

The background of the cover is a large, circular, blue-tinted seal of the Regia Societas Hispalensis. The seal features a central emblem of a winged figure holding a staff with a caduceus-like symbol. Above this emblem is a banner with the Latin text 'REGIA SOCIETAS HISPALENSIS'. Below the emblem are three deer, each holding a branch in its mouth. At the bottom of the seal is another banner with the Latin text 'TE DUCE SALUTEM'. The entire seal is surrounded by intricate, swirling decorative patterns.

REGIA SOCIETAS HISPALENSIS

**LA CIENCIA FISICA EN SEVILLA  
DURANTE EL SIGLO XVIII.  
La Regia Sociedad Hispalense**

**Leoncio García Barrón**

**Real Academia de Medicina de Sevilla**



**LA CIENCIA FÍSICA EN SEVILLA  
DURANTE EL SIGLO XVIII:  
LA REGIA SOCIEDAD HISPALENSE**

**LEONCIO GARCÍA BARRÓN**

**Real Academia de Medicina de Sevilla**



Leyenda del escudo institucional de la Regia Sociedad:

**“Emitte lucis tuae radios te duce salutem”**

**(Deja que tus rayos de luz te guíen hacia la salud)**

Registro de la propiedad intelectual:

Exp. SE-526-23

Registro Aries: 2023999015175814

© El autor

## ÍNDICE

Prólogo .....	7
Introducción .....	11
I. La Regia Sociedad .....	15
II. La Physica experimental .....	25
III. Del vacío y los gases .....	39
IV. Hidrostática .....	49
V. De la hidráulica .....	57
VI. Sobre los movimientos .....	67
VII. Del sonido .....	75
VIII. Del calor y la frialdad .....	81
IX. El inicio de la electrostática .....	89
X. De los fenómenos eléctricos .....	99
XI. Del magnetismo .....	109
XII. De la luz y los colores .....	115
XIII. Propiedades de la materia .....	125
XIV. De la meteorología y el clima .....	131
XV. Física de la naturaleza .....	149
XVI. De la Tierra y los terremotos .....	159
Epílogo .....	173
Apéndice I: Relación de disertaciones por año .....	179
Apéndice II: Relación de disertaciones por materia .....	185
Apéndice III: Relación de otras obras escritas por socios .....	191
Apéndice IV: Fondo de la Regia Sociedad .....	193
Bibliografía complementaria .....	199



## LA CIENCIA FÍSICA EN SEVILLA DURANTE EL SIGLO XVIII

### PRÓLOGO

Dr. Antonio José Acosta Jiménez

Decano de la Facultad de Física  
Universidad de Sevilla

Querido lector, tienes entre tus manos un libro de divulgación científica sobre la historia de la divulgación científica. Es un mantra del siglo XXI, nunca suficientemente repetido, que es nuestra obligación como investigadores contar al mundo nuestros avances e instalar la cultura científica como un pilar fundamental de la Sociedad basada en el Conocimiento. Leoncio García Barrón, profesor jubilado de la Universidad de Sevilla, haciendo honor a que un verdadero profesor no se jubila nunca, nos trae una imagen nítida del papel de la ampliamente desconocida Regia Sociedad Hispalense de Medicina y otras Ciencias en la difusión de la física en la Sevilla del siglo XVIII.

Para centrar el texto, nos tenemos que retrotraer al siglo XVIII en la ciudad hispalense. Es sabido por todos la relevancia de Sevilla durante los siglos XVI y XVII como capital del mundo occidental, punto de conexión entre las Américas y Europa, centro indiscutible del comercio, las artes y las letras. Pero con el traslado de la Casa de Contratación a Cádiz, comienza en el siglo XVIII un declive acentuado por su lejanía del mundo ilustrado, pujante en una Europa que impulsaba los cánones de la ciencia moderna, construyendo explicaciones a los fenómenos naturales en base a la observación, la experimentación y el empirismo.

El gran atraso de esta España, anclada en una sociedad preindustrial en permanente crisis económica, cuyas universidades seguían lastradas por un canon aristotélico que encorsetaba el avance científico, se vio acuciado por circunstancias

políticas de indudable peso, destacando la expulsión de los Jesuitas en 1767. Todo ello nos dibuja un panorama científico francamente desolador. Las excepciones que nos trajo el siglo XVIII, todas insuficientemente reconocidas y dignas de elogio, asombro y admiración (Jorge Juan, Antonio de Ulloa, Celestino Mutis, Juan José D'Elhuyar, y un corto etcétera), surgen más de la voluntad, capacitación y empeño personal que de un entorno propiciatorio.

Curiosamente, es en este ambiente tan poco acogedor para la ciencia en el que un grupo de intelectuales vinculados a la Medicina, inquietos hombres de ciencia ilustrados de la sociedad sevillana, ponen sus mimbres para explicar Ciencia a quienes los quisieran escuchar. La necesidad de proporcionar respuestas y dar cabida a las imparables corrientes científicas europeas, los llevó a compartir su saber e inquietudes en tertulias científicas, que incluían descripción de fenómenos, formulación de hipótesis, experimentación y discusión de resultados, lo que hoy vemos tan evidente en el Método Científico.

Es fácil imaginar las dificultades que tendrían para montar sus experimentos de física y para hacer entender su pensamiento racional en un mundo en el que estaban arraigados por igual supercherías, ignorancia y desdén por los avances que transformaban Europa.

Para dibujar este cuadro de palabras, Leoncio García Barrón nos trae extractos de los legajos en los que se ha sumergido durante años, rancios en su olor como en muchas de las citas que contienen. Harán sonreír a muchos lectores por su simpleza o inexactitudes, pero a la vez asombran por la vehemencia con la que intentaban estos físicos explicar lo que ellos sabían, o creían saber, y que los demás no entendían, o no querían entender. Además, el libro tiene la virtud de proporcionarnos una visión poco acostumbrada de nuestra ciudad que, pensándolo bien, no se diferencia mucho de la actual en cuanto al interés por la ciencia se refiere.

Divulgar es predicar, convencer al lego del error de su ignorancia e intentar convertirlo a la religión del conocimiento, ardua tarea en la que seguimos inmersos, hoy como entonces. Para entender el avance científico es imprescindible observarlo con los ojos de la contemporaneidad. Así que abran la mente, pónganse el corpiño o la casaca, ajústense el lazo o el corbatín, no olviden sus anteojos y vengán a disfrutar de la Física en la Sevilla del siglo XVIII.







## LA CIENCIA FÍSICA EN SEVILLA DURANTE EL SIGLO XVIII

### INTRODUCCIÓN

**E**l Siglo de Oro español fue fundamentalmente artístico y literario, en el que la ciencia ya quedó relegada y desvinculada de la revolución que producirá el progreso de las corrientes científicas. La contribución española a la ciencia durante los siglos XVII y XVIII es limitada, comparada con las importantes aportaciones de otras naciones europeas. En este sentido, durante la Edad Moderna encontramos una amplia relación de sevillanos ilustres -escritores, pintores, imagineros- de máxima relevancia; sin embargo, también consideramos interesante dar a conocer la labor científica desarrollada por personas e instituciones que, si bien no alcanzan categoría histórica de primer orden, han contribuido al avance y divulgación del conocimiento científico en la sociedad de su época. Reivindicamos que la Ciencia, y en particular la Historia de la Ciencia en sus distintas ramas, es parte integrante de la Cultura.

En España, una de estas instituciones pioneras es la *Regia Sociedad Hispalense de Medicina y otras Ciencias*, academia sevillana fundada en 1700. Su misión fue la difusión de las modernas teorías científicas y del método experimental. Realizó una importante labor de renovación y divulgación que, dentro del espíritu de la Ilustración, colaboró a la modernización intelectual durante todo el siglo y, por su prestigio, ejerció como asesora de la administración en temas sanitarios. Si bien su dedicación principal es médica, también impulsó la *Physica* experimental con la exposición de múltiples temas y la realización de experiencias prácticas. Junto a otras instituciones, generó las condiciones que facilitaron posteriormente la conexión de la ciencia española a la evolución científica europea.

En 1971, A. Hermosilla publicó *Cien años de Medicina Sevillana*, un extenso y bien documentado volumen sobre la Regia Sociedad y su actividad médica en el siglo XVIII.

## INTRODUCCIÓN

En él también se incluyen alusiones al campo de la física. A partir de estas noticias nos propusimos conocer más ampliamente la documentación custodiada por la Real Academia de Medicina de Sevilla sobre los actos de la Regia Sociedad referidos a la física. Ello nos llevó a consultar múltiples legajos y anales académicos que contenían los manuscritos y memorias impresas con las correspondientes disertaciones. También ampliamos la búsqueda en otras bibliotecas sevillanas, aunque debemos confesar que con pobres resultados. Como consecuencia de esta investigación inicial, elaboramos algunos artículos y comunicaciones específicas sobre el tema (García-Barrón L. 1988, 1990, 1991, 2002). Sin embargo, estas publicaciones solo trataban aspectos concretos y desconectados. Algunos de los capítulos posteriores recogen parte de este material diseminado por diferentes revistas o actas de difícil acceso; hemos decidido incluirlo parcialmente en el presente volumen, para integrarlo en un conjunto unitario. Además, la información previa que ya teníamos acumulada sobre los contenidos relativos a la física en el archivo de la Regia Sociedad se ha visto ampliada por nuevas búsquedas. Estas se han favorecido por el inventario de documentos realizado por la Dra. D.<sup>a</sup> Josefa Roso, bibliotecaria de la Academia de Medicina de Sevilla (2011). Con ello pretendemos reunir todo el material en un solo tomo que unifique la visión conjunta de la ciencia física sevillana en el siglo XVIII. Por tanto, nos proponemos presentar una recopilación crítica, detallada y sistemática de la actividad desarrollada en el campo de la Física en Sevilla durante el siglo XVIII, agrupada por áreas de conocimiento que permita alcanzar una perspectiva global. Aunque se incluyen referencias a documentos de distintos orígenes, el cuerpo central está basado fundamentalmente en la labor desplegada por la Regia Sociedad.

