

# PIONERAS PERO INVISIBLES: LAS CALCULISTAS DEL LABORATORIO Y TALLER DE INVESTIGACIÓN DEL ESTADO MAYOR DE LA ARMADA

Ana Romero de Pablos\*  
Instituto de Filosofía del CSIC

## RESUMEN

En 1944 el Estado franquista creó el Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA) para construir prototipos de aparatos para la Marina de guerra, un laboratorio militar que contó con una importante participación de mujeres. Este artículo tiene como objeto visibilizar la influencia en la investigación científica y tecnológica, también en el ámbito militar, de un grupo de mujeres, las calculistas, que, a pesar de sus capacidades y destrezas, continúan ocultas y ausentes en la historia de la ciencia.

**PALABRAS CLAVE:** mujeres, calculistas, óptica, investigación militar, franquismo.

## ABSTRACT

«Pioneering though invisible: women calculators at the Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada». The Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA) was created in March 1944 to construct equipment prototypes for the Navy. This military laboratory relied on the participation of a large number of women. The objective of this paper is to show the influence of these women calculators who, despite their abilities and skills, remain hidden and absent in the history of science.

**KEYWORDS:** women, women calculators, optic research, history of military research, Francoism.



## 0. INTRODUCCIÓN

Aunque el trabajo en equipo es y ha sido una constante en los laboratorios, casi toda la literatura que tenemos sobre ellos desde la historia de la ciencia ha estado centrada en las personas que los dirigían y ha dejado en un segundo plano al resto del personal investigador y técnico que participó también de la vida de los laboratorios. Desde que Steven Shapin (1989) puso en primer plano el papel de los técnicos y del personal no científico en los laboratorios, y llamó la atención sobre la no correspondencia entre sus roles en los laboratorios y su invisibilidad en la historiografía, han sido varios los estudios dedicados a visibilizarlos (Ilfie, 2008; Tansey, 2008; Russell, Tansey, Lear, 2000; Herran, 2006). Pero, como bien recuerda Tansey, a pesar de estos esfuerzos hechos desde la historia de la ciencia, todavía continúan sin ser reconocidas las técnicas de laboratorio y sus trabajos (Hartley y Tansey, 2014). Y este es el principal objetivo de este artículo: visibilizar el trabajo que realizaron un grupo de investigadoras, científicas y técnicas, que trabajaron en el Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA) en proyectos de interés militar.

En España contamos con interesantes estudios que visibilizan la presencia de mujeres en el siglo xx en áreas científicas y tecnológicas<sup>1</sup>. Estudiar este grupo de mujeres que trabajaron y habitaron en un laboratorio de la Armada en los años cuarenta y cincuenta en España abre un campo nuevo todavía por explorar: la presencia de mujeres civiles en instituciones militares. Las técnicas especializadas en cálculos ópticos de sistemas que trabajaron en el LTIEMA sufrieron una doble invisibilidad: a la del personal técnico descrita por Steven Shapin (1989) se sumó la de ser mujer (Russell, Tansey, Lear, 2000; Hartley y Tansey, 2014).

La historia y los trabajos de estas investigadoras ponen en cuestión la ausencia de mujeres en las universidades y en los espacios de investigación científica y tecnológica en los años cuarenta y cincuenta del pasado siglo xx en España (Alcalá y Magallón, 2008). Si a eso sumamos su presencia en espacios de investigación gestionados y dirigidos por militares, el poder de la dictadura y el modelo de mujer que fomentaba —la de madre dedicada en exclusiva a labores domésticas— queda doblemente cuestionado.

Además, conocer las historias de estas mujeres redundará en una mejor comprensión de las prácticas científicas —en ocasiones, poco tratadas desde la historia de la ciencia (Hartley y Tansey 2014)— y contribuirá a un mejor conocimiento de la dictadura de Franco y sus culturas políticas (Cenarro, 2016).

---

\* *E-mail:* [ana.romero@cchs.csic.es](mailto:ana.romero@cchs.csic.es).

<sup>1</sup> Entre esos trabajos destacan los de Carmen Magallón (2004) sobre las pioneras en física y química en la primera mitad del xx; sobre la profesionalización y la modernización social de las mujeres científicas ver Santesmases, 2000; para mujeres en las investigaciones médicas ver Ortiz, 2006 y Ortiz y Santesmases, 2014; sobre mujeres en biología ver Santesmases, 2008; en la astronomía los de Pérez Sedeño y Kiczkowski, 2010; y para mujeres y educación ver los trabajos Flecha 1996, 2010, 2015 y Canales, 2006.

