tratado original del marino mercante A. T. Quijano sobre “el uso del termómetro y el barómetro en la navegación”. En las siguientes décadas fue muy destacable la gran labor editorial desarrollada por la Dirección de Hidrografía de la Armada para divulgar los conocimientos de meteorología marítima y oceanografía en la España decimonónica. Los numerosos textos que se fueron publicando estaban redactados por autores españoles o eran traducciones de obras extranjeras, generalmente enriquecidas con adiciones de los técnicos nacionales. Para el avance en el conocimiento de vientos y corrientes marinas fue decisiva la publicación de los libros especializados de J. M^a Tuero Madrid (*Tratado elemental aplicado a la náutica de los huracanes: precedido de una introducción sobre vientos en general, corrientes de los mares y otras partes*, 1860) y del

capitán inglés A. B. Becher, concretamente las traducciones del teniente de navío Joaquín Navarro sobre el *Cuadro general de los vientos y corrientes* de los océanos Atlántico (1857, adicionada en 1864) y Pacífico (1862).

Con respecto a las publicaciones periódicas, sorprende la ingente cantidad de información de interés sobre esos temas contenida en los 35 volúmenes de los *Anuarios* y *Anales* de hidrografía (1863-1897). Con los trabajos de brillantes hidrógrafos militares como el menorquín Pedro Riudavets Tudury (1804-1891), en cuyas obras ocupan un lugar destacado las corrientes marinas. Autor de un *Derrotero de la Costa Septentrional de España, desde La*

Meteorología y Geografía física del mar

EN LA MARINA ESPAÑOLA DEL SIGLO XIX

Coruña al río Bidasoa (1861); y de dos *Estudios sobre los vientos, corrientes y mareas*, relativos al Golfo de Cádiz (1867) y Mediterráneo occidental (1868). También se tradujeron obras meteorológicas de P. P. King y R. Fitzroy, se dieron a conocer las temperaturas y profundidades de los océanos resultantes de la expedición alemana con el buque *Gazelle* (1877) y se auspició la publicación de la *Cartilla meteorológica para marineros y pescadores o Manual de conocimientos prácticos para poder predecir el buen o mal tiempo y los cambios atmosféricos* del teniente de navío R. de Silva Ferro (1879). Este, siguiendo al almirante Fitzroy, recomendaba instalar en los puertos pesqueros españoles “barómetros públicos” (el asequible modelo con higrómetro del almirante, muy popular en otros países) y mástiles con las “señales de precaución anunciando tempestad” (un sencillo código diurno con conos y cilindros, y nocturno con faroles formando un cuadrado o triángulo). Sin embargo en décadas posteriores continuaba dominando en el Cantábrico el sistema tradicional de comunicaciones personales compuesto por atalayadores (“vigilarán incesantemente con mucho esmero y cuidado, el tiempo, la mar y el horizonte, y si observan que se presenta mal cariz, hará señal con hogueras en el castillo, por el rumbo o lado que aparece el peligro”), señeros y campaneros.

CONSOLIDACIÓN DE LOS ESFUERZOS HASTA 1895

Se incorpora a la divulgación científica en nuestro país la *Sociedad Geográfica de Madrid*: durante los primeros diez años de vida de su *Boletín* se publicaron gran número de artículos sobre la Geografía Física. En el primer número de la revista se incluyó un mapa a color sobre *Las profundidades del océano Atlántico* (1876), en el que señalaba las principales batimetrías encontradas en la recién finalizada campaña oceanográfica del buque inglés *Challenger*. Siguió otro artículo de Macpherson sobre la misma exploración “en las cercanías de los territorios pertenecientes a España” (1877) y una conferencia sobre oceanografía (*Geografía física del mar*) que impartió en 1878 el ingeniero de montes y geógrafo F. P. Arrillaga (1846-1920) en la misma Sociedad, y de la que incluiría un resumen de una veintena de páginas en la misma revista institucional.