A lo largo del año académico, la Regia Sociedad organizaba actos literarios y disertaciones en que se asignaba a los socios las distintas materias. Las intervenciones eran sometidas a debate y frecuentemente quedaba, con distinta extensión, constancia escrita. Muchos de estos legajos se han conservado hasta el presente. A partir de los documentos originales o extractados, en el presente volumen se seleccionan y encadenan textos que permiten componer un discurso argumental con sus correspondientes comentarios y, en su caso, la valoración personal desde la posición actual. Nuestra intención es exponer críticamente la relevancia de la labor científica desempeñada y la influencia en el contexto social. De algunas de las disertaciones relacionadas se conserva el documento que nos permite conocer el manuscrito completo con que los ponentes acompañaban a su intervención o, en su caso, la edición de

impresión; en otros casos, solo queda constancia del título por su cita en actas o en los extractos anuales.

Hemos procurado mantener el estilo y la ortografía original de los documentos transcritos, si bien un mismo autor puede usar diferente grafía en un mismo legajo (por ejemplo: *mui* o *muy*, *ay* o *hay*, *física* o *phisica*, palabras acentuadas con o sin tilde, etc.). En ocasiones, las disertaciones muestran un estilo literario con frases largas en que se enlazan oraciones sin utilizar los recursos de los signos de puntuación más habituales en la redacción actual.

Hemos dividido la exposición en capítulos, agrupando las disertaciones por áreas temáticas. El contenido de cada uno de ellos es de distinta extensión, en función del número de disertaciones realmente expuestas a lo largo del siglo XVIII y del interés de los correspondientes documentos originales que se conservan a los que hemos podido acceder. En este contexto, la selección de contenidos y relevancia está determinada por el interés que personalmente les atribuimos a los documentos conservados.

En cada capítulo se transcriben textos que, en nuestro criterio, denotan el nivel del conocimiento y la forma de transmitirlo durante el periodo analizado. En el inicio de cada uno de ellos hemos introducido una ilustración relativa al tema, ya sea la portada manuscrita o impresa de algunas disertaciones, instrumental experimental de la época o imágenes relativas al siglo XVIII. En ocasiones, la acumulación de citas originales, algunas extensas o de compleja redacción, puede restar fluidez al relato. Sin embargo, pretendemos que cumpla la función de ser fiel testimonio, en cada capítulo, del estado científico de la época: es el soporte documental necesario en que se asienta la visión histórica.

La finalidad primordial de este volumen es transmitir, mediante las múltiples actividades académicas referidas, la contribución a la difusión científica de la labor desarrollada -y hasta ahora ignorada- en cada rama de la física en Sevilla, y por extensión en España. Así, las palabras clave podrían ser: divulgación del conocimiento, física experimental, ámbito social ilustrado, Sevilla, siglo XVIII.

Deseamos que los interesados en la cultura encuentren, junto a la solidez expositiva propia de un libro de divulgación de historia de la ciencia, la diversidad y amenidad en la selección y comentario de las exposiciones originales de tal forma que resulte instructivo y agradable.



## Capítulo I

### LA REGIA SOCIEDAD HISPALENSE







## LA REGIA SOCIEDAD HISPALENSE

**P**ara conocer los inicios y desarrollo de la ciencia en España, y en particular de la física, es preciso analizar la labor desarrollada por las academias científicas durante la Ilustración, tanto en la divulgación de nuevas teorías como en la implantación de los métodos experimentales. Entre estas academias ocupa un lugar preeminente la *Regia Sociedad de Medicina y demás Ciencias* de Sevilla. Creada por cédula del Real Consejo el 27 de mayo de 1700, es la primera fundada en España, *matriz de todas cuantas se han erigido en este siglo y a cuyo modelo se forman las demás* (X. de Lorite, 1760). El mismo autor en 1771 afirma: *A la Regia Sociedad Hispalense debe España el primer conocimiento de las doctrinas experimentales y prácticas*. El socio M. Panzano (1760) expone: *Ser esta Sociedad la que sola en España puede competir con las extranjeras en el glorioso instituto que profesa*. En el mismo sentido, en la oración inaugural del discurso físico de 1779, el vicepresidente Xval. Nieto de Piña dice: *Esta Sociedad Regia tiene la gloria de haber sido la primera y ser la Matriz de cuantas ai en el Reino. Y que este blason, que este carácter de preferencia y distincion trae como consecuencia el allarnos ligados, los que tenemos el honor de componerla, de aventajarnos en el trabajo a proporción que ella se aventaja en su origen y nacimiento*. En 1783: *... la Academia Hispalense ha ilustrado mas la física y ciencias naturales que todas las demás academias de España*.

Aun cuando quizás pueda haber alguna parcialidad en el juicio, no cabe duda de la importancia de la labor realizada por la academia científica sevillana durante el siglo XVIII. Si bien la Regia Sociedad tiene principalmente orientación médica, desarrolla también, como su nombre indica, otras ramas de la ciencia y en especial la física, la química espagírica y la botánica *por ser partes fundamentales del estudio de la naturaleza y de las aplicaciones médicas*. La leyenda de su escudo “*Emitte lucis tuae radios te duce salutem*” (Deja que los rayos de luz te guíen hacia la salud) es indicativa de la finalidad asumida de difundir la luz del conocimiento. En distintos documentos de la época se suele resaltar la referencia médica, aunque en algunos se la designa como *Real Academia de Ciencias de Sevilla*. Con elocuencia propia de la época el socio

## REGIA SOCIEDAD

Villalobos (1735) la denomina: *La siempre Notable, Rexia, Docta, Médico, Phisica, Practico, Anatómica, Química Sociedad Betica Hispalense*. Podemos afirmar que la Regia Sociedad es una de las más importantes instituciones españolas en la divulgación del método experimental y de las modernas teorías científicas, impulsando la renovación cultural de la Ilustración.

Los antecedentes próximos de la Regia Sociedad los podemos encontrar en el siglo XVII con la creación en Europa de las grandes sociedades científicas de Historia Natural: la Academia dei Lincei en Roma, la Académie de París, la Royal Society en Londres y la Academia del Cimento de Florencia. En el preámbulo de los estatutos de la Royal Society se establece: *El objetivo es mejorar el conocimiento de los objetos naturales, de todas las artes útiles, las manufacturas, las prácticas mecánicas y los inventos por medio de la experimentación*. En Sevilla, la precursora directa de la Regia Sociedad es la *Venerada Tertulia Hispalense Medico-Química, Anathomica y Mathematica*, fundada en 1697. Su origen está motivado en el enfrentamiento entre médicos galenistas, anclados en los comentarios de Galeno e Hipócrates y con concepciones naturalistas aristotélicas, y médicos espagíricos defensores de la innovación y experimentación. De hecho, su fundador D. Juan Muñoz y Peralta, disconforme con los métodos utilizados, renuncia a su cátedra universitaria en la facultad con intención de innovar la medicina.

La aprobación de las ordenanzas de la Regia Sociedad tiene lugar el 25 de mayo de 1700 por Carlos II, durante los últimos meses de la dinastía de los Austrias. Por tanto, su desarrollo se ve impulsado por las ideas renovadoras de la nueva dinastía borbónica. El rey Felipe V se erige en protector de la institución, tomando como modelo el apoyo de Luis XIV de Francia a la Académie de París. Este amparo real amortigua los ataques de los galenistas y de la propia universidad. Es frecuente incorporar en los actos institucionales dedicatorias *al Sabio y Piadoso Monarca que dichosamente nos gobierna*.

Durante los primeros años la Sociedad se reunía en la casa particular del Presidente o de alguno de los socios. En 1729, en su estancia en Sevilla, el Rey le concede una subvención destinada a la adquisición de local para sus actos. Se instala provisionalmente en casas de alquiler en la plaza de la Alfalfa. En 1735, adquiere un conjunto de casas en la collación de San Bartolomé, en la calle Ancha frente al convento de Madre de Dios, con salida posterior a un callejón próximo a la calle Levías. Tras distintos avatares por el estado ruinoso de algunas dependencias, en 1771 obtiene la

concesión real de ocupar, para sus funciones y ejercicios, el Colegio de los Ingleses - católicos refugiados por la persecución religiosa anglicana- de la expulsada Compañía de Jesús, en la calle Armas (local del actual edificio del CSIC en la calle Alfonso XII), con huerta para acondicionar el jardín botánico. Es la misma época en que la Universidad instala su sede en el edificio de la Casa Profesa de los jesuitas (actual facultad de Bellas Artes).

A lo largo del siglo los monarcas confirman el patronazgo, los privilegios y distinciones a la Regia Sociedad. Entre las prerrogativas destaca la dotación económica de *veinte toneladas*, para pagar gastos y sueldos, con cargo al dinero real de la Flota, aunque en ocasiones, los retrasos de libranza provocan dificultades económicas para el normal funcionamiento.

La proyección social a través de la imagen institucional también presenta una vertiente de rivalidad en la presencia protocolaria; en una sociedad tan estamental como la sevillana, se promovieron pleitos y quejas por la prelación en actos y cortejos frente a otros organismos y corporaciones locales.

En 1724, D. Fco. Ponce de León propuso, y así se acordó, *ser mas conveniente que los socios escribiesen los puntos sobre los que leían y se guardasen en la Sociedad y lo mismo las replicas con sus respuestas*. Este acuerdo nos permite conocer el nivel científico de los sectores cultos sevillanos y por extensión de los ilustrados españoles. Por ello, nos parece adecuado dar a conocer las disertaciones y actos experimentales que nos informan de los temas científicos -en el campo de la física y sus utilidades- que merecen mayor atención a los miembros de la academia.

Disertaciones que se expusieron en la Regia Sociedad durante el siglo XVIII no se conservan, y de otras solo se tienen noticias resumidas a través de actas, sin que sea posible acceder al documento original. Además, aunque el estado general de conservación de los documentos es bueno, en algunos manuscritos es dificultoso acceder al contenido completo; el traslado entre distintas sedes y, en ocasiones, las condiciones de los mismos edificios han perjudicado a algunos documentos, afectados por la humedad. Aun así, el gran volumen documental de manuscritos o memorias impresas permite conocer la amplia actividad desarrollada en los diversos campos, en particular en la física.