Los materiales conservados en el Archivo Central del Cuartel General de la Armada (Archivo CGA) y en el Archivo del Instituto Tecnológico de La Marañosa (Archivo ITM) son las principales fuentes de este trabajo<sup>2</sup>. La documentación localizada hasta ahora es escasa y ofrece poca información sobre ellas y sus trabajos. Las nóminas del laboratorio, los expedientes laborales y el material de archivo (notas, comunicaciones internas, memorias) proporcionan los nombres de algunas de estas mujeres y sus relaciones contractuales con la institución. Pero sus historias y los trabajos que desempeñaron en el laboratorio, como ya apuntó Margaret Rossiter en su libro *Women Scientists in America*, son seguramente más ricas y extensas que los objetos materiales de los que disponemos para poder contarlas (Rossiter, 1982). Causa y efecto de la invisibilidad a la que están sujetas estas mujeres: la poca documentación hace poco tangibles sus historias y las invisibiliza en la historiografía; y la no presencia en la historiografía oculta todavía más su presencia en los archivos.

La documentación y el legado material con el que contamos ofrecen evidencias de los espacios de investigación, los entornos políticos y sociales en los que se desarrollaron y las prácticas que desarrollaron; pero ocultan a las mujeres que habitaron esos espacios. Por ello, reconstruiré lo que aportaron esas mujeres a partir de lo que la documentación nos deja conocer mejor: los espacios de investigación que compartieron y el legado material que nos ha llegado y en el que tuvieron responsabilidad directa en su construcción. Además de visibilizar el trabajo investigador de estas mujeres en un laboratorio militar, propongo también cuestionar la quiebra en la división entre investigación civil y militar —las instituciones civiles compartieron intereses investigadores, recursos y también personal científico con las militares—, y la ausencia durante el periodo autárquico de relaciones científico-tecnológicas. Estos contactos, aunque se establecieron fundamentalmente con Alemania por razones de afinidad política, favorecieron la llegada a España de personal científico, materiales y conocimientos que empujaron el desarrollo tecnológico por lo menos en el campo de la óptica.

## 1. EL LTIEMA

En marzo de 1944 la Armada creaba bajo dependencia del almirante jefe del Estado Mayor el Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA)<sup>3</sup>. El objetivo era diseñar y construir prototipos de especiales características para la Marina de guerra que después de estudiados y analizados pu-

---

<sup>2</sup> El Instituto Tecnológico de La Marañosa es el organismo para la Investigación y Desarrollo del Ministerio de Defensa. Entre los centros que agrupa está el Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada (CIDA), que fue en lo que se convirtió el LTIEMA a partir de 1966.

<sup>3</sup> Decreto de 2 de marzo de 1944 por el que se crea el Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada. *BOE*, 76: 2193. Decreto de 8 de noviembre de 1944 por el que se aprueba el Reglamento orgánico del Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada. *BOE*, 323: 8675-8678.



dieran ser fabricados en serie por la industria nacional. En pleno auge de las políticas autárquicas, el gobierno de Franco confió a la Marina el encargo de conocer y tratar de dar respuesta a los problemas que planteaban la radioelectricidad, la mecánica de precisión, la electroacústica y los desarrollos ópticos en la evolución del armamento. El Laboratorio de óptica que la Marina de guerra había creado en 1934 y los cursos de óptica para ingenieros que este laboratorio había puesto en marcha dotaban a la Armada de tradición y capacitación científica suficiente para recibir ese encargo.

Los catálogos de instrumentos publicados por este organismo en 1947 y algunas de las patentes que fueron solicitadas a la Oficina Española de Patentes y Marcas muestran parte del legado material de este laboratorio: prismáticos de diferentes tipos, sextantes, anteojos, *spotter* (aparatos que registran el movimiento de aviones y barcos), telémetros (sistema óptico que calcula la distancia a un objeto distante), periscopios para submarinos son algunos de ellos<sup>4</sup>.

José María Otero Navascués, ingeniero de la Armada y personaje clave en la política científica del franquismo —sobre todo la nuclear—, compatibilizó la dirección de este laboratorio militar con la del Instituto de Óptica Daza Valdés, creado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en 1946. Esa dirección conjunta facilitó el tránsito de saberes y prácticas entre la Armada y el CSIC que, con la llegada al Instituto de Óptica de Armando Durán, sumó un tercer espacio de influencia, el universitario. Los trabajos y estudios sobre óptica fisiológica centraron inicialmente los intereses de estas tres instituciones. Con la llegada en 1949 al Instituto de Óptica del CSIC de Franz Weidert, fundador y director del Instituto de Óptica de Berlín —su proximidad al Tercer Reich le había obligado a salir de Alemania tras la batalla de Berlín y la entrada del ejército soviético en la ciudad—, se impulsaron también los trabajos de óptica instrumental y óptica geométrica; y el cálculo de sistemas ópticos se convirtió en uno de los principales focos de atención<sup>5</sup>.

Además de poner en un primer plano a las investigadoras y técnicas que trabajaron en estos centros, los saberes y las prácticas científicas y tecnológicas que viajaron entre estas tres instituciones, dos civiles y la otra militar, quiebran la dicotomía entre investigación civil e investigación militar en España. El caso aquí estudiado muestra espacios perfectamente conectados, casi superpuestos: compartieron personal científico y técnico, formación y objetos de estudio.