Hay que tener en cuenta que hasta la década de los setenta no se reanudaron las reuniones internacionales meteorológicas, con la Conferencia de Leipzig (1872) y el Congreso de Viena (1873). Y aunque éste contó con un Comité de Meteorología Marítima, hubo que esperar al año siguiente para que la meteorología marítima tuviera su Conferencia sectorial en Londres (1874). En esta participaron activamente dos marinos españoles (el capitán de navío Cecilio Pujazón, director del Observatorio de Marina, y el teniente de navío Juan Montojo) y se publicó meses después un completo resumen en los *Anales* de esa institución gaditana. El nombrado director propuso en 1875 “la creación en España de un centro meteorológico en el que se recibieran y redujeran to-

das las observaciones realizadas en los barcos y en las estaciones costeras” y en el bienio siguiente se promulgaron dos reales órdenes para la creación de un centro nacional de meteorología marítima, cuyo proyecto científico y presupuesto fue elaborado por el mismo experto, con el objetivo principal de “reunir los datos que puedan proporcionar los navegantes españoles para el estudio de la meteorología marítima en general y de la de los mares que circundan nuestras costas en particular: reducir y analizar las observaciones y publicar los resultados que de ellos se deduzcan y cualesquiera otras noticias de meteorología marítima útiles a los navegantes”. Quedó finalmente aprobado (R. O. 26/4/1877) y se repartirían geográficamente un total de 28 estaciones costeras, ubicadas principalmente en la ribera del Mediterráneo (18). Los registros meteorológicos en los buques españoles de guerra (y en los mercantes voluntarios) se obtendrían a las 0:00 y 18:00 horas, y serían remitidos quincenalmente al Observatorio de Marina, donde se elaboraría la información y posteriormente se enviaría una copia a EEUU, para colaborar con el sistema de observaciones mundiales simultáneas coordinado por el general A. J. Myer (1828-1880).

Otra línea de actuación se impulsaría desde Madrid tras las dramáticas consecuencias de la galerna de abril del año siguiente en el Cantábrico, con 322 pescadores vascos y cántabros ahogados, como “consecuencia de una violenta manga de viento o torbellino, producido por una repentina turbonada que descarga y recorre una zona puramente local y relativamente reducida”. En la urgente respuesta gubernativa se dictaron “Reglas para que lleguen oportunamente a noticia de los pescadores los anuncios de la proximidad de los temporales” (R. O. 1/5/1878). El Observatorio de Madrid comenzaría a transmitir telegráficamente los partes meteorológicos internacionales diarios a los capitanes de los 25 puertos seleccionados, quienes también intercambiarán por la misma vía la situación atmosférica existente en sus respectivas

“El satisfactorio estado de la meteorología española a finales de esa década se puso de manifiesto en un capítulo que el Anuario del Real Observatorio de Bruselas dedicó a nuestro país en 1868”

costas a las 18:00 horas. Cuando se anunciara “temporal probable y peligro en la salida de los barcos”, esos capitanes y los ayudantes de los distritos serían los encargados de informar localmente a los navegantes “por medio de una señal conocida de antemano puesta en un asta en el punto más culminante y visible de la localidad” o en los semáforos ya establecidos.

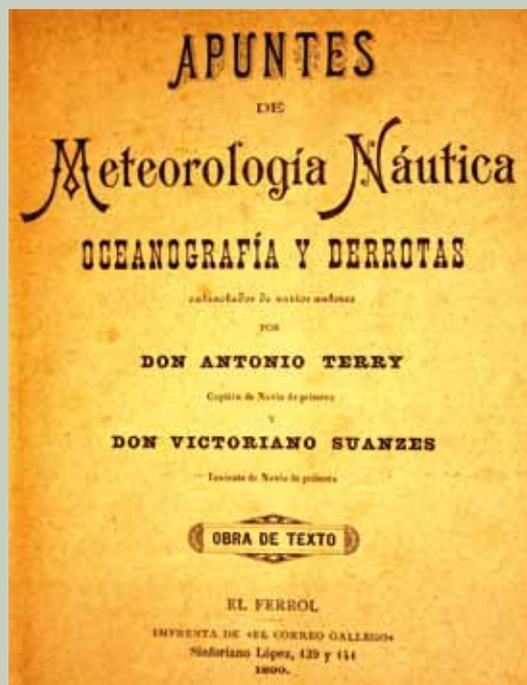
Al año siguiente serían de gran utilidad la descrita *Cartilla Meteorológica* de Silva Ferro (1879) y la activa participación española en las reuniones del II Congreso meteorológico internacional de Roma, en la sede del Ministerio de Agricultura italiano: asistieron