## REGIA SOCIEDAD

Aunque no es habitual, en los legajos de 1792 se encuentra la *Advertencia* acerca de la edición en los anales de los textos, de todas las materias, previamente expuestos: *Aunque en esta obra se presenta el mayor número de disertaciones en extracto según disposición de la Sociedad, y lo que se ha practicado en las demás de su clase que se han impreso en los años antecedentes, algunas se publican originales, y otras con muy pocas mutaciones; las primeras por que así lo ha ordenado la Sociedad en consecuencia de su mérito, por el objeto sobre que versan y modo con que se han empeñado sus autores; y las segundas por que según la materia y términos con que se han escrito ni admiten extracto ni variación substancial en sus periodos. Son muy pocas en ambos sentidos las que gozan de esta prerrogativa, y las más se presentan extractadas.* En la Introducción de la Memoria anual de 1784, se incluye la cita *en la ortografía se ha procurado observar las últimas reglas de la R.A.E.* Aunque justifica los errores en la edición, es la primera alusión al intento de unificar la escritura de los respectivos manuscritos de distintos autores.

Además, en el archivo se guarda *El Libro de extracto de todo lo actuado*, un amplio volumen manuscrito, encuadernado, que de forma sucinta informa cronológicamente de la relación diaria de las actividades de la Sociedad a lo largo del siglo XVIII, principalmente acuerdos administrativos, económicos y de organización interna. Entre sus asuntos es posible rastrear los actos académicos, al menos los que dan lugar a tomas de posesión de los socios, si bien frecuentemente solo consta la fecha, autor y título de la materia encomendada para su exposición. En ocasiones nos ha conducido a comprobar la actual existencia de los legajos correspondientes.

Consideramos interesante realizar el estudio de las disertaciones conservadas, clasificándolas según materia y contrastando las teorías y fundamentos expuestos en las más destacables. En los próximos capítulos exponemos una amplia gama de cuestiones físicas tratadas: hidráulica, gases, sonido, óptica, calor, etc., si bien en el último tercio del siglo destaca la importancia teórica y experimental de la electricidad. Interpretamos física en un sentido amplio que también abarca las aplicaciones, climatología, geofísica, etc. Ello nos ha permitido elaborar el presente texto que nos faculta a aproximarnos a las circunstancias científicas de la época en España.

Los actos, denominados *literarios* en la Sociedad, son de tres tipos: los puntos de examen para el ingreso de socios, la lección inaugural del curso y las disertaciones semanales.

Para ser recibido como socio, los aspirantes debían presentar una copiosa información, a mayor lustre de la Sociedad, que incluía certificación de buena fama y costumbres, nacimiento legítimo y fe de bautismo de él y de sus ascendientes, limpieza de sangre, no ser penitenciado del Santo Oficio ni condenado por otro tribunal, que en su familia no se ejerzan oficios mecánicos, etc. Una vez recibido a examen se fijaban los puntos del mismo, que para los socios médicos estaba acordado que fueran físico, medico-teórico y práctico, por este orden. Leído el examen, el aspirante debía responder, en sesión posterior, a las réplicas realizadas por dos socios a la inicial exposición. Las réplicas suelen comenzar con unas manifestaciones laudatorias sobre el candidato y su intervención, para a continuación rebatir, a veces con dureza crítica, los puntos desarrollados. Estas réplicas y contrarréplicas nos permiten profundizar en las cuestiones debatidas. La aceptación del aspirante se aprobaba por mayoría de socios. En el acto solemne de recepción se incluía expresamente la defensa concepcionista de la Stma. Virgen María, reflejo del particular fervor religioso sevillano.

Aun cuando la Regia Sociedad fuera principalmente una Academia Médica, la oración inaugural del curso versaba cada año sobre un tema físico. Es muestra del interés concedido a esta materia si bien, por respeto institucional, en estas sesiones no se producían objeciones o réplicas por parte de los asistentes, habituales en otros actos científicos. Esto nos limita profundizar en los temas expuestos. Precisamente, los autores más comentados en la posterior selección de textos son los vicepresidentes a quienes por su cargo correspondía, en esa época, la oración inaugural que versó sobre diferentes temas físicos. Podemos deducir que, por su carácter institucional, la introducción de estas intervenciones anuales recogía el pensamiento de la Academia sobre la ciencia y, en particular, sobre la física.

Es destacable que además de las disertaciones periódicas se realizaban actos experimentales sobre las distintas partes de la física, principalmente en las máquinas de vacío de Boyle y de electrizar que la propia institución poseía. En general, el objeto científico de las experiencias es la descripción y fundamento de las cualidades observables y, en menor grado, la medición y relación de magnitudes en detrimento, por tanto, del análisis cuantitativo propio de la investigación. Su finalidad es eminentemente divulgadora por lo que se repetían con intención didáctica, al que acude público interesado, ajeno a la Sociedad. El socio Sancho Buendía en la sesión de 6 de mayo de 1790 sobre la máquina pneumática expone cual es la filosofía de la Sociedad: *...reyterar*

## REGIA SOCIEDAD

*todos los años una cantidad de experimentos suficientes a instruir a la juventud, ... se ve en la precisión de repetir en beneficio de estudiantes, que en copioso número ocurren a ver las demostraciones, ... cuyos conocimientos prácticos los ilumina.* En otras sesiones, como la del 8 de mayo de 1741, las actas recogen que tras realizar los experimentos, *le hicieron varias réplicas por curiosos, a los que satisfizo.* En general las disertaciones están dirigidas a un público culto, con frecuentes citas de filósofos antiguos y modernos, y las actas recogen la asistencia a algunas sesiones, no solo de estudiantes y profesionales sanitarios, sino incluso de personajes nobles o eclesiásticos. Los socios eran médicos revalidados, sin necesidad de estudios en la facultad, que hacían su aprendizaje junto a un profesional capacitado y una vez instruidos obtenían el título superando una reválida en el Protomedicato. Así, en 1731 consta en el Libro General de la Sociedad la relación de los títulos de reválida de los socios.

Salvo alusiones a textos latinos, todos los actos se celebraban en castellano para posibilitar la mayor proyección social de las actividades, lo que ahondaba la diferencia con la universidad que mantenía como idioma académico el latín. Así, el espíritu renovador provocaba frecuentes enfrentamientos con el claustro universitario anclado en comentarios de autores clásicos. Como consecuencia, la Regia Sociedad asumía una función divulgadora, que permite afirmar que es uno de los primeros centros de formación científica de España.

Por el contrario, la universidad española solo impartía clases de *Phisica General*, comentada sobre textos aristotélicos y con menosprecio de la experimentación. Así, el más conocido de los matemáticos de la Universidad de Salamanca es Diego Torres de Villarroel, quien confiesa en su “Vida” (lib. IV) que había obtenido la cátedra (1726) por su fama de astrólogo como editor de calendarios adivinatorios. Sus predicciones y la interpretación de fenómenos naturales, como eclipses y terremotos, son totalmente contrarios a la racionalidad científica que la Regia Sociedad intentaba difundir. Podemos afirmar que el impulso para la actualización científica en España durante el siglo XVIII se realiza por instituciones, no solo al margen de la universidad sino en contra de la resistencia que frecuentemente las universidades opusieron a la innovación. Entre los legajos de la Regia Sociedad se encuentran programas anuales de actos organizados por otras academias españolas (Matritense, Stma. de la Esperanza, de Cádiz, de Barcelona, etc.) lo que indica frecuentes intercambios. En 1740, consta solicitud del académico de la Matritense, D. Manuel Rodríguez, entre cuyos puntos de ingreso se le asigna: *Cual sea causa de la gravedad.* Igualmente, en 1754, la de D.

Jorge Martín Caballero, cirujano, a la que acompaña el certificado como fundador de la Sociedad Ntra. Sra. de la Esperanza de Madrid. Incluso figuran relaciones con academias extranjeras; así, se archiva el impreso de 1756 por el que la Real Academia de Cirugía de París notifica la convocatoria de un premio científico.

Además, conviene resaltar dos de los acontecimientos que impulsa el interés de los sectores ilustrados por la ciencia: el gran debate de los resultados de la medida del meridiano terrestre, en la expedición de la Academia francesa a Perú (1735-1745), y la confirmación del cometa Haley (1759) provocan un movimiento científico en Europa que amortiguado también llega a España. Así mismo, el monarca se implica en proyectar visitas a distintos países en las que poder observar (espiar) los avances técnicos de la construcción naval, metalurgia, manufacturas y artes industriales, etc.

En la biblioteca de la Sociedad se conserva, por ejemplo, los anales de la Academia de París y el Diccionario de Física. En este sentido, el vicepresidente Morales, en la introducción de la disertación *Sobre el mecanismo con que se forma la voz* (1754), hace alusión *al decreto que esta Sociedad tiene del Sr. Inquisidor General para leer libros prohibidos*, lo que permite obtener mayor información de las corrientes científicas de Europa. Esta autorización estaba limitada a cuestiones físico-médicas. Aun así, es posible encontrar en determinadas cuestiones una prudente aceptación pública de las tesis eclesiásticas oficiales.

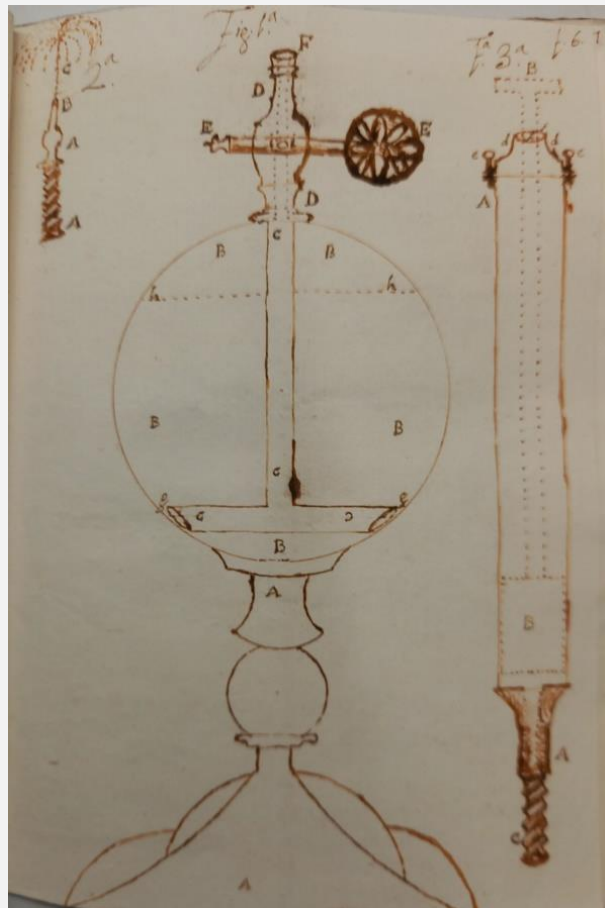
En cuanto a la metodología de elaboración del presente volumen, hemos compuesto un relato intercalando fragmentos literales escogidos que recogen los fundamentos, descripciones o argumentos originales de distintas materias, copiados de las propias disertaciones. Sin embargo, no se ha pretendido únicamente seleccionar y recopilar textos antiguos sino organizarlos y analizarlos para ofrecer una visión documentada de la evolución de la ciencia española.





Capítulo II

DE LA PHISICA EXPERIMENTAL



Innovación sobre la máquina de vacío



## DE LA PHISICA EXPERIMENTAL

**E**n el prefacio de algunas disertaciones, previa a la exposición del tema, se ofrece la posibilidad de conocer la opinión de los autores sobre los aspectos generales de la física y del método experimental. Quizás sea la defensa de la investigación científica realizada en 1752 por D. Francisco González de León, secretario de la Regia Sociedad, en la *Memoria sobre las Machinas Pneumaticas y Eléctrica*, una de las exposiciones más lúcidas y que conserva permanente actualidad:

*Ni creo que puede caver en los sujetos que concurren a este Real Theatro la vulgar objeción que más de una vez he oído repetida: que utilidad, dicen, se saca de los experimentos de estas machinas? Para que cansarse en buscar razones, en indagar sus causas, en apurar sus maravillosos efectos si aun cuando se consigan después de mucho tiempo y trabajo estos dificultosos asuntos, nada se logra útil a la sociedad humana, nada que sea conveniente a la salud pública que es nuestro principal instituto? Con que groseros ojos mira el que así objeta, y tan superficialmente discurre. Acaso el mismo descubrir en la naturaleza marabillas, el adelantar su oculta magia no es de por sí bastante objeto de nuestra ocupación, de nuestro estudio? La Verdad por si sola prescindiendo de toda utilidad que de ella resulte es asunto digno de la mas seria, virtuosa y laudable meditación.*

*Pero quien sabe, si baxo el velo que oi solo se presenta de curiosidad phisica, se contendrán grandes utilidades al comercio, a la salud humana que aseguren con mucha ventaja el costo de su hallazgo, trabajo y perfección.*

D. J. G.<sup>a</sup> Castilla (1775) se refiere a la observación y experimentación: ... *superando indagaciones abstractas ... las obras de la naturaleza, si se descubren deben ser por las observaciones echas sobre los cuerpos phisicos por medio de finissimos ynsrtumentos que manífen las partes minimas a nuestros groseros sentidos ocultas. Desde que los hombres se dieron a este modo de examinar parece que la naturaleza propia ha ido proporcionando phenomenos con que aumentar su curiosidad.*

D. Cristobal Nieto de Piña (1782) define la Física: *Es la ciencia de la Naturaleza: es la ciencia de los cuerpos que componen el universo, examinándolos cada uno por si, y luego según su mutuo influxo, causalidad y correspondencia de unos con otros. Su mole, su figura, su gravedad, ya absoluta ya respectiva, su movimiento simple y compuesto, su solidez, su liquidez, su rarefacción, su condensación, la comparación de los líquidos y los sólidos entre si y estos con aquellos y de innumerables afecciones combinaciones que cada uno y todos juntos pueden recibir hacen y constituye el objeto de la física.*

El mismo autor posteriormente apoya: *Que cada año se celebrasen en este regio teatro algunos actos de física experimental que al mismo tiempo aficionasen e instruyesen los animos en un ramo de la ciencia tan útil como atrasado entre nosotros.*

En la disertación *Contribución de Phisica*, el socio B. Benítez (1797) relaciona los temas de interés de la Regia Sociedad, además de las máquinas del vacío y de electrizar: *Los adelantos de la Phisica a la practica, tales son: el peso y la elasticidad del aire, la maquina pneumatica, los barometros, termometros, higrometros, los microscopios, tubos acústicos, leyes del movimiento, las de la óptica, dioptica y carioptica y lo que pertenece a la historia natural y el que comenzó en nuestro siglo de la virtud eléctrica.*

### **1. Divulgación científica y experimentación**

Conviene señalar que las experiencias físicas de la Regia Sociedad tienen fundamentalmente el carácter de demostración divulgativa, por lo que no existen relevantes aportaciones originales sobre la interpretación de los fenómenos observables. En general, las disertaciones presentadas en la Regia Sociedad están estructuradas, frecuentemente basadas en leyes y opiniones de científicos que justifican algunas conclusiones apoyadas, a su vez, en datos experimentales. Para mayor claridad expositiva, en ocasiones, los ponentes organizan las disertaciones en párrafos numerados, a cada uno de los cuales corresponde el desarrollo de una idea. Es habitual que el orador exponga las distintas teorías y justifique los razonamientos científicos en que se basan, e incluso manifieste su preferencia, pero deja traslucir ausencia total de dogmatismo, permitiendo que sea el oyente o lector quien forme su propio criterio. Esta actitud es bastante general en el conjunto de actividades de la Regia Sociedad, por lo que aun en las sesiones experimentales abiertas al público se pretende convencer al auditorio, permitiendo que los asistentes manifiesten sus reparos y debatan sus objeciones.

La lectura comparada de las disertaciones permite detectar una evolución a lo largo del siglo en la metodología de la exposición de los temas: en la primera época abunda la recopilación de teorías de filósofos antiguos y modernos, mientras que en las últimas décadas es más frecuente la descripción de procedimientos experimentales y la interpretación de resultados.

En las disertaciones que posteriormente comentamos se citan autores y teorías, pero, salvo excepciones, no existe un apartado expresamente dedicado a bibliografía que pudiera orientarnos sobre las lecturas de los socios en cada tema. Sin embargo, ocasionalmente, sobre todo en las últimas décadas del siglo, se indica en el margen inferior o lateral de las disertaciones la cita bibliográfica en abreviatura del texto original al que se hace referencia.

Además, el lector puede apreciar la mayor o menor adecuación de la interpretación dada por el disertador con lo que hoy consideramos correcto, e incluso disfrutar con la primitiva ingenuidad en alguno de sus razonamientos. Destacamos la fluidez narrativa que se aprecia en algunos pasajes; en ocasiones, los enunciados se presentan con formas literarias arcaicas, sin perder claridad expositiva, cuya lectura puede resultar gratificante. Sin embargo, en alguna ocasión encontramos párrafos de redacción compleja que requieren una lectura detenida para su comprensión; hemos decidido incluirlos para ofrecer al lector la visión realista de los diversos estilos de expresión. Tal vez por provenir de una comunicación oral, en la transcripción escrita no aparecen expresiones matemáticas ni gráficas, poco frecuentes también en otras disertaciones de la época.

En contraste con el espíritu innovador de la Regia Sociedad, en la universidad española no existen durante el siglo XVIII cátedras de Física Experimental; la Física General o Filosofía Natural se estudiaba por los comentarios de los textos clásicos, principalmente de Aristóteles. En la malograda propuesta del Asistente Pablo de Olavide para la modificación del plan de estudios de la universidad sevillana (1768), por vez primera se incluye en la facultad de Artes una asignatura de Física Experimental, que no llegó a impartirse, encaminada a los estudios preparatorios para acceder a la facultad de Medicina. En esa propuesta, el curso de las Matemáticas comprendía Aritmética y Álgebra con raíces y quebrados, Geometría plana y espacial y Trigonometría.

Las Academias de Ciencias, entre las que destaca la Regia Sociedad de Sevilla, realizan una labor didáctica al programar periódicamente actos experimentales con explicación de los fenómenos observables. Son estas instituciones (Academias, Sociedad de Amigos

del País, etc.) las que asumen la función no solo de la divulgación del conocimiento científico, sino también de generar interés respecto de las innovaciones que conduzcan al bienestar general en cada campo: medicina, agronomía, artes industriales, etc.

En la recopilación de actos del año 1760 por el socio Brioso, se incluye la intervención sobre la formación científica. Tras el reconocimiento a la labor de la Sociedad, contraponen y realiza la crítica a la formación de la facultad de Medicina en particular y, por extensión, a la universidad: *Acaso ignoro yo los talentos de los que componen nuestra laboriosa compañía, sus principios, estudios y aplicaciones... Necesitabamos mejorar la educación que nos dieron en la Universidad nuestros maestros. Faltaban nos las ciencias Matematicas, la Phisica, la Quimica medicinal, la Anatomía y Botanica metódica, ... Ya contamos en nuestro seno sujetos distinguidos en todos estos ramos, y es preciso que cada día mejoren el semblante en nuestras útiles tareas. Solo falta que nuestras universidades reflexionen que es menester rectificar sus instituciones.*

Hasta el último cuarto de siglo no se produce en Sevilla la aproximación a la Regia Sociedad de claustrales universitarios, en la que desarrollan disertaciones de temas sanitarios o legales, pero no físicos.

El principal impulsor de la física experimental en la Universidad de Sevilla -ya durante las primeras décadas del s. XIX- fue D. Manuel María de Mármol (1769-1840) catedrático de Filosofía, literato y poeta, sacerdote de formación científica autodidacta, asistente a algunas disertaciones y demostraciones físicas programadas por la Regia Sociedad. Impuso en sus clases el conocimiento básico de física y matemáticas. Su primera obra científica es del año 1817 y trata de la máquina de vapor y su aplicación a la navegación; en 1825 compone *Discurso en defensa del sistema de Copérnico*

Sin embargo, como se ha indicado, las Academias de Ciencias españolas son fundamentalmente médicas, que extienden sus estudios a otras ramas: física, química o botánica. Aunque la Regia Sociedad, en el examen de ingreso, exija a los socios médicos que expongan, entre otros, un tema físico, y a los socios boticarios un tema químico o botánico, sus miembros no son propiamente especialistas, a diferencia de otras Sociedades y Academias europeas. Así, en España no progresan aquellas partes de la física, como los fundamentos de mecánica, por ser inaccesible a los académicos el cálculo matemático que precisa, de limitado interés inmediato y no tener un campo de aplicación útil. Por ejemplo, los tratados de Mecánica, desarrollados por D'Alembert o Euler en la primera mitad del siglo XVIII, objeto de estudio en los ámbitos científicos europeos, requieren un dominio matemático que está lejos de la formación de los socios.

Sin embargo, como veremos en los siguientes capítulos, otras partes de la física, basadas en técnicas instrumentales, permiten una explicación racional fundada en diversos sistemas filosóficos: cartesianos, gassendistas, newtonianos, etc. Reiteramos en este sentido que la labor fundamental de las academias españolas en el campo de la física es la implantación racional y divulgación experimental, con énfasis en la observación y transmisión educativa.

Precisamente por el carácter fundamentalmente médico de la Regia Sociedad encontraremos repetidamente que el interés por los fenómenos físicos va acompañado de sus efectos sobre la salud y si pueden ser remedio ante las enfermedades. Esto justifica el predominio de la dedicación a determinados campos científicos, frente a otros considerados de menor aprovechamiento sanitario.

También hemos encontrado algunas obras de autores sevillanos autodidactas con interés por la física. En 1758, se publica en Sevilla, *Aviso a los que se aplican al estudio de la Ciencia Phisica experimental*, en que confiesa *no he leído Cathedras, ni cursado clases, ni he estudiado, ..., que he trabajado más en este particular, y he conseguido más conocimiento de causas, que los Phisicos,...* Es decir, no posee título académico, pero considera que ha adquirido formación práctica para interpretar los fenómenos naturales. Llama la atención que se dirige a otros estudiosos, lo que denota que algunos ilustrados, al margen de las instituciones, se interesaban por la física experimental.

A lo largo de los posteriores capítulos hemos elegido disertaciones con distintos enfoques y modos de presentación, aunque frecuentemente presentan análogas características expositivas. En ocasiones, el propio texto advierte que *abentura conjeturas* o pone de manifiesto la *incertidumbre y desacuerdos de los autores*. Es de resaltar cómo el orador frecuentemente contrapone distintos métodos y justifica los razonamientos científicos en que se basan, e incluso manifiesta su elección.

En la Regia Sociedad durante el siglo XVIII se expusieron múltiples disertaciones, y realizaron actos experimentales principalmente referidos a distintas especialidades de la medicina y también de cirugía y farmacia. Además de los socios numerarios y supernumerarios, existían también socios honorarios de erudición, personas relevantes en otros campos del saber. Esto justifica la variación de temas expuestos en que, además de contenidos científicos, se incluyen aspectos legales, de moral o consideraciones religiosas. En nuestro criterio, podía llegar a ocasionar contradicciones con la línea de racionalidad científica. Desde la perspectiva del siglo XXI, uno de los

títulos que nos ha parecido más sorprendente es: *Si sea por ventura posible la generación por obra del demonio y si el efecto de ella procedido se deba bautizar*, expuesto por el socio de erudición, el teólogo Martínez Aparicio (1761).

Los temas correspondientes a física expuestos en la Regia Sociedad abarcan un amplio conjunto de saberes; en las disertaciones analizadas podemos apreciar las aportaciones a distintas ramas: fluidos, electricidad, óptica, etc., lo que enriquece la visión del estado general de los conocimientos de la época entre los sectores españoles más innovadores científicamente. Sin embargo, quizás tan importante como los contenidos concretos sea la intención reiterada de presentar las conclusiones a través de un proceso razonado, propio del periodo ilustrado.

En la Academia de Medicina se conservan ochocientos noventa y cuatro libros del archivo la Regia Sociedad, sobre distintas materias, principalmente médicas. En el apéndice III se relacionan aquellos relativos a la física y cuya fecha de edición es anterior a 1800. Consideramos, por tanto, que estaban disponibles para la consulta de los socios y que pudieron servir de base en la redacción de sus disertaciones durante el siglo XVIII. Consta que existió un servicio de préstamo de biblioteca. Sin embargo, el análisis del contenido de algunas disertaciones induce a pensar que los socios tienen acceso a otras bibliotecas particulares. A su vez, estos estaban obligados a someter a refrendo de la Regia Sociedad los libros que desearan publicar, con inclusión expresa de esta licencia junto a la portada de la obra.

Dada la diversidad de materias tratadas en la Regia Sociedad, distintos investigadores se han interesado en las últimas décadas por la labor desarrollada. Además de la obra del Dr. A. Hermosilla citada, sobre las actividades médicas durante el S. XVIII, con una perspectiva similar de dar a conocer la contribución a las distintas ramas científicas destacan las publicaciones: *La farmacia a través de la Regia Sociedad de Medicina y demás Ciencias de Sevilla en el siglo XVIII* (Ortega Cervilla, 1982), y *La aportación hispalense a la botánica ilustrada: el jardín de plantas medicinales de la Regia Sociedad de Medicina de Sevilla* (López Díaz y Moreno Toral, 1999).

Salvo las anteriores citas, la bibliografía general de historia de la ciencia española destaca la importancia de la Regia Sociedad en la difusión científica durante el S. XVIII, pero sin profundizar en sus actividades.



## 2. Sobre las Matemáticas

Existen alusiones al conocimiento de las matemáticas en la Regia Sociedad, aunque hay que advertir que bajo el término *disertaciones matematicas* se engloban algunas exposiciones teóricas de *phísica*, en contraposición a sesiones experimentales. En 1756, Don Joseph Infante expone *Sobre la utilidad de las Ciencias Matematicas para la Phisica y la Medicina*. J. Infante, socio de erudición de la Regia Sociedad, autor de la disertación que comentamos en el capítulo correspondiente a los terremotos, es Maestro de Artillería de Cavalleros Guardiamarina de Cádiz. También es autor de tratados de matemáticas y en carta dirigida a la Regia Sociedad en diciembre de 1755, muestra su preocupación por la falta de medios de instrucción científica, por lo que ofrece su colaboración: ... *ya se sabe lo poco que sobre Phisica experimental podemos decir los españoles, porque hasta ahora nada hemos averiguado por nosotros, a causa de la ninguna proporción que para ello han tenido nuestras Academias y Colexios, lo que es preciso confesar pesarosos, ....* En España, únicamente entre los marinos militares, que necesitan los conocimientos para el cálculo de navegación, tienen cierto nivel los estudios matemáticos. Por tanto, es comprensible este interés de un marino, ya que las técnicas navales requieren la aplicación de matemáticas y física (mecánica, hidráulica), y es precisamente la Academia de Guardiamarinas, bajo el impulso de Jorge Juan, una institución del mayor nivel científico del país.

Asimismo, el Real Colegio de San Telmo de Sevilla fue la universidad de mareantes (capitanes y pilotos) de la Flota de Indias que a lo largo del siglo XVIII impartió la formación náutica con estudios apropiados de matemáticas y física. Existen interesantes investigaciones sobre la preparación profesional teórico-práctica de los pilotos de la carrera de Indias.

También debemos destacar el alto nivel que alcanzaron las enseñanzas impartidas por Pedro Henry (autor de la disertación sobre meteorología, comentada en el capítulo XIV) en la cátedra de la Real Sociedad Sevillana de Amigos del País que incluía cálculo diferencial y logaritmos, previo al curso de mecánica e hidráulica, útil para diversos oficios y profesiones. En los últimos años del siglo también ocupó cátedra de matemáticas en esa institución el clérigo y poeta, D. Alberto Lista. Lamentablemente han sido vanos los intentos de acceder directamente al archivo antiguo de esa Sociedad. En la Memoria Anual de 1886, redactada por el secretario podemos acceder al resumen de la exposición realizada por el socio Sancho Buendía, titulada *Si algunas partes de la Matematica son necesarias para la practica de la Medicina*. El autor *se emplea en*

*averiguar si algunas partes de la Matematica sean necesarias para corregir o arreglar los desentonos de la humana maquina. Para su argumentación elige la Algebra, Geometria y Astronomía. Introduce de qué asunto trata cada una de estas partes, a partir de los cuales determina: De la primera considera que no es necesaria para la Medicina, aunque dé mucho lustre a quien pueda adquirirla y ayuda para la comprensión de otros ramos de la Física. A la Geometria tampoco le dá lugar entre las Ciencias precisas para la Medicina practica. La Astronomía debe a el autor un juicio más ventajoso en orden a la necesidad de su estudio. Es su objeto tratar el movimiento de los Cuerpos celestes, las circunstancias que los acompañan y efectos que de ellos resultan, ... cree bastarle para su intento tener presentes los movimientos del Sol y Luna. A continuación, el autor describe estos movimientos, que por su temática -en nuestro criterio, ajena al título de la disertación- los comentamos en el capítulo XV de este libro.*

### **3. La Revolución Científica y la Ilustración**

Conviene centrar las actividades de la Regia Sociedad en el contexto de la ciencia europea, para comprender el nivel relativo de su actividad en el campo de la física. Aun cuando, en su caso, se amplíe en el capítulo correspondiente, ofrecemos ahora una breve referencia histórica de distintas materias.

Se conoce como Revolución Científica al nacimiento y progreso de la ciencia moderna en Europa, desde el siglo XVI hasta el siglo XVIII. A partir del siglo XVI se dan las condiciones históricas para iniciar un nuevo conocimiento que se desarrollará y difundirá en los siglos posteriores. Desde el siglo XVII el fundamento de la explicación científica margina las cualidades percibidas, para centrarse en la observación del fenómeno y su medida. Así, se supera la justificación por principios metafísicos y sus causas eficientes que son sustituidos por el conocimiento de las leyes. No es solo la superación del principio de autoridad sino la adopción de un cambio conceptual. La percepción es sustituida por la experimentación: la naturaleza se describe con lenguaje matemático. Pensemos en Galileo no solo en los *Diálogos de los grandes sistemas del mundo*, -escrito en lengua vulgar para mayor difusión- sino como observador del balanceo de la lámpara de la Catedral de Pisa que le llevó a formular empíricamente las leyes del péndulo simple: el cuadrado del periodo de oscilación es proporcional a la longitud del hilo.

Aunque en este breve resumen citemos a algunos científicos europeos de renombre debemos señalar que la ciencia se construye por la aportación de múltiples

investigadores en un ambiente intelectual propicio. Las matemáticas, apoyo necesario para el avance de la física, reciben un gran impulso: trigonometría, álgebra, teoría de números, cálculo infinitesimal, etc. por obra, entre otros, de Descartes (1596-1650), Fermat (1601-1665), Huygens (1629-1695), Leibniz (1646-1716) o Newton (1643-1727). Los progresos en las técnicas instrumentales permiten afinar en la interpretación de los resultados obtenidos en distintos campos. Esta innovación en los dispositivos empleados en las distintas materias es una característica asociada a la experimentación.

Hay que indicar, sin embargo, que, en el siglo XVIII, la ciencia española no participó activamente de las corrientes innovadoras de Europa, y que, en general, permanecieron vigentes teorías de filosofía natural desarrolladas en siglos anteriores. Solo algunos sectores ilustrados (Feijoo, Jovellanos, Campomanes, Mayans, etc.) comprendieron el estado de carencia intelectual y buscaron la modernización que permitiera la posterior integración científica y tecnológica. Para ellos, inspirados en las ideas de la Ilustración, el buen gobierno debe procurar el estado de abundancia y comodidad a los individuos; en consecuencia, es preciso perfeccionar las técnicas y desarrollar las ciencias útiles. Para conseguirlo se debe extender la agricultura, desarrollar las artes y oficios de la industria e incrementar el comercio. Estas fueron las líneas inspiradoras de las Sociedades de Amigos del País como vía de alcanzar el fomento social. Según la propuesta de Floridablanca (1787): “Es necesario el estudio de las ciencias como las matemáticas, la astronomía, la física experimental, la química, historia natural, la mineralogía, la hidráulica, la maquinaria y otras ciencias prácticas”. Por otra parte, el vacío educativo y científico dejado por la expulsión de los jesuitas (1767) fue parcialmente cubierto por instituciones (Reales Estudios, Junta de Comercio, Institutos, etc.) que impulsaron las innovaciones en distintas ramas de la tecnología y de las ciencias aplicadas.

Sin embargo, hay que considerar que en España los resultados de las propuestas ilustradas fueron escasos, lejos de los niveles alcanzados por otras naciones europeas. Ello es debido, en parte, por la falta de participación de las universidades, por la oposición ideológica de las órdenes religiosas (dominicos, franciscanos, agustinos, etc.) titulares de las cátedras, por el carácter restringido del sistema educativo y, en general, por la inercia intelectual de organismos y personajes de mentalidad tradicional, así como por la vigilancia de la Inquisición sobre las ideas reformadoras. En consecuencia, España quedó al margen y no jugó papel protagonista en el desarrollo de la revolución

científica. Precisamente, en este ámbito de aislamiento científico hay que resaltar, como se ha indicado, la meritoria labor de renovación cultural realizada en el siglo XVIII por las Academias y, en particular, por la Regía Sociedad Hispalense.

Por su influencia en las disertaciones expuestas en la Regía Sociedad interesa comparar los sistemas filosóficos sobre la naturaleza de la materia, frecuentemente citados. En primer lugar, a lo largo del periodo estudiado subyace la composición de la materia constituida por los cuatro elementos clásicos: aire, agua, tierra y fuego.

Entre los filósofos naturales, para Gassendi (1592-1655) todos los cuerpos están situados en el espacio y constituidos por átomos impenetrables. Para Descartes (1596-1650), el sistema natural se basa en los conceptos de extensión, figura y movimiento, con que pretendía resolver la generalidad de los problemas mecánicos. Descartes asimila extensión y sustancia material, sin vacío; el movimiento se debe a rápidos torbellinos que se transmiten a otros próximos. Su teoría de los vórtices postulaba que el espacio estaba ocupado por un fluido invisible (el éter). Esta idea tuvo aceptación porque explicaba cómo se movían los cuerpos celestes sin que actuaran fuerzas a distancia, algo inconcebible para la época. En este sentido, Leibniz también refuta la existencia del vacío, pero establece que la extensión es un atributo que no puede ser origen del movimiento.

Isaac Newton (1643-1727) publica en 1687 *Philosophiae naturalis principia mathematica* que tiene difusión en Inglaterra y muy escasa en el continente. Durante la primera mitad del siglo XVIII la mecánica de Descartes impera en la Academia de París. En 1738, Voltaire publica un tratado popular sobre la teoría newtoniana de la gravitación que no obtiene ningún respaldo oficial. A partir de 1767, casi un siglo después de la publicación original, Laplace y D'Alembert publican un nuevo tratado de mecánica newtoniana que alcanza la aceptación académica europea. Sin embargo, Newton sería más conocido en España por sus aportaciones a la óptica y acústica. En 1704, escribió su obra *Tratado de Óptica*, en la que exponía los resultados de sus experiencias, defendía la naturaleza corpuscular de la luz y explicaba la refracción, la reflexión y la dispersión. Sin embargo, a lo largo del siglo XVIII la teoría corpuscular fue refutada en favor de la naturaleza ondulatoria de Euler del éter vibratorio.

En los posteriores capítulos sobre los fenómenos eléctricos se incluye una descripción cualitativa sobre los efluvios y emanaciones eléctricas y sus manifestaciones en línea

con lo que exponían otros científicos europeos; debemos considerar que Coulomb no presentó en la Académie de París su ley de atracción y repulsión de cargas hasta el año 1785.

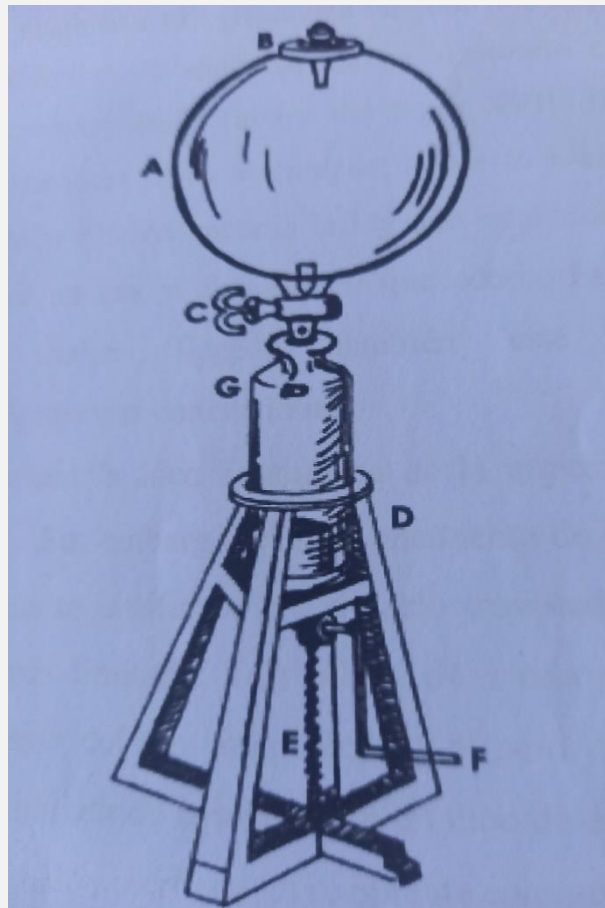
De igual forma, en las disertaciones sobre el calor se presenta el fuego como un ente material integrado en los distintos cuerpos, ya que la identificación del calor como energía (B. Thompson, S. Carnot) solo se produce durante el siglo XIX.

Consideramos que una de las mayores dificultades para acercar al lector actual las explicaciones del siglo XVIII comentadas, es que se realiza desde su propio nivel de conocimiento y con su terminología, que en ocasiones nos puede resultar extraño. Por ello, de modo sucinto mostramos en distintos capítulos las carencias conceptuales de teorías, que solo posteriormente serán remplazadas por los nuevos descubrimientos. En muchas ocasiones sus argumentos son erróneos desde la perspectiva presente; sin embargo, a pesar de la ingenuidad o excesiva complejidad de los razonamientos, los hemos transcrito, con su propio vocabulario y métodos, porque testimonian el nivel de los saberes de la época. En nuestro criterio, este aspecto es básico para determinar el estado de evolución histórica de la ciencia en un ámbito intelectual determinado.



Capítulo III

DEL VACÍO y LOS GASES



Máquina del vacío de Boyle

## GASES



## DEL VACÍO y LOS GASES

**E**n la Regia Sociedad las disertaciones sobre el vacío y las demostraciones prácticas en la máquina de Boyle se han repetido a lo largo del siglo XVIII. Las experiencias con la máquina de vacío ya habían alcanzado amplia difusión en los círculos científicos europeos desde finales del siglo XVII. En 1660 Robert Boyle publica *Nuevos experimentos físico-mecánicos, sobre la elasticidad del aire y sus efectos*. En una segunda edición enuncia la ley que establece la proporción entre la “presión” ejercida sobre un gas y el volumen que ocupa. Es la ley conocida como Boyle-Mariotte, por haber llegado también este investigador francés independientemente a las mismas conclusiones.

Los escolásticos compartían la idea aristotélica de la imposibilidad del vacío en la naturaleza (*horror vacui*). Sin embargo, el funcionamiento de las máquinas de bombeo que se usaban en las minas se justificaba por el vacío provocado, aunque estas solo eran operativas hasta una altura limitada. Torricelli (1643) encontró la explicación de la limitación al asociar el peso del aire atmosférico y el peso de la columna de agua. La experiencia la amplió al utilizar como comparación un tubo de cristal vertical cerrado por un extremo; lleno este de mercurio, sumergido el lado abierto en un recipiente también con mercurio, observó que se producía el descenso de la columna del mercurio por el tubo hasta quedar nivelada a cierta elevación. En conclusión, el espacio superior cerrado sobre la columna era vacío. Esta experiencia es el fundamento del barómetro.

Tras el desarrollo de distintos mecanismos Boyle (1660) perfeccionó la máquina de vacío (previamente utilizada por Otto von Guericke), que consistía en un gran globo de vidrio con una tapa que se podía sellar. En la parte inferior, se conectaba por medio de dos llaves de paso a un émbolo que extraía progresivamente el aire del recipiente de vidrio, provocando el vacío en este.

Sin embargo, para salvar la aceptación del vacío en la naturaleza, en la explicación de los fenómenos físicos se recurrió al éter, una materia sutilísima que envolvía a los cuerpos. En posteriores capítulos se citará repetidamente la materia etérea.

Desde el punto de vista metodológico, las mayores controversias de Boyle no se produjeron con los aristotélicos sino con T. Hobbes, fundador de la filosofía política. Boyle defendía que el conocimiento de la naturaleza se basa en la experimentación y, por tanto, es falible y modificable. Por el contrario, Hobbes -defensor de que los fundamentos del conocimiento son las causas- se oponía porque ello generaría resultados artificiales para interpretar la naturaleza.

Dentro de la metodología científica, Boyle cumple un papel fundamental en el nacimiento de la ciencia experimental. En siglos anteriores, el estudio de la filosofía natural se fundamentaba en construcciones especulativas o en argumentos de autoridad. La experimentación introduce la objetividad; para conocer la naturaleza es preciso observar los hechos naturales, a los que las opiniones y las causas deben sujetarse. La tecnología instrumental es el medio para la producción de hechos que amplía la capacidad de observación de los sentidos. A su vez, la comunicación científica describe los hechos (con los detalles del procedimiento, los aparatos y de los resultados) y, como consecuencia de estos hechos, se atribuyen causas y se interpreta el fenómeno.

Consideramos de interés resaltar que, en gran medida, la orientación seguida por la Regia Sociedad durante el siglo XVIII está inspirada en la concepción boyleana de la ciencia.

### **1. Del vacío**

En 1752, se expuso *Lección Physica Medica en que se tratan diferentes puntos señalados por la Real Sociedad de Sevilla, con motivo de pretender asociarse en la misma*, a cargo del aspirante a ingresar en la Regia Sociedad, D. Cristóbal Nieto de Piña. El punto primero de su examen es el tema físico: *Si se da el vacío en la naturaleza*, desarrollado en 22 epígrafes. Tanto por la organización de los contenidos y el modo de exponer, indicativo de la labor desarrollada por la Regia Sociedad, así como porque el debate acerca del vacío es un tema que, en diversas formas, está presente a lo largo del siglo, consideramos que merece ser recogido extensamente.

En los primeros párrafos el candidato describe el vacío y sus formas (*concebado o diseminado*) y analiza la teoría de los aristotélicos en la conocida experiencia del ascenso del agua, ... *dicen que sube por una caña u otro instrumento, después de*

*extraído el aire, para ocupar el vacío, por miedo del vacío, que refuta porque ...en la naturaleza hay agente capaz de producir esos efectos, qual es el aire con su peso.*

A continuación, expone el sistema cartesiano por el que *en todo espacio ai materia, porque la exencia de la materia es la extensión.* El ponente examina las diferentes figuras que constituyen la materia y la posibilidad del movimiento, de donde deduce que *...es preciso que queden algunos intersticios totalmente vacios por falta de quien los llene.* Como defensor de la existencia del vacío expone su opinión, *la materia etherea, según Descartes, es divisible .... Si es divisible, es compresible; luego, si es compresible tiene poros.... Lo que es divisible, ha de ceder a impulso del agente que hace la división, ... conque si la materia etherea tiene poros ... se concluye que hay vacio por no hallarse otra materia sutil que pueda llenarlos.*

Tras la anterior argumentación, examina *la imposibilidad que se ofrece al movimiento de los cuerpos si no se admite algún vacío... y comprimir el aire que tiene delante.* La tercera prueba se basa en que *es constante que dos cuerpos de iguales dimensiones son de peso desigual...* y pone como ejemplo una bola de oro y otra de estaño, sin que para ello sea suficiente justificación la materia *etherea*. En su comentario incluye la posible objeción de los cartesianos que *dirán que los graves se inclinan a la tierra porque son impelidos por el rapidísimo movimiento de la materia etherea* Y se pregunta: *... y en que consiste que la materia etherea haga más impulso en la bola de oro que en la de estaño? Si me responden que la mayor compactación y adherencia, ... Luego deben señalar otra causa de esta mayor gravedad o ceder a la fuerza del argumento propuesto.*

Tras estas reflexiones filosóficas, el ponente introduce *la prueba de la experiencia: en la maquina pneumatica se llega a hacer quasi una total extraccion del aire, de lo que parece se debe inferir el vacio. Mas responden los contrarios a estos experimentos, que aunque se extraiga todo el aire de la maquina, entra otra materia mas sutil que el aire a ocupar el lugar que este dejó y assi no se da el vacio.... Pero firmissimanente me persuado de que de ello se infiere la vacuidad fuera de la maquina.* Hace unas alusiones a la materia sutil exterior, lo que le da pie a elucubrar sobre el vacío y la cantidad de la materia etérea del universo.

Continúa con la interesante mención de la aportación al tema de una personalidad sevillana, de *un nuevo experimento cuya invención se debe a la aplicación del R. P. Josef de Medina de la Compañía de Jesús, cuyos especiales talentos ..., residente en el*

*Colegio de esta villa. Quizás, tan notable como la experiencia en sí misma, es, por infrecuente, la referencia a la dedicación científica innovadora en el ámbito local.*

*El instrumento que sirve para hacer esta experiencia lo he delineado en estas estampas con la explicación de la estructura interna y externa; la cual puede verse para mejor inteligencia de las razones en que se funda. Incluye la lámina con tres estampas con su correspondiente explicación (Es la imagen representada en la portada del capítulo II, de la Phisica Experimental, de este volumen). Usase de el en esta forma: quitado el cañoncito del instrumento, y con la geringa llena de agua, se le ajusta bien a la boca para cuio efecto tienen las correspondientes roscas, el uno en la boca **F** y la otra en su cañoncito **C** y luego se retuerce la llavecita **E** como la figura 1<sup>a</sup> la demuestra, que impide su exito [salida] y el del aire. Vuelve se a llenar la geringa y del mismo modo... Hechese la llave antes de quitar la geringa y después de quitarla se pone el cañoncito (representado en la figura 2<sup>a</sup>). Puesto assí se destuerce la llave, y sale inmediatamente al agua con tal ímpetu que sube a la altura de 8 o 9 baras.*

El párrafo siguiente lo dedica a advertencias sobre la realización de la experiencia: *advierto que a la primera inyeccion de el agua se siente alguna resistencia; a la segunda mucha mas, ... que en la geringa dos veces llena cave tanta agua como en las trescuartas partes de la cavidad... que si después introducida la segunda cantidad de agua se coloca y puesto el cañoncito sin destorcer la llave se coloca el instrumento en posición inversa... , sale el aire contenido con notable explosion y violencia y el agua se queda sosegada.*

A continuación, explica detalladamente el fundamento. *Digo, que los fenómenos originados de esta experiencia, no se pueden explicar genuinamente sin admitir vacuidades. Justifica la compresión del aire y recoge las posibles contestaciones de los contrarios, a los que cuestiona: si la materia etherea arrojada de la cavidad del instrumento halló algún vacio que ocupar en el aire externo; o no? Tras debatir las objeciones posibles, concluye: y no puede suceder sin que admitan algún vacio, bien antecedente, o bien subsiguiente a la introducción del agua.*

Consideramos que la disertación elegida representa el espíritu científico de la Regia Sociedad, por su claridad expositiva, bien estructurada, en que, además, se recogen los argumentos de opositores para rebatirlos; pero es singular por dos motivos: a) por mencionar y explicar una experiencia original de un científico afincado en Sevilla; b) porque aporta la estampa en que apoya gráficamente su explicación experimental.

Sin embargo, señalamos que en el relato solo se menciona cualitativamente el gran ímpetu de salida, aunque ignoramos si en la experiencia original el autor citado establece detalladamente tablas numéricas entre la altura alcanzada en relación con el volumen del recipiente o con la cantidad de agua introducida.

Aunque no conocemos las réplicas y contrarréplicas deducimos que el aspirante, D. Cristóbal Nieto de Piña, superó la prueba de ingreso ya que en años posteriores será elegido secretario y vicepresidente de la Sociedad, lo que nos permitirá conocer sus intervenciones en las lecciones inaugurales de curso.

## 2. Machina de Boyle

La primera cita en la Regia Sociedad aparece en las actas de 1737: *Se celebró experimento de la maquina de Boileau y sobre ella hizo un discurso el Secretario.* Consta en los extractos del año 1741 que el socio D. Francisco de León *hizo en la maquina Boyleana varios experimentos que convencían el vacío y le hicieron varias réplicas por curiosos a los que satisfizo.* Estos se repitieron por el Sr. Brioso en 1745 y nuevamente se citan en 1759 explicando *el mecanismo del ayre.* Las disertaciones y experiencias sobre los gases y el vacío se mantienen periódicamente en la Regia Sociedad a lo largo del siglo.

En el extracto de 1760, consta que *hubo experimentos en la machina Boyleana para ratificar el convencimiento de la pesantez y elasticidad del aire, a cargo del Sr. Romero, socio físico experimental y uno de los más hábiles de España,... con un preliminar discurso a sus experimentos. ... El Exordio, con 26 octavas acaban con pedir Auxilio Divino y ofrecer su trabajo a el Alto Solio de los pies de Ntro. Potentísimo Monarcha Sr. Carlos Tercero...* Se continúa con la descripción de *la vistisima Machuina Neupmática de doble antila y correspondientes pistones ... y varios recipientes acomodados a respectivos experimentos.* Se relacionan hasta ocho experimentos *que se presenta al teatro* en cuyos enunciados abreviados son: *El primer experimento fue el de la vegija sellada en su cuello y con poco aire: por la que soltando por la menor compresión externa sus muelles internos la aumentaron en considerable volumen. El 2º el de la vexiga incluida en un pomo ... El 3º, otra vexiga de muy poco aire por su resorte levantó 26 libras de plomo, ... El 4º la muerte próxima de un paxaro... El 5º la lluvia de agua contenida en una medida ... a la que se extrajo el ayre. ... El 6º, el de dos encontrados barómetros que dentro del recipiente, ... El 7º el del corcho, alumbre y*

*plomo equilibrado en un vaso de agua ....El 8º el común y ovio de pegarse el recipiente a la maquina extraido el Ayre....*

También la *Recopilación de las disertaciones y trabajos literarios de 1761* hecha por Brioso recoge la intervención del Sr. Romero: *el asunto fue manifestar ante tal serio y numeroso teatro por medio de varias machinas, varios útiles experimentos Phisicos ya en orden a la Comprecibilidad y Rarefactibilidad del Ayre y ya pertenecientes a la Hydrostatica, con obligación de satisfacer las dudas que ocurriesen a todos los circundantes.*

La lección inaugural de 1772 expuesta por el secretario Nieto de Piña versa sobre *De la Atmósfera del Globo Terraqueo* que tendremos ocasión de comentar detalladamente en el capítulo sobre Meteorología. Trata el segundo punto de las experiencias de Boyle; incluye comentarios sobre *la elasticidad y resorte del aire* en que enuncia, prescindiendo de formulación matemática, las que se denominarán leyes de los gases perfectos: *es constante que la comprensión y reducción a menor espacio es proporcional a la fuerza de los pesos comprimentes, y la dilatación guarda las mismas leyes*

Tras el paréntesis de una década, en 1784 se propone nueva compra. A pesar de *lo caro que pedían en London por hacer una maquina Boileana, la Sociedad dixo que era preciso comprarla, y se preguntara si era de la última invención de doble embolo, indispensable en los experimentos de Phisica.* El extracto de la justificación es una exposición del interés de la Sociedad por la labor divulgativa de la ciencia experimental en los distintos campos.

D. Francisco Sancho Buendía en 1786, comunica que *Como había muchos años que la Sociedad estaba imposibilitada de tener una maquina como la que hoy goza y la materia es de suyo bastante digna fue extraordinario el concurso de ese día...Tras un breve exordio sobre la Phisica, pasó a hacer varios experimentos curiosos en la maquina pneumatica de la Sociedad, todos convincentes del peso, densidad y rarefacción del aire ... graduando el ascenso y descenso de distintos licores de distinta densidad especifica, la fuente de heno, la porosidad de los cuerpos sólidos y otros, dando razón de los experimentos y satisfizo a las dudas. ... Hizo en la maquina Boyleana varios curiosos y útiles experimentos que prueban el peso, compresión y elasticidad del aire, así como su existencia en muchos cuerpos en que parecía no hallarse, explicando cada fenómeno con mucha propiedad y dando completa solución a las dificultades que se le propusieron.*

El tema mantiene actualidad, por lo que se realizan experimentos en 1790, por D. Francisco Sancho Buendía, en *la nueva maquina Pneumática de la que se ha proveido la Sociedad convenida por su complemento, magnitud y perfección a reysterar todos los años una cantidad de experimentos suficiente a instruir a la juventud de las esenciales propiedades de aire atmosférico y como por otra parte es la única de este genero que se halla en la ciudad, se ve en la precisión de repetir en beneficio de los estudiantes que en copioso número ocurren a ver las demostraciones que acreditan su dilatación comprensión, elasticidad, pesantez, pureza y infecciones cuyos conocimientos prácticos los ilumina de quanto los maestros en su respectivo tratado de física experimental.* Nótese que se resalta la asistencia de estudiantes -podemos deducir que universitarios- para contrastar experimentalmente las lecciones de sus maestros.

Pudiera sorprender la relevancia del reiterado debate durante el siglo XVIII de las propiedades de los gases que, una vez asumidas por la comunidad científica, pierde presencia académica en los siglos posteriores. Sin embargo, destacamos que la relación presión-volumen enunciada, no hace indicación de la temperatura, ya que el efecto de la expansión de los gases con la temperatura solo será enunciado por Gay-Lussac en 1802.

## GASES



Capítulo IV

**HIDROSTÁTICA**



Balanza hidrostática



## HIDROSTÁTICA

Una cuestión que demanda la atención de la Regia Sociedad es la naturaleza y el comportamiento de los líquidos, y concretamente, del agua. Especialmente interesa la relación de un cuerpo sólido en el seno de un fluido. Este capítulo sobre estática de fluidos se ve complementado con las disertaciones sobre pesantez y elasticidad del aire y las experiencias realizadas en la máquina de Boyle, y con las que posteriormente se dedican a las propiedades de la materia. En conjunto conforman la visión de la Regia Sociedad sobre los estados de agregación: gases, líquidos y sólidos.

### 1. Hydrostatica

Particular aliciente tiene la disertación teórico-experimental sobre hidrostática que el socio Sr. Romero presenta en 1761, tanto por el detallado montaje como por la justificación de las respectivas observaciones. Define en el exordio la *Hydrostatica, la ciencia que trata de pesar los cuerpos solidos en los liquidos para conocer sus respectivas pesanteces y densidades*. Introduce unos presupuestos con las definiciones *de cuerpo homogéneo y gravedad específica*. Desarrolla hasta dieciséis experiencias, *con el aparato que ofrecen la columna, balanzas, recipientes y demás utensilios anexos a estas experiencias que a la vista se exponen*. Por la descripción y explicación pormenorizada elegimos la experiencia tercera que sirve de referencia a algunas siguientes. Imaginamos que los asistentes veían el correspondiente montaje instrumental descrito, que suponemos similar al representado en la lámina del inicio de capítulo que nos sirve de modelo; aunque extensa, incluimos la transcripción del manuscrito:

*Si se pone pendiente del gancho inferior de una de estas balanzas, un cilindro de metal abierto superiormente [A], y del plano inferior de este estuviera péndulo también otro cilindro sólido [B] que exactamente llene la capacidad del primero, y en la balanza*

## HIDRÓSTÁTICA

*opuesta de correspondientes pesas, y en esta disposición se introduce el cilindro solido [B] en agua contenida en algun vaso; sucedería que al paso que se va verificando el descenso de el solido en la expresada agua, iría faltando el equilibrio, pero sumergido todo se restableciera solo con llenar de agua la capacidad interna del cilindro abierto, ... La restitución del mismo equilibrio consiste en que el volumen de agua que el solido depone, y es igual al del mismo solido, precisamente pesa tanto, como el mismo solido pierde en el agua.* Es la descripción práctica del Principio de Arquímedes; con elegante argumentación indica, con terminología actualizada: que el empuje ascensional del cuerpo sumergido es igual al peso del líquido añadido, que coincide a su vez, con el del volumen desalojado.

*De esto, señor, se convenze, ... que todos los solidos iguales aunque sean de diversa gravedad específica pierden al peso quando en un mismo fluido se sumergen, como se va a ver.*

A continuación, describe distintas modificaciones del anterior montaje experimental, utilizando materiales de distinta densidad o volumen (madera, estaño, plomo, ...), con distintas situaciones de equilibrio de la balanza hidrostática. También realiza experiencias de flotación: *Un cuerpo específicamente más ligero que un fluido, puesto con violencia debajo de la superficie de este, si allí se dexa en libertad subirá a ganar la parte superior. Pero el caso es, con que fuerza hara este ascenso? Esta será equivalente a la pesantez respectiva de el fluido comparada con ese cuerpo.*

En la experiencia *dezimatercia* indica sobre flotación de forma breve y precisa: *en un vaso perfectamente lleno de agua se pone el cuerpo que se quiere examinar: como ha de tener alguna inmersion, esta vierte alguna cantidad de agua; pesada qual nos da el peso del cuerpo.* Como consecuencia de las experiencias de la balanza hidrostática sobre flotación obtiene aplicaciones prácticas. La experiencia *decimocuarta* y siguiente las dedica a calcular con datos numéricos la pesantez del *oro amonedado* y así *examinar tanto las monedas sospechosas, como para asegurarse de la ley del oro en los diversos grados en que este material es susceptible.* En la experiencia *dezima sexta* utiliza vasos con fondo móvil y tubos de distintas formas -cilindros, conos- con distintos volúmenes y altura y concluye *pues con todo este exceso la gravitación hace ser la misma, luego esta no consiste en la mayor, o menor, copa de el Liquido, sino es el igualdad de altura y baza, como hemos supuesto.* Con lenguaje actualizado interpretamos que la presión del líquido en el fondo del vaso depende la altura y no del volumen.

En nuestro criterio, la disertación anterior tiene la virtud, además de su calidad pedagógica con explicación de los resultados observados, de que no se limita a la descripción cualitativa, sino que se basa en medidas reales cuantificadas. Además, nos llama la atención que, al contrario de otras disertaciones que exponen una introducción histórica, el autor no cita expresamente a Arquímedes, aun cuando el conocido relato de la corona real está en la base de su exposición. Sin embargo, tampoco emplea el término “presión” aunque utiliza el concepto.

Consideramos que, complementaria a la disertación anteriormente comentada, es la oración inaugural del curso 1782, leída por el vicepresidente Nieto de Piña, titulada *Discurso físico del peso que ejercita la agua sobre los cuerpos que entran en ella*. Inicia la exposición acerca de la consideración de la Física como ciencia de la Naturaleza, lo que le sirve para enlazar con los estudios médicos: *Y que otra cosa es la Medicina que la continuación de esas consideraciones aplicadas al cuerpo humano?*

El autor divide el discurso en 16 apartados. Empieza con el planteamiento previo: *si el Agua es por su naturaleza un cuerpo solido y que solamente se conserva fluida mientras tenga mezclada una determinada cantidad de fuego, ... si ser fluida no lo consideramos como un estado suyo naturalísimo, y que la coagulación y solidez le era violento*. Tras algunas consideraciones en que *la opinión de los físicos no es acorde*, apela a la autoridad bíblica del Génesis: *Dios crió las aguas, y no nos dice, Dios crio el yelo; separó las aguas de las aguas. Estas fueron criadas antes de la luz y el fuego... no hicieron menester la acción del fuego (que aun no havia)*. Obsérvese que el fuego es considerado un elemento material que se mezcla con los cuerpos para modificar sus propiedades.

Los siguientes apartados los dedica a la gravedad del agua: *tiene aquella fuerza que obliga a los cuerpos a bajar y los determina a correr de alto a bajo un cierto espacio en tiempo determinado ... La gravedad especifica del agua respecto del aire es 850 veces mas grave*, aunque posteriormente ofrece los resultados de otras investigaciones ya que *es casi imposible determinar su verdadero peso por hallarse siempre mezclada no solo con los demás elementos, sino también con otros cuerpos*. Trata del peso del aire atmosférico, *proporcionado a la altura de la atmosfera porque tanto mas pesa sobre los cuerpos la columna de aire que corresponde*. Sobre la altura de la atmosfera refiere la discrepancia de los autores de 15 a 266 leguas. Expresamente indica *quien desee informarse de esta materia lea una memoria que está impresa en el segundo tomo... «Sobre la atmosfera del globo terráqueo»*. Precisamente esta memoria se comenta

## HIDRÓSTÁTICA

extensamente en el capítulo XIV del presente volumen. Justifica que, *aunque la columna de aire que nos es sobrepuesta pesa 4 mil libras sin que nos moleste, porque tan enorme peso es resistido por una corta porción de aire encerrado dentro de nosotros mismos y renovado por la respiración, cuya resistencia es proporcional a la fuerza de compresión del exterior.*

Considera evidencia de comparar el comportamiento del líquido con el aire: *la experiencia del termómetro [barómetro] colocado en la cima manifiesta menos ascenso del mercurio que colocado en el valle, sin darse otra razón que ser en esse mayor y de mas peso la columna de aire que la oprime que en aquella, lo que debera tener también lugar en el cuerpo que descende y convencernos de que el aire pesa dentro de su propio elemento.*

*Pues si el aire si, porque no el agua? Pero los hechos y experiencias más visibles nos persuaden de esse peso de la agua dentro de si misma y en su propio elemento