---

<sup>4</sup> Anteojo de barra de 7x y 15x con campo aparente de 50° y 70°, MCMXLVII, Laboratorio y Taller del Estado Mayor de la Armada. Instrumentos ópticos de medida y laboratorio. Aparatos científicos, MCMXLVII, Laboratorio y Taller del Estado Mayor de la Armada. Gemelos prismáticos, MCMXLVII, Laboratorio y Taller del Estado Mayor de la Armada. Patente ES-0211518: Nuevo sistema óptico-mecánico para la obtención y medida de azimutes. Archivo Oficina Española de Patentes y Maracas (AOEPM). Patente ES-0218631: Aparato para el control de Tiempos. Patente ES-264949: un proyector para imágenes fotográficas. (AOEPM). Patente ES-268220: un procedimiento electroquímico para la fabricación de circuitos impresos. (AOEPM).

<sup>5</sup> Sobre los contactos con los responsables de los centros de investigación alemanes y su influencia en la organización de los espacios de investigación españoles ver Presas, 2000 y 2008.



Las relaciones comerciales y científico-tecnológicas que establecieron estos organismos con laboratorios europeos y empresas alemanas y suizas, principalmente, cuestionan también las narraciones que se han venido haciendo sobre la ciencia y la tecnología en el franquismo. Mientras los discursos en plena autarquía exhibían unas relaciones políticas quebradas, no ocurría lo mismo con esa otra diplomacia basada en contactos personales como los que establecieron Otero y Weidert, y soportada en afinidades ideológicas e intereses científicos.

## 2. INVESTIGADORAS Y TÉCNICAS

El cálculo de sistemas fue una de las cuatro líneas de especialización —óptica instrumental, mecánica de precisión y espectros fueron las otras— en torno a las que se organizó el Curso de Óptica Superior que comenzó a impartir el Instituto de Óptica del CSIC en 1949. El curso, de dos años de duración, estaba dirigido fundamentalmente a físicos e ingenieros; empleaba los dos primeros semestres en explicar materias de interés general —teoría de los instrumentos, mecánica de precisión, óptica fisiológica, óptica física, resistencia y trabajo de materiales, además de inglés y alemán— y los dos siguientes a la especialidad elegida. Para el caso de la especialidad de cálculo de sistemas, el alumnado tenía que cursar un semestre más de óptica geométrica con sus clases prácticas, fotometría y radiometría también con sus prácticas, y dos semestres de cálculo de sistemas, además de continuar con el inglés y el alemán y realizar el proyecto de fin de curso<sup>6</sup>.

Entre el profesorado del curso figuran tres investigadoras: Piedad de la Cierva, María Egües y María Teresa Vigón. Fueron sus destrezas y capacidades, además de los entornos sociales, económicos y de poder, las que les hicieron partícipes de ese espacio donde se pensaron y diseñaron los *currícula* y modelos que debían seguir las calculistas. Estos cursos sirvieron para entrenar al personal auxiliar y nutrir de un grupo formado y selecto de calculistas tanto al Instituto de Óptica como al LTIEMA (Villena, 1957: 384).

Como veremos, el femenino hace al caso, pues tanto en un caso como en otro estas ocupaciones fueron desempeñadas en su mayoría por mujeres. Trabajos de historia de la astronomía y también de historia de la biotecnología han mostrado que hay una larga tradición en el empleo de mujeres para la realización de trabajos de cálculo y recogida de registros (Rossiter, 1982: 51-57; Pérez Sedeño y Kiczkowski, 2010: 45-77; Strasser, 2010).

Piedad de la Cierva enseñó sobre «Físico-química del vidrio óptico». Se había doctorado en Ciencias Químicas en 1934 y conocía bien el tema, pues había recibido

---

<sup>6</sup> Programa del II Curso de Óptica Técnica Superior, 1951 a 1953, CSIC, Madrid, 1953. Depósito Digital de Documentos de la UAB, Archivo Ramón Ortiz Fornaguera. [http://ddd.uab.cat/pub/rof/rofdoc/D51\\_3\\_ProgramaCursoOpticaCSIC\\_31jul1951.pdf](http://ddd.uab.cat/pub/rof/rofdoc/D51_3_ProgramaCursoOpticaCSIC_31jul1951.pdf). Ramón Ortiz Fornaguera impartió la asignatura de Mecánica cuántica y Teoría de grupos.





en 1947 el encargo de diseñar y levantar una planta semiindustrial para fabricar vidrio óptico<sup>7</sup>. Aunque era una fabricación compleja y costosa, tras la segunda guerra mundial la fabricación de vidrio óptico había cobrado importancia para la industria militar y se había convertido en una de las prioridades políticas y económicas en muchos países. Ocho años después de recibir el encargo, los resultados del trabajo de Piedad de la Cierva y su equipo, que contaba con una destacada presencia de mujeres, eran reconocidos por el gobierno franquista con el premio Juan de la Cierva a la investigación en ciencia y tecnología. Francisca de Andrés, Aurea Perales y María Teresa Díaz figuraban como coautoras del trabajo junto a José Rodríguez, Ramón Sambade, Fausto López, Emilio Robledo, Leonardo Paz y Esteban Cordón (De la Cierva *et al.*, 1955).

María Teresa Vigón, tras doctorarse en Química en 1944, continuó con su formación en el laboratorio de fotografía del Politécnico ETH de Zúrich (1947-1948). Los conocimientos allí adquiridos los incorporó al montaje y equipamiento del laboratorio de fotografía y fotoquímica de la sección de rayos X y magnetismo del Instituto de Óptica (Memorias, 1944, 1947, 1948). Su experiencia la llevó a impartir las clases de Fotografía y Sensitometría en el Curso de Óptica Superior.

Por último, María Egües, doctora en Ciencias Físicas, fue de las tres la única que impartió clases en la especialidad de Cálculo de Sistemas Ópticos. Los trabajos publicados hasta 1949, año del comienzo del curso, la situaron junto a los que habían sido sus maestros (Egües, 1945, 1957, 1948). Su experiencia en métodos de cálculo de rayos oblicuos, en la aplicación de las fórmulas Seidel para la construcción de objetivos, sus trabajos sobre oculares y el diseño óptico de la cabeza de un periscopio la llevaron a participar en la enseñanza de esta asignatura y a dirigir el despacho de proyectos Ópticos del LTIEMA<sup>8</sup>. Compartió el Seminario de Cálculo de Sistemas con Franz Weidert, fundador y director hasta 1945 del Instituto de Óptica de Berlín y jefe del departamento de Óptica Técnica del Instituto de Óptica del CSIC desde 1949; con su director de tesis Armando Durán, catedrático de óptica de la Universidad de Madrid y director adjunto del Instituto Leonardo Torres Quevedo del CSIC; y con el Dr. en Ciencias Físicas Justiniano Casas. Todos ellos enseñaron diferentes métodos de cálculo de combinaciones ópticas. En concreto, se centraron en cálculos trigonométricos y algebraicos, marchas de rayos, aberraciones, correcciones de sistemas aislados y correcciones de compensación. El objetivo era que, al terminar el curso, los alumnos pudieran plantear cualquier problema de cálculo de sistemas y conocer los principales caminos para su resolución.

Aunque no tenemos constancia, es muy probable que Francisca de Andrés, Aurea Perales y María Teresa Díaz, las tres investigadoras que firmaban con Piedad

---

<sup>7</sup> Los trabajos de Carmen Magallón sitúan a Piedad de la Cierva como una de las pioneras de la ciencia en España (Magallón, 1998; Alcalá y Magallón, 2008). Por ellos conocemos bien sus años de formación y su trayectoria científica hasta la guerra civil. Un reciente trabajo (Alva, 2016) ha utilizado unas memorias inéditas de Piedad de la Cierva para trazar los años posteriores a la guerra civil.

<sup>8</sup> El archivo del LTIEMA conserva documentos, muchos relacionados con el proyecto del periscopio Foca II, de la actividad de María Egües al frente de este departamento.

de la Cierva el trabajo premiado, cursaran también este curso. Las tres figuran en una relación de 1957 que recoge el personal civil eventual del LTIEMA<sup>9</sup>. De ellas, solo Francisca de Andrés llegó a doctorarse con una tesis sobre el estudio de arcillas refractarias<sup>10</sup>.

Pero no fue esta la única investigación realizada por científicas vinculadas al LTIEMA que terminó en tesis doctoral. Trabajos posteriores de otras mujeres que investigaron y experimentaron en este laboratorio también fueron defendidos e incluso alguno llegó a ser objeto de patente<sup>11</sup>: Luisa Arroyo, una investigadora del Instituto Nacional de Electrónica, trabajó sobre el comportamiento de superficies de vidrios ópticos atacados con ácido nítrico (1962); Antonia Muñoz Turnes trabajó sobre las posibilidades industriales de las cenizas de cascarilla de arroz (1965), y Guadalupe Ortiz de Landázuri lo hizo sobre refractarios aislantes (1965). Piedad de la Cierva fue la directora de todas estas tesis doctorales y como tal figura en el Catálogo Cisne UCM-AECID de la Biblioteca Histórica Marqués de Valdecilla<sup>12</sup>. Pero ella misma no pareció recordarlo así; Inma Alva cuenta que, en las memorias que Piedad de la Cierva dejó escritas en 1993, mencionaba que tuvo que pedir a José María Albareda, secretario general del CSIC, que figurara como director de las tesis al no poder ella hacerlo por no ser catedrática (Alva, 2016: 9). Seguramente su recuerdo estuvo mediado por la mala experiencia vivida en las oposiciones a cátedra a las que se presentó en 1941, una de las pocas veces que sufrió discriminación de género según dejó escrito en sus memorias (Alva, 2016: 7-8)<sup>13</sup>.

El entorno familiar ligado al poder político y económico en el que crecieron estas mujeres condicionó sus vidas, también la profesional. María Teresa Vigón era hija del general Vigón, ministro de Franco entre 1940 y 1945, y Piedad de la Cierva era sobrina nieta de Juan de la Cierva Peñafiel, abogado y político español que ocupó varios ministerios con Alfonso XIII, e hija de Juan de la Cierva López, abogado y profesor de Derecho en la Universidad de Murcia. Pero a los apoyos familiares y a la pertenencia a las elites socioeconómicas y políticas de la dictadura hay también

---

<sup>9</sup> Ministerio de la Marina, LTIEMA. Relación de todo el personal civil eventual, con detalle de las cantidades que perciben en nómina de este centro del mes de noviembre de 1957, 26-11-1957, Archivo Central del CGA, Madrid.

<sup>10</sup> Francisca de Andrés Contreras, «Estudio físico-químico de arcillas refractarias españolas: preparación de pastas utilizables en la fabricación de crisoles para vidrio óptico»; tesis inédita, presentada en la Universidad de Madrid, Facultad de Ciencias, 1954. Biblioteca Complutense.

<sup>11</sup> Luisa Arroyo Valdes, «Estudio de superficies de vidrios ópticos por ataque con ácido nítrico»; tesis inédita, presentada en la Universidad de Madrid, Facultad de Ciencias, 1962. Biblioteca Complutense. Antonia Muñoz Turnes, «Estudio físico-químico y posibilidades industriales de las cenizas de cascarilla de arroz»; tesis inédita de la Universidad de Madrid, Facultad de Ciencias, 1967. Biblioteca Complutense. La tesis doctoral «El valor refractario de las cenizas de la cascarilla del arroz» obtuvo el premio Juan de la Cierva de Investigación. Procedimiento para la fabricación de bloques refractarios aislantes. Patentes 302751 y 311366. Archivo Oficina Española de Patentes y Marcas, Madrid.

<sup>12</sup> <http://biblioteca.ucm.es/historica/tesis-doctorales>.

<sup>13</sup> En 1941 se convocaron tres cátedras de Física y Química para las universidades de Sevilla, Valencia y Murcia. Sobre las oposiciones y los candidatos ver Otero Carvajal, 2012; Flecha, 2010.





que añadir las redes familiares de las que formaron parte: seguramente sus carreras habrían sido muy diferentes si no hubieran contado con el apoyo que recibieron de José María Otero Navascués. Este militar favoreció en los centros de investigación que dirigió la formación de mujeres, a las que dio responsabilidades y liderazgo. María Egües contaba que fue Otero Navascués y su plante frente al químico José Casares, contrario a que hubiera mujeres en el Instituto de Óptica, lo que le permitió iniciar su carrera profesional en el CSIC. En este mismo sentido se expresaba Juana Bellanato, otra física que llegó tiempo después al Instituto para hacer su tesis doctoral; allí se encontró a tres investigadoras contratadas, María Teresa Vigón, María Egües y Olga García Riquelme, algo que no hubiera sido posible sin el apoyo expreso de Otero Navascués (Moya, 2002: 563)<sup>14</sup>. El entorno familiar, la proximidad al poder político y económico y las redes familiares permitieron que estas mujeres, que permanecieron solteras, quedaran al margen del modelo de mujer que la dictadura franquista fomentaba, la de madre dedicada en exclusiva a labores domésticas.

En esa relación de personal civil adscrito al LTIEMA destaca otro grupo de mujeres, las calculistas, que participaron y tuvieron responsabilidades en las investigaciones y resultados del LTIEMA, pero quedaron todavía más ocultas, al no figurar como autoras. La documentación informa de cómo participaron de la estructura del laboratorio, con quiénes establecieron la interlocución y cuáles fueron los temas de trabajo e interés; pero ofrece poca información directa sobre cómo trabajaron estas mujeres y de lo que aportaron. Solo las nóminas del laboratorio y las notas o comunicaciones internas, solicitando la realización o revisión de algún cálculo, ponen nombre a algunas de ellas. Encarnación Rodríguez y Carmen Santiago estuvieron contratadas como encargadas de la sección de cálculo del LTIEMA; pero María Domínguez Esteban y María Olvido Gómez García, que figuran como calculistas de 1.<sup>a</sup>, y María Begoña Díaz Lequerica y Ana María Fernández Cantos como calculistas de 2.<sup>a</sup>, solo consiguieron relaciones contractuales eventuales<sup>15</sup>.

Todas ellas enriquecieron con sus cálculos los resultados que exhibió el laboratorio, pero sus aportaciones y trabajos, aunque expertos y necesarios, quedaron en la sombra, desdibujados y diluidos en el conjunto. Mucho del material conservado sobre la construcción de instrumentos entonces importantes para la Marina de guerra muestra que sus contribuciones fueron valiosas y relevantes. Ocultos en esos documentos, que sugieren una débil frontera entre el trabajo 'investigador' y el trabajo 'técnico', están las aportaciones de estas mujeres, los conocimientos que manejaron y los procedimientos de cálculo que utilizaron.

Por ellos sabemos que para construir el vidrio era preciso calcular los radios de las curvaturas, sus espesores, los diámetros, calcular y corregir las aberraciones. Y también que no bastaba con construir el vidrio, había también que calibrarlo. Para

---

<sup>14</sup> Entrevista con Juana Bellanato en <http://www.ibe.tv/es/canal/ciencia/726/Juana-Bellanato-o-c%C3%B3mo-quitarse-importancia.htm>.

<sup>15</sup> Ministerio de la Marina, LTIEMA. Relación de todo el personal civil contratado. Relación del personal civil eventual, 26-11-1957, Archivo Central del CGA, Madrid.

ello, había que calcular las dioptrías y los diámetros de los oculares, las posiciones y diámetros de los diafragmas, y calcular también los focos de las lentes. Todos estos trabajos, que quedaban crípticamente agrupados en el programa del curso de Óptica Técnica Superior bajo el enunciado de «cálculo de sistemas», fueron tareas realizadas por las calculistas de forma repetida, cuidada y meticulosa. Sin ellos, el vidrio no hubiera podido ser primero construido y luego incorporado a los aparatos ópticos que fabricaron y comercializaron.

### 3. LOS CÁLCULOS

Uno de esos instrumentos que esconde los trabajos de estas mujeres y cuya construcción ocupó durante bastantes años tanto a las calculistas del LTIEMA como a las del Instituto de Óptica del CSIC fue un astrolabio de prisma. Este instrumento, del que hoy día se conserva un ejemplar en el Museo del Instituto Tecnológico de La Marañosa, incorpora todo un conjunto de saberes y prácticas que fueron conformando un grupo heterogéneo de personal investigador, también calculistas, en función de unas necesidades concretas. Utilizados para determinar las coordenadas geográficas en función de la posición de los astros, han resultado fundamentales para la navegación. Esto explica que formen parte del legado científico histórico y que hayan sido principalmente militares de la Marina los que se hayan interesado por desarrollar y mejorar sus prestaciones (López, 1915; Campos, 1915; Millán, 1927; Ascarza, 1928)<sup>16</sup>.

En 1948 fue cuando el LTIEMA inició la investigación para la construcción del astrolabio. La primera vez que las memorias del CSIC hacen referencia a este proyecto es en 1951, aunque los primeros documentos localizados en el archivo del LTIEMA referidos al intercambio de datos e información datan de febrero de 1952 (Memoria CSIC, 1951: 352).

Sabemos, por la correspondencia conservada que en este proyecto participaron también constructores de vidrio europeos. El laboratorio de la Marina mantuvo una interlocución constante con dos empresas alemanas fundamentalmente —Zeiss y Schott— aunque también intercambiaron dudas y resultados con otras suizas.

La primera comunicación que estableció el LTIEMA con la empresa alemana Zeiss, uno de los actores principales del mundo de la óptica en Europa desde finales del XIX, lo hizo a finales de noviembre de 1955 a través de la Empresa Nacional de Óptica (ENOSA)<sup>17</sup>. Enviaron unos planos del astrolabio acompañados

---

<sup>16</sup> En la colección de instrumentos del Instituto Geográfico Nacional hay dos astrolabios de prisma. Uno construido hacia 1900 por la Société Optique & Mécanique de Haute Précision de París. Y otro por la casa suiza Kern, Aarau, hacia 1920. <http://www.ign.es/ign/layoutIn/museoInstrumento.do?codigoInstrumento=46>. <http://www.ign.es/ign/layoutIn/museoInstrumento.do?codigoInstrumento=47>. Último acceso el 10 de octubre de 2016.

<sup>17</sup> Para una breve historia de ENOSA ver Pablo Martín Aceña y Francisco Comín, INI, 50 años de industrialización en España (Madrid, 1991).



de un documento titulado «Disposición del montaje del objetivo del astrolabio de prisma»; querían conocer la opinión de los técnicos alemanes sobre las posibilidades del sistema óptico, las posiciones del espejo y la tolerancia del centrado<sup>18</sup>. En otros contactos posteriores solicitaron a los alemanes presupuestos e información sobre la construcción de las lentes del objetivo, de las herramientas de óptica y calibres del vidrio, de las monturas, del montaje y ajuste del objetivo, e incluso de la caja para su transporte<sup>19</sup>. La ida y vuelta de planos sobre todo, pero también de cartas y documentos con cálculos entre el LTIEMA y Zeiss, fue continua entre 1955 y 1961<sup>20</sup>.

Finalmente, en 1957 el LTIEMA optó por construir en sus propios talleres el objetivo y las monturas para el astrolabio, y se encargó a Zeiss el montaje y centrado del mismo. Schott proporcionó el vidrio en bruto y Zeiss dio las indicaciones necesarias de cómo montar el espejo y las lentes del objetivo, y de las propiedades que debía tener el vidrio<sup>21</sup>.

Los planos del proyecto óptico, uno preliminar y otro más definido, otros con el montaje de los objetivos y los que incorporan la posición del primer espejo, están llenos de datos que resultaron de cálculos para establecer las distancias focales o el centrado de las lentes. Dibujos, anotaciones, números que, al tiempo que exhiben el trabajo que realizaron estas mujeres, también las ocultán.

#### 4. CONCLUSIONES

Esta breve historia sobre el LTIEMA y la construcción del astrolabio de prisma habla de dificultades, necesidades, destrezas técnicas, y de aspiraciones que seguro tuvieron también las calculistas que quedaron ocultas tras los datos y planos que circularon entre Jena y Madrid. Las traducciones, estudios y anotaciones de artículos de André Danjon, de Jan V. Garwick y de K. Schwidefsky<sup>22</sup> hechas por el personal del LTIEMA sugieren capacidades, voluntades y anhelos del personal técnico e investigador, mujeres y hombres, marcados por el espacio sociopolítico de

---

<sup>18</sup> Carta de ENOSA a Zeiss, 25 de noviembre de 1954. Archivo ITM. Carta de Zeiss a ENOSA, 8 de febrero de 1955. Archivo ITM.

<sup>19</sup> Carta de Carl Zeiss al LTIEMA, 28 de agosto de 1955. Archivo ITM.

<sup>20</sup> El primer documento conservado que envía el LTIEMA a Zeiss es del 11 de septiembre de 1955. Y el último de Zeiss al LTIEMA es del 5 de enero de 1961. Archivo ITM.

<sup>21</sup> Carta de Manuel Álvarez Olalla, ingeniero jefe de proyectos mecánicos del LTIEMA, a Zeiss. 28 de marzo de 1957. La contestación de Zeiss con los datos requeridos es de 23 de mayo de 1957. El LTIEMA hizo el encargo de los vidrios ópticos a Schott el 9 de junio de 1957.

<sup>22</sup> En el Archivo del ITM se conservan traducciones de los siguientes artículos: A. Danjon, Étude de deux instruments des passages: notes sur le rôle des flexions et du coma. *Bulletin astronomique*, 1947, 13: 1-18; A. Danjon (1940). Oculaire nadiral a images brillantes sur fond obscur. *Bulletin astronomique*, 12: 415-419; J.V. Garwick (1949). Sur la surface libre d'un bain de mercure. *Bulletin astronomique*, 14: 145-151; P. Muller (1949). «Sur un nouveau micromètre a double image, ses possibilités, et quelques questions connexes». *Bulletin astronomique*, 14 (1949), pp. 177-256 y 257-313. K. Schwidefsky, «Ein neues Prismen-Astrolab», *Optik*, iv (1948), pp. 1-8.

la dictadura que no renunciaron a relacionarse e intercambiar prácticas y conocimientos con los centros europeos a los que eligieron como referentes.

La trayectoria de este grupo de mujeres, investigadoras y técnicas, muestra que tuvieron una influencia ascendente en la investigación científica y tecnológica, también en el ámbito militar. Formaron parte de una amplia red de instituciones políticas, científicas y militares, no solo españolas, que intermediaron y tuvieron influencia en la política científica española de la dictadura franquista. Sus capacidades y destrezas, sumadas a las redes familiares y a la proximidad al poder político, las hicieron partícipes de la puesta en marcha de líneas de investigación que resultaron determinantes en la configuración de disciplinas y abrieron a otras mujeres lugares hasta entonces ocupados mayoritariamente por hombres. Pero para casi todas ellas, sobre todo para las calculistas, la trascendencia de sus trabajos no fue suficiente para que abandonaran ese espacio de sombra. Sus historias poco tangibles precisan de materiales con que narrarlas, materiales que paradójicamente han sido los mismos que las han ocultado. Por ello siguen ausentes en la historia de la ciencia.

RECEPCIÓN: julio 2016, ACEPTACIÓN: diciembre 2016



## BIBLIOGRAFÍA

- ASCARZA, Victoriano F. «El astrolabio de prisma». *Anuario del Observatorio de Madrid para 1928*, Madrid (1927), pp. 260-454.
- ALCALÁ, Paloma y MAGALLÓN, Carmen. «Avances, ruptura y retrocesos: mujeres en las ciencias experimentales en España (1907-2005)», en Ana Romero de Pablos y María Jesús Santasmases (eds.), *Cien años de política científica en España*, Bilbao: Fundación BBVA, 2008, pp. 141-169.
- ALVA RODRÍGUEZ, Inmaculada. «Piedad de la Cierva: una sorprendente trayectoria profesional durante la segunda república y el franquismo». *Arbor*, vol. 192 (2016). doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3012>.
- CAMPOS ALBUERME, A. «Algunas reglas prácticas sobre el astrolabio de prisma, con un ejemplo para la determinación de coordenadas», *v Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Valladolid, 1915.
- CANALES, Antonio Francisco. «Las mujeres y la enseñanza científico-tecnológica en la España del siglo XX». *Clepsydra*, vol. 5 (2006), pp. 111-127.
- CENARRO, A. «Género y ciudadanía en el franquismo». *Ayer*, vol. 102 (2016), pp. 13-21.
- CIERVA VIUDES, Pilar de la. *Ensayos de fabricación de vidrio óptico*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1955.
- EGÜES, María y JIMÉNEZ LANDI, Pedro. *Oculares*. Madrid: Instituto de Óptica Daza de Valdés, CSIC, 1947.
- FLECHA GARCÍA, Consuelo. *Las primeras universitarias en España*. Madrid: Narcea, 1996.
- «Profesoras en la Universidad. El tránsito de las pioneras en España». *Arenal*, vol. 17, núm. 2, (2010), pp. 255-297.
- «Itinerarios académicos de mujeres en la universidad española», en Cuesta Bustillo, J., Prado Herrera, M.L. de y Rodríguez Jiménez, F.J. (coords.), ¿Mujeres sabias? *Mujeres universitarias en España y América Latina/Femmes universitaires en Espagne et Amérique Latine*, Limoges: Pulim, Presses Universitaires de Limoges, 2015, pp. 57-81.
- HARTLEY, Jonathan M. y TANSEY, E.M. Tilli. «White coats and no trousers: narrating experiences of women technicians in medical laboratories, 1930-90». *Notes & Records of Royal Society*, doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rsnr.2014.0058>, published online, 2014.
- HERRAN, Néstor. «Spreading nucleonics: The Isotope School at the Atomic Energy Research Establishment, 1951-67». *The British Journal for the History of Science*, vol. 39 (2006), pp. 569-586.
- ILIFFE, Rob. «Technicians», *Notes & Records of Royal Society*, vol. 62 (2008), pp. 3-16.
- ORTIZ GÓMEZ, Teresa. *Medicina, historia y género. 130 años de investigación feminista*. Oviedo: KRK, 2006.
- LÓPEZ SOLER, Juan. «El astrolabio de Prisma». *v Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Valladolid, 1915.
- MAGALLÓN PORTOLÉS, Carmen. *Pioneras españolas en las ciencias*, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2004.
- MILLÁN DÍAZ, J. «Nuevos procedimientos analíticos para la determinación simultánea de hora y latitud con el astrolabio de prisma», *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Cádiz, 1927.



- MOYA DE GUERRA, Elvira. «Mujeres en Ciencia y Tecnologías Físicas en el CSIC» *Arbor*, vol. 172 (2002), pp. 549-577.
- ORTIZ-GÓMEZ, Teresa y SANTESMASES, María Jesús. (eds.), *Gendered Drugs and Medicine. Historical and Socio-Cultural Perspectives*. Farnham, UK: Ashgate, 2014.
- OTERO CARVAJAL, Luis Enrique. «Las ciencias naturales en la universidad nacionalcatólica. La reacción antimoderna». *Historia del Presente*, vol. 20 (2012), pp. 51-67.
- PÉREZ SEDEÑO, Eulalia y KICZKOWSKI, Adriana. *Un universo por descubrir. Género y Astronomía en España*. Madrid: Plaza y Valdés, 2010.
- PRESAS, Albert. «La correspondencia entre José M. Otero Navascués y Karl Wirtz, un episodio de las relaciones internacionales de la Junta de Energía Nuclear». *Arbor*, vols. 659-660 (2000), pp. 527-602.
- «Políticas para la ciencia en la España de Franco», en A. Romero de Pablos y M.J. Santesmases (eds.), *Cien años de política científica en España*, Madrid: Fundación BBVA, 2008, pp. 173-211.
- ROSSITER, Margaret. *Women Scientists in America, Struggles and Strategies to 1940*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1982.
- RUSSELL, N.C., TANSEY, E.M. y LEAR, P.V. «Missing links in the History and Practice of Science: Teams, Technicians and Technical». *History of Science*, vol. 38, núm. 2 (2000), pp. 237-241.
- SANTESMASES, María Jesús. *Mujeres Científicas en España (1940-1970). Profesionalización y modernización social*. Madrid: Instituto de la Mujer, 2000.
- SANTESMASES, María Jesús. «Mujeres, biología, feminismos: un ensayo bibliográfico». *Isegoría*, vol. 38 (2008), pp. 169-178.
- SHAPIN, Steve. «The invisible Technician». *American Scientist*, vol. 77 (1989), pp. 554-563.
- STRASSER, Bruno J. «Collecting, comparing, and computing sequences: the making of Margaret O. Dayhoff's Atlas of Protein Sequence and Structure, 1954-1965». *Journal of the History of Biology*, vol. 43 (2010), pp. 491-512.
- TANSEY, E.M. Tilli. «Keeping the culture alive: The laboratory technician in mid-Twentieth-Century British medical research». *Notes & Records of Royal Society*, vol. 62 (2008), pp. 77-95.
- VILLENA, Leonardo. «El Instituto d Óptica Daza Valdés». *Arbor*, vol. 135 (1957), pp. 383-390.