C. Pujazón y el experto civil Antonio Aguilar (director del Observatorio de Madrid). Con posterioridad ambos divulgaron independientemente información: en la revista catalana *Crónica Científica* (sobre el proyecto de exploración científica de las regiones polares) y en el *Anuario del Observatorio de Madrid*. Ese Congreso contó con la Sección de “Telegrafía y Meteorología Marítima y Agrícola”, en la que se destacó el boletín meteorológico mundial impulsado por el mencionado militar Myer y se ratificaban los acuerdos adoptados en la anterior reunión de Londres.

Finalmente se aprobó el reglamento provisional del Centro de Meteorología Marítima español y se concretaron los instrumentos meteorológicos que debían llevarse a bordo en los buques militares (R. O. 21/9/1880). Se instalaban en la cámara del comandante o en el camarote de la Derrota y consistieron, en los barcos mayores, en: dos juegos de instrumentos meteorológicos de Torres, dos barómetros de mercurio y un aneroides (ambos modelos con su termómetro unido). Por el contrario, los pequeños “buques de fuerza sutil mandados por oficiales” únicamente debían embarcar un aneroides con termómetro incorporado.

Variadas dificultades retrasaron la puesta en marcha del servicio hasta que mediados de 1883: “con todos los instrumentos preparados para funcionar en condiciones óptimas, comenzaron a ser enviadas desde San Fernando las instrucciones relativas a las observaciones y a la redacción de los telegramas”. Al año siguiente se inauguraba la transmisión diaria del telegrama con el resumen del estado atmosférico y la predicción del tiempo probable, publicándose cada día un *Boletín Meteorológico* con su mapa. Lamentablemente en algunas estaciones costeras no se mantuvieron adecuadamente los instrumentos y se produjo cierta duplicidad cuando el Observatorio de Madrid inició el envío a los puertos de sus propios telegramas meteorológicos. Con la creación del Instituto Central Meteorológico (1887), éste se hizo cargo del servicio nacional, aunque el Observatorio de San Fernando mantuvo un servicio interno para la Marina (recibía los telegramas de las capitanías de puerto antes de las 14 horas y enviaba posteriormente por la misma vía la predicción para el día siguiente).

Entre los novedosos libros de este período sobresale el titulado *Apuntes de meteorología náutica y geografía física del mar* (1877), del citado brigadier F. Chacón, junto con muchos textos de variada temática impresos por la Dirección de Hidrografía nacional, generalmente anónimos por tratarse de resúmenes de obras extranjeras: *La Geografía física del mar* (1880 y 1890), *De la circula-*



La Meteorología náutica y oceanografía de A. Terry y V. Suanzes (1899).

ción general atmosférica en la superficie de los océanos (1885), *Origen de los fenómenos de la coloración del agua del mar y de los lagos* (1888), *Sobre el nivel medio del mar y la superficie general de comparación de las alturas* (1889), *Las Pilot-Charts norteamericanas* (1894), descripciones de manuales franceses sobre meteorología predictiva en los años ochenta (de H. Vignot, 1880; L. Teisserenc, 1888; G. Guilbert, 1889), *Los vientos y las corrientes del mar* (1896), etc.

Finalizamos con un repaso de la situación de la meteorología marítima en la Marina de finales del siglo XIX (según el *Estado General de la Armada para 1895*). Desde aquella Dirección hidrográfica insistían recordando la obligatoriedad, a “los jefes y oficiales de

la Armada y los capitanes y patronos españoles de los buques mercantes”, de informar detalladamente de “todas las observaciones que hagan en sus viajes y puedan contribuir a la perfección de las cartas y derroteros, y al conocimiento de la Geografía Física del Mar”. Se cursaba la asignatura de “meteorología náutica y derroteros” en la Escuela Naval Flotante (desde 1871 en la fragata *Asturias*). Suponemos que el libro de texto oficial continuaría siendo el de V. Suanzes: *Breves apuntes de meteorología náutica, oceanografía y derroteros* (1891, “con arreglo al programa de la Escuela Naval”), hasta la publicación de la versión conjunta con A. Terry ocho años después (*Meteorología náutica y oceanografía*, 1899). En esa época los exámenes de pilotos y capitanes de la Marina Mercante igualmente comprendían “elementos de meteorología y geografía física del mar”, y los aspirantes también podían hallar gran cantidad de contenido oceanográfico muy actualizado en el coetáneo *Curso de astronomía náutica y navegación* del catedrático de la Escuela Náutica de Cádiz F. Fernández Fontecha. Por la utilidad del estudio *in situ* de las corrientes, ese autor dedicaba bastantes páginas a resaltar la importancia de la medición en los buques de la temperatura del agua marina (variable incluida en el modelo de Cuaderno de Bitácora que describe) y el manejo del hidrómetro (aerómetro especial “para determinar la cantidad de sales que contiene el agua de mar, o sea su densidad”).

Precisamente en abril de este año 2015 se celebró en Londres el seminario *Marine Climate Change and Variability: The Observational Legacy of M. F. Maury for Climate Change, and Variability*, para revalorizar el legado y la labor pionera del militar americano “as the instigator of the global marine, surface and subsurface, observing system and as a marine climate scientist”.

Referencias

- **Anónimo. 1875:** Conferencia sobre Meteorología Marítima celebrada en Londres en 1874. Protocolos y Apéndices. *Anales del Observatorio de San Fernando*. Suplemento Sección 2ª.
- **Becher, A. 1863 (3ª ed.):** *La aguja de las tormentas, o sea Manual sobre huracanes, para uso del navegante, con la teoría de esos meteoros puesta al alcance de todos [...], con un apéndice que contiene el uso de la rosa transparente de talco, tomado de la obra de Mr. Piddington*. Madrid.
- **Dirección de Hidrografía. 1837 (3ª ed.):** *Derrotero de las islas Antillas, de las costas de Tierra-Firme, y de las del seno mejicano*. Madrid, Dirección de Hidrografía.
- **Ciscar, G. 1833:** *Curso de Estudios Elementales de Marina*. Tomo III (*Tratado de Cosmografía*), Madrid.
- **García Martínez, J. R., 2005:** *Buques de la Real Armada de S. M. C. Isabel II (1830-1868)*. DVD editado por el Museo Naval de Madrid y Fluidmecánica Sur, S. L.
- **Garriga, J., 1794:** *Curso Elemental de Meteorología*, tomo I. Madrid, Imprenta Real.
- **Gil de Zárate, A. 1855:** "De la instrucción pública en España". Tomo III, Capítulo VI: Observatorio astronómico y meteorológico de Madrid.
- **González, F. J. 1991:** El servicio meteorológico costero: Marina de guerra y meteorología en la segunda mitad del siglo XIX. Comunicación presentada en el V Congreso de la SEHCYT (Murcia, 1989).
- **González, F. J. 1992:** *El Observatorio de San Fernando (1831-1924)*. Madrid, Ministerio de Defensa.
- **González, F. J. 1995:** *Instrumentos científicos del Observatorio de San Fernando (siglos XVIII, XIX y XX)*. Madrid, Ministerio de Defensa.
- **Guilbert, G. 1889:** *Estudio sobre el gradiente aplicado a la previsión del tiempo*. Madrid, Depósito Hidrográfico.
- **Novo, P. de. 1950:** Aspecto científico de los grandes descubrimientos geográficos españoles. *Memorias de la Real Academia de Ciencias* (Madrid), Tomo XI (2ª Serie).
- **Pérez-Rubín, J. 2008:** *Historia Oceanográfica del Golfo de Vizcaya*. [El capítulo sobre la meteorología en el siglo XIX ampliado en: <http://www.divulgameteo.es/uploads/Oceanograf%C3%ADa-Rub%C3%ADn.pdf>].
- **Purdy, J. 1853 (10ª ed.):** *Memoir, descriptive and explanatory, to accompany the charts of the northern Atlantic Ocean*. Londres.
- **Reid, W. 1853:** *Nuevo tratado de la ley de las tormentas y vientos variables, para el uso práctico de la navegación*. Cádiz.
- **Rennell, J. 1793:** Observations on a current hat often prevails to the westward of Scilly; endangering the safety of ships that approach the British Channel. *Philosophical Transactions*. [contenido mejorado en 1815 con adiciones].
- **Rennell, J. 1832:** *An investigation of the currents of the Atlantic Ocean*. Londres.
- **Rico Sinobas, M. 1857:** *Resumen de los trabajos meteorológicos correspondientes al año 1854, verificados en el Real Observatorio de Madrid*. Madrid.
- **Riudavets, P. 1868:** *Estudio sobre los vientos, corrientes y mareas que se experimentan en la cuenca occidental del Mediterráneo y de las derrotas más convenientes para sacarla en todas direcciones, precedido de un bosquejo histórico de dicho mar*. Madrid, Dirección de Hidrografía.
- **Ryder, A. P. 1848:** *Reglas prácticas para determinar el rumbo a que se ha de gobernar para zafarse de un huracán, deducidas de la teoría de rotación establecida por el coronel Reid*. Madrid.
- **Silva Ferro, R. de. 1879:** *Cartilla meteorológica para marineros y pescadores*. Londres.
- **Sykes, W. H. 1838:** Statistics of Cadiz. *Journal of the Statistical Society of London*, 1 (6): 337-354.
- **Teisserenc de Bort, L. 1888:** *La previsión del tiempo*. Madrid, Depósito Hidrográfico.
- **Terry, A. y Suanzes, V. 1899:** *Meteorología Náutica, Oceanografía y Derrotas*. El Ferrol.
- **Tuero y Madrid, J. Mª. 1860:** *Tratado elemental aplicado a la náutica de los huracanes*. Madrid.
- **Vignot, H. 1880:** *Extracto de un ensayo de meteorología*. Madrid, Depósito Hidrográfico.
- **Legislación Marítima de España**, correspondiente a los años 1859 a 1867 (Madrid, 1862-1867).
- **La Gaceta de Madrid**, años 1794 (*Curso elemental de Meteorología* por J. Garriga), 1806 (Plan de las lecciones de Meteorología, a cargo del capitán M. Gutiérrez, profesor en el Real Observatorio Astronómico de esta Corte), 1807 (Principio de las lecciones de astronomía teórica y de meteorología en el Buen-Retiro), 1809-1810 (Discurso sobre los progresos y estado actual de la Hidrografía en España / Memorias sobre las observaciones astronómicas hechas por los navegantes españoles en distintos lugares del globo), 1815-1816 (Restablecida en Madrid de la Dirección de Hidrografía / Visita del Rey a ese establecimiento), 1835 (Meteorología médica. Resumen de las observaciones meteorológicas y enfermedades que han reinado en el mes anterior), 1836 (La Meteorología aplicada a la Agricultura), 1837 y 1838 (*Curso elemental de Meteorología*), 1841 (Meteorología médica / *Elementos de física experimental y meteorología*), 1842 y 1846 (*Elementos de física experimental y meteorología* por Pouillet), 1852 (Quejas del director del Depósito de Hidrografía / Reales Órdenes recordando se cumpla lo prevenido respecto a las comunicaciones, que de sus viajes, tienen que hacer los comandantes, oficiales y demás), 1858 (Variedades. Física del globo), 1860 (¿Que es Meteorología? / ¿Cuales son las aplicaciones de la meteorología?) y 1872 (comienza a publicarse en cuadernos la nueva edición del *Tratado elemental de Física experimental y aplicada y Meteorología*).
- **Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (RAC, Madrid)**, varios años: 1849 (La gran obra de Maury, mapa de los vientos y de las corrientes), 1850 (Scoresby: olas del Atlántico, su tamaño, su velocidad y los fenómenos que presentan), 1851 (Meteorología: líneas isotermas, por Dove), 1853 (Conferencia celebrada en Bruselas para la adopción de un sistema uniforme de observaciones meteorológicas que han de hacerse en el mar), 1854 (Maury: noticia de los trabajos sobre los vientos y las corrientes del océano), 1855 (Noticia del Observatorio de Bruselas y de los trabajos científicos hechos en él / Asociación meteorológica de todas las naciones), 1856 (Huracanes observados en las Indias occidentales desde 1493) y 1858 (Geografía física del mar. El Océano Atlántico / El Mediterráneo).