

Capitán de navío Antonio Pazos García, director del Real Instituto y Observatorio de la Armada

POR ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

Con motivo de la celebración de las XXXVI Jornadas de la Asociación Meteorológica Española (AME), y durante la preparación de las mismas, algunos miembros de su junta directiva tuvimos la oportunidad de tener varias reuniones con el director del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA), el capitán de navío Antonio Pazos García.

Desde el primer momento el director del ROA se mostró muy entusiasta con la idea de celebrar un día entero de las jornadas en las instalaciones del ROA. Su constante apoyo, así como el de sus colaboradores, fue decisivo en el éxito de las jornadas. La entrevista que a continuación transcribimos se centra tanto en los aspectos más personales del director del ROA como en mostrar los aspectos históricos de esta institución que tan decisiva fue en el desarrollo científico de la España del siglo XVIII.

ER: ¿Puede contarnos brevemente su formación incluyendo su carrera militar y su carrera científica?

AP: Realicé la carrera superior militar, en la Escuela Naval Militar, entre 1982 y 1987, tomando el despacho de alférez de navío el 15 de agosto de 1987.

Entre los años 1990 y 1993, recién ascendido a teniente de navío, realicé el curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas (en la Escuela de Estudios Superiores de la Armada, EES) y, ese mismo año de 1993, obtuve el título de licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid.

A continuación, desde septiembre de 1993 hasta julio de 1995, cursé el Máster en Astronomía, Geodesia y Geofísica (en la EES), compaginando estos estudios con la realización de los cursos de doctorado de la Universidad de Cádiz (UCA).

En 2004 obtuve el título de doctor en Ciencias Físicas por la UCA.

ER: El Real Observatorio de la Armada (ROA) que Ud. dirige es una institución única desde el punto de vista científico en España, ¿puede explicar



a nuestros lectores sus orígenes y el papel jugado por Jorge Juan en su fundación?

AP: El origen del Observatorio se remonta a 1753 cuando, a instancias de Jorge Juan y Santacilia, se instala el Real Observatorio de Cádiz en el seno de la Academia de Guardiamarinas, que posteriormente se traslada a la Isla de León, actualmente San Fernando, en 1798.

Pero para entender bien los motivos hay que analizar la situación del momento. En una España dominada por la Inquisición, se hacía difícil instaurar las modernas teorías heliocéntricas que culminaron con el *Principia Mathematica* de Isaac Newton, pero que, sin embargo, eran de vital importancia para poder resolver el gran pro-

blema del posicionamiento en la mar y, por tanto, de sumo interés para la Real Armada.

Es precisamente, un joven marino, Jorge Juan y Santacilia quien, tras su regreso de la campaña geodésica de medición del arco del meridiano para determinar la forma de la Tierra, propone al marqués de Ensenada la creación del Observatorio en la Academia de Guardiamarinas (creada en 1717) y, además, impulsa y promueve la introducción en España de la ciencia moderna, la de Newton, aplicándolas a la astronomía, a la navegación, a la construcción naval, etc.

ER: El ROA desarrolla actividad observacional y de monitorización en una amplia variedad de campos relacionados con la geofísica, meteorología, astronomía, efemérides, determinación de la hora oficial, etc. ¿Puede resumir las actividades que actualmente son responsabilidad del ROA?

AP: El Observatorio ha sido el heredero natural del impulso aperturista de Jorge Juan y, como tal, siguiendo ese espíritu innovador ha sido la puerta de entrada de numerosas ramas de la ciencia que constituyen, hoy en día, los campos de trabajo de las secciones científicas del Observatorio.

Sección de Astronomía. Es la sección más antigua del Observatorio, y el trabajo en el campo de la astrometría ha derivado hacia el actual y principal cometido de la vigilancia y seguimiento de objetos espaciales, y en concreto, de la basura espacial, dentro de campo de la SST (*Space Surveillance and Tracking*).

Sección de Efemérides Astronómicas. Trabaja en problemas relacionados con la Mecánica Celeste, y su objetivo primordial

es la publicación de Efemérides Astronómicas y el Almanaque Náutico.

Sección de Geofísica. Las principales áreas de trabajo son la sismología, campos potenciales (especialmente magnetismo), geodesia y geodinámica y en el seguimiento de satélites y basura espacial mediante técnicas láser. Para ello cuenta con la estación láser, la estación magnética, la red geodésica del ROA, la red sísmica de banda ancha Western Mediterranean, la red sísmica de corto periodo del ROA y la red de sismómetros de fondo marino (red FOMAR). Además, participa en numerosas campañas de geofísica marina en diversas partes del mundo.

Sección de Hora. Se encarga del mantenimiento del patrón nacional de la unidad tiempo: el segundo, así como de la escala de tiempo físico UTC(ROA), base fundamental de la hora oficial española, y escalas de tiempo astronómico en uso y la difusión de las mismas en la forma más conveniente para las distintas necesidades científicas e industriales, así como para las de navegación. Además de otras actividades derivadas, al ser referencia nacional, el laboratorio de hora participa en el mantenimiento del tiempo Galileo, la escala de tiempo del sistema de navegación por satélites europeo.

ER: Concretamente, ¿qué actividades ha desarrollado la Armada y el ROA en las campañas antárticas?

AP: La Armada ha estado presente en las actividades españolas en la Antártida desde sus orígenes, participando con sus buques en el apoyo a bases españolas y a las campañas científicas.

Además, el ROA ha estado presente en numerosas campañas antárticas. En las primeras campañas realizando estudios sísmicos, geodésicos y magnéticos. Posteriormente, participando en numerosas campañas geofísicas y geodésicas en el marco de los proyectos de investigación antárticos aprobados por España, bien como colaboradores, bien como investigadores principales, como por ejemplo el proyecto ELGEOPOWER (Estructura Litosférica y Geodinámica del POWELL-DRAKE-BRANSFIELD RIFT), cuya campaña se realizó en enero de 2022 a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa y con el objetivo de aportar luz sobre la existencia de un canal de flujo astenosférico desde el Pacífico hacia la Cuenca Powell que explique la formación de estas cuencas.

ER: El ROA y el Observatorio de

Greenwich en el Reino Unido comparten una historia paralela en el sentido de que ambos desempeñaron roles fundamentales en el desarrollo de la astronomía y la navegación. ¿Puede hablarnos sobre ello?

AP: La astronomía para la navegación es una herramienta fundamental que se potencia con el comienzo de los viajes trasatlánticos tras el descubrimiento de América. El preciso conocimiento del movimiento de los planetas, la luna y las estrellas representaba una necesidad para que el navegante pudiese determinar su posición, aunque el problema de determinar la longitud no se resolvería hasta bien entrado el siglo XVIII con la invención del cronómetro marino.

Por tanto, el navegante necesitaba unas tablas astronómicas suficientemente precisas además de un cronómetro que mantuviese la hora del meridiano de referencia. Así, al igual que el Observatorio de Greenwich fue la referencia para los ingleses, el Observatorio de la Armada, primero en Cádiz y luego en San Fernando, ha sido la referencia cartográfica, origen de los meridianos, para los marinos españoles.

En definitiva, el Observatorio no solo realiza observaciones para determinar la posición precisa de astros, estrellas, etc, sino que también, desde 1791, publica el Almanaque Náutico y las Efemérides Astronómicas, además de determinar y mantener la hora del meridiano de referencia, el del Observatorio. Hora que llevaban los buques españoles a bordo por todo el mundo, ya que la referencia cartográfica española de los siglos XVIII, XIX y principios del XX es el meridiano del Observatorio de la Armada.

No es hasta 1884, en la conferencia internacional del meridiano celebrada en Washington, cuando se establece el meridiano de Greenwich como referencia internacional, aunque España continúa utilizando el meridiano de San Fernando como referencia hasta principios del siglo XX.

ER: ¿Con qué personal cuenta el ROA y cuál es su formación para desarrollar todas estas actividades?

AP: Actualmente el ROA cuenta con 16 oficiales con el curso de Estudios Superiores y el Máster en Astronomía, Geofísica y Hora, de los que 5 son doctores y los otros 11 realizando la tesis doctoral, 23 ingenieros técnicos de arsenales (con formación de grado o carrera técnica y alguno con el título de máster), y 10 técnicos con gra-

do medio, además de 36 personas (entre personal civil y militar) para administración, patrimonio (biblioteca, archivo y colección museográfica) y servicios de mantenimiento de todas las instalaciones.

ER: ¿Dónde y cómo se forma el personal del ROA para poder desempeñar las tareas tan específicas que tienen encomendadas?

AP: Los oficiales de perfil investigador destinados en las Secciones del Observatorio se forman en la EES, sita en el propio Observatorio.

Estos oficiales, además de haber cursado la carrera superior militar, actualmente con el título de ingenieros mecánicos por la universidad de Vigo, han tenido que realizar el curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas (ES), actualmente de 1 año de duración, que refuerza las bases matemáticas y físicas, y el Máster en Astronomía, Geofísica y Hora (MAGH), de dos años de duración.

En el primer año del MAGH, realizado en la propia escuela, los oficiales reciben una breve formación genérica sobre todos los campos de trabajo del ROA y se especializan en aquel en el que vayan a trabajar en el futuro. En el segundo año, realizan un máster universitario, que se selecciona, en función del perfil investigador deseado, entre la oferta existente de todas las universidades españolas o incluso extranjeras.

Cabe señalar que estos cursos se realizan para grupos muy reducidos de oficiales, entre 1 y 3 alumnos por curso.

Por otro lado, el personal civil accede, a través de la oferta de empleo público, con la titulación requerida para cada puesto por lo que terminan su formación directamente en la propia sección en la que trabajan.

ER: El edificio del ROA es un bello ejemplo de arquitectura neoclásica. ¿Puede comentarnos algo sobre su diseño original y las modificaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo?

AP: El diseño del edificio principal, orientado norte-sur, fue obra del marqués de Ureña. En 1798 comenzaba su andadura el Observatorio de San Fernando, en este enclave en el que se mantiene hasta hoy día.

Con el paso de los años, el edificio ha ido adaptándose a los avances tecnológicos en los instrumentos y las necesidades de los trabajos que el observatorio ha desarrollado a lo largo de su historia. Así, durante la primera mitad del siglo XVIII se

suprimía una de las plantas con que contaba el edificio principal, se remodelaba la cúpula original, se añadía la columna de refuerzo de la cúpula para sostener el gran telescopio ecuatorial Brunner y se construían los dos salones de observaciones meridianas a ambos lados, esto es, el de levante y el de poniente.

A mediados del siglo XX, volvería a modificarse la cúpula y se derribaría el salón oriental de observaciones meridianas (por problemas estructurales y por la llegada de nuevos instrumentos de observación más precisos), pero continuaría funcionando el salón meridiano occidental, hasta mediados de la década de los años 90 del siglo XX, con el círculo meridiano Grubb Parsons, posteriormente automatizado y trasladado a la Sierra del Leoncito (Argentina).

En la actualidad estamos musealizando este espacio para hacerlo visitable tal como era en origen (dentro de las posibilidades). Durante todos estos años, cada una de las dependencias del edificio principal, como decía, se ha ido adaptando a las necesidades de quienes han desempañado su labor científica en el edificio principal, quedando a día de hoy para los fondos patrimoniales del ROA, que comparten espacio con el Centro de Cálculo, las oficinas del Servicio de Archivo y Biblioteca y la Secretaría y Subdirección del ROA.

ER: La biblioteca es quizás una de las principales joyas del ROA, ¿puede hablarnos de ella?

AP: La creación en 1753 del Real Observatorio de Cádiz fue un hito importante en el desarrollo científico de la España del siglo XVIII. La conjunción entre enseñanza, práctica e investigación contribuyó rápidamente al aumento de la importancia de su biblioteca que, desde el principio, fue considerada como un instrumento científico más.

Primero Jorge Juan, y más adelante Tofiño, hicieron todo lo posible por consolidar y aumentar sus fondos, de tal forma que, en 1798, cuando el observatorio fue trasladado a su nuevo emplazamiento en la Isla de León, ya se reservó una sala para ubicación de la biblioteca en el edificio que había sido diseñado por el Marqués de Ureña.

Durante el siglo XIX se produjo un continuo incremento de los fondos bibliográficos del observatorio, motivado esencialmente por tres causas: la recogida de obras de otros centros de la Armada, la adquisición de libros en el extranjero y el intercambio de publicaciones con otras



instituciones. A partir de 1856, la creación del Curso de Estudios Superiores con sede en el Observatorio, siguiendo la tradición iniciada en el siglo anterior, cuando determinados oficiales de la Armada llevaban a cabo los llamados estudios mayores, fue origen de la adquisición de un importante número de libros de carácter especializado para las nuevas necesidades docentes.

A lo largo del siglo XX la expansión de la biblioteca continuó a buen ritmo, hasta el punto de que sus dependencias terminaron ocupando la mayor parte del edificio principal del Observatorio.

En la actualidad, sus fondos, unos 30.000 volúmenes, forman una de las más interesantes y ricas bibliotecas científicas del país, inseparable del quehacer científico del Observatorio y de las tareas docentes de la EES.

ER: El director del ROA Cecilio Pujazón tuvo una preocupación especial por la meteorología, ¿puede hablarnos sobre su figura?

AP: La relación del Real Instituto y Observatorio de la Armada con la meteorología se remonta a su origen, al depender las correcciones de las observaciones astronómicas por refracción atmosférica de las constantes meteorológicas. Así, la toma de datos meteorológicos pronto se sistematizó, realizándose 17 medidas diarias.

Con la llegada a la dirección de Cecilio Pujazón no solo se refuerza el servicio con instrumentación moderna, sino que, por

Real Orden de 1876, el Observatorio se encarga de organizar el Servicio Meteorológico Costero, basado en una red de estaciones en puertos y en observaciones desde buques, que, tras solventar un sinnúmero de dificultades, comienza a operar en 1884.

En 1887, con la creación del Instituto Central Meteorológico, antecesor de la actual AEMET, se transfieren las competencias, aunque se mantiene el servicio costero como un servicio interno de la Marina que fue desapareciendo progresivamente, permaneciendo únicamente la Estación Meteorológica del Observatorio de San Fernando hasta nuestros días.

ER: El ROA desde su inicio siempre ha tenido responsabilidades de formación de los marinos españoles. ¿Puede contarnos cómo han evolucionado estas responsabilidades con el tiempo y cuál es la situación actual?

AP: La preocupación de la Armada por la formación técnica y científica de sus oficiales fue una constante desde los inicios del XVIII. Así, en 1773, Tofiño propuso potenciar la formación, de un pequeño grupo selecto de guardiamarinas, mediante la continuación de sus estudios y la práctica de la astronomía en el Observatorio, que termina cuajando en 1783.

Aunque esta iniciativa no se perpetúa, la Armada siempre ha estado preocupada por la formación y establecer un curso de estudios superiores y cursos de astronomía, bien en la Academia bien en el Obser-

vatorio. Así, en 1856 queda establecido el Curso de Estudios Superiores de matemáticas puras, mecánica, física y astronomía, bajo la inspección del director del Observatorio, pero que desaparece en 1884 por la reestructuración de los sistemas de enseñanza de la Armada. Sin embargo, la necesidad de cubrir las bajas naturales del personal, hizo imprescindible, sólo un año después, la apertura de la Academia de Ampliación que se clausura en 1901, creándose nuevamente, en 1908, una academia en el vapor Urania ante la necesidad de realizar trabajos de hidrografía.

En 1927 se crea el Servicio Hidrográfico de la Armada como 4ª Sección del Observatorio y, posteriormente, la Academia de Ingenieros Hidrógrafos en su seno.

La última etapa en la evolución histórica del Curso de Estudios Superiores se inicia en 1945. Tras la creación del Instituto Hidrográfico de la Marina se suprime la 4ª Sección y el Observatorio se reorganiza, restableciéndose los de estudios superiores, reconociéndoles el rango de enseñanza superior. Desde entonces y hasta nuestros días, han pasado por el Observatorio alumnos de numerosas promociones, continuadoras de la filosofía iniciada por los estudios mayores del siglo XVIII.

ER: Ahora una pregunta más personal. ¿Cómo ha sido su evolución desde una carrera militar como marino hasta ocupar un puesto en el que la gestión científica es su principal responsabilidad?

AP: Al terminar mi formación en la Escuela Naval Militar y tras recibir el despacho de alférez de navío, serví en la corbeta "Infanta Elena" durante dos años y, posteriormente, tuve el honor de ser el primer comandante del patrullero "Formentor" entre mayo de 1989 y julio de 1990.

Y aunque siempre tuve vocación de marino, también la tenía de universitario. Así que cuando en 1990 tuve la oportunidad de realizar el Curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas y el Máster en Astronomía, Geodesia y Geofísica en el Observatorio, no me lo pensé y retomé otros 5 años de estudios, entre los dos cursos, pudiendo compaginarlos con la licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad Complutense de Madrid (en la rama de electrónica, que era la que realmente llamaba mi atención) y los cursos de doctorado en la Universidad de Cádiz.

Desde 1995 paso destinado como jefe de servicio a este Real Observatorio de la

Armada, primero en el laboratorio de electrónica de la Sección de Hora pero en poco tiempo, cuestión de meses, fui derivando hacia el campo de la sismología y cambiando a la Sección de Geofísica.

Son precisamente estas dos pasiones, la geofísica y la electrónica, las que forman el tema de mi tesis "Estación sísmica digital. Tratamiento digital de señales" que defendí en 2004, obteniendo el título de doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Cádiz.

En 2014, siendo ya capitán de fragata, asumo la jefatura de la Sección de Geofísica hasta que en 2018 soy nombrado subdirector jefe de estudios y, posteriormente, en 2021 asumo la dirección del Observatorio y su Escuela.

Como resumen, mi trayectoria científica, muy singular para un oficial de la Armada, me ha permitido estar más de 33 años en este Observatorio y tratar de aportar un pequeño grano de arena a la ciencia, contribuyendo a continuar con el legado científico de Jorge Juan. Así en este tiempo he participado en 54 artículos, 160 presentaciones en congresos, 28 proyectos de I+D+i y formando parte del comité organizador de 5 seminarios/congresos, además de realizar numerosas colaboraciones en campañas de geofísica marina, especialmente en despliegues de sismómetros de fondo marino (OBS) y de perfiles sísmicos de refracción.

ER: ¿Qué proyectos y perspectivas tiene el ROA para el futuro próximo?

AP: El Observatorio mantiene un total de 35 actividades científico-técnicas relacionadas directamente con los cometidos de las secciones científicas. De entre todas estas actividades hay que destacar dos por su calado e interés. En primer lugar, las actividades de la Sección de Hora, por ostentar la responsabilidad del patrón de tiempo en España con toda la actividad asociada que conlleva la hora oficial de España; y, en segundo lugar, la actividad de vigilancia y seguimiento espacial (SST), en concreto de basura espacial, en la que participan las secciones de astronomía y geofísica.

En ambos campos hay retos importantes en los que estamos trabajando a través de los proyectos CIROES, SAFE, TOCK-EURAMET, AMELAS y SAURON.

El proyecto CIROES, financiado por la Armada, consiste en el desarrollo de un patrón de red óptica de estroncio, que permitirá mejorar en tres órdenes de magnitud la escala UTC(ROA) y estar preparados

cuando cambie la definición del segundo, prevista para 2030.

Los proyectos SAFE (financiado por la Junta de Andalucía y Armada) y TOCK-EURAMET, financiado por la Unión Europea, complementan al anterior. El primero, el proyecto SAFE, enfocado hacia la sincronización de muy altas prestaciones mediante fibra óptica que permitirá la comparación entre relojes de red óptica y proporcionar sincronismo de muy alta prestaciones a los centros que lo necesiten. El segundo, el proyecto europeo TOCK-EURAMET, en el que participamos junto a otros muchos laboratorios europeos, desarrolla un reloj de red óptica transportable al objeto de realizar sincronismo preciso entre los laboratorios que tengan patrones de este tipo.

En el campo de la SST, el proyecto AMELAS se encamina a mejorar las prestaciones de la estación láser de seguimiento de satélites y basura espacial mediante el cambio del telescopio lo que permitirá no solo mejorar notablemente el posicionamiento espacial de los objetos en seguimiento, sino aumentar su capacidad. Se prevé además continuar con otros proyectos de mejora de esta estación para aumentar las capacidades, especialmente en la fase de reentrada.

El proyecto SAURON consiste en el desarrollo de un telescopio multicámara que permitirá configuraciones muy diversas, desde cada cámara se apunta a una zona determinada del cielo, para realizar un mosaico del área de interés, hasta que todas las cámaras apunten a un mismo objetivo, pasando por las múltiples situaciones intermedias de configuración. Aunque el proyecto inicial es con 6 cámaras el telescopio es totalmente escalable y se pretende, una vez finalizado, desplegarlo con fines SST en Canarias o en Sudamérica.

En resumen, los grandes retos de futuro del Observatorio se centran en el campo del tiempo y de la SST, aspectos estratégicos para el Observatorio, la Armada y para España.

ER: Le agradecemos mucho que nos haya concedido esta entrevista en la que se muestra la relevancia del ROA en el desarrollo de la ciencia en España. Estamos seguros de que interesarán mucho a nuestros lectores tanto los aspectos históricos como el actual papel del ROA en el panorama científico y técnico nacional. Desde TyC le deseamos un fructífero futuro tanto en lo personal como en lo profesional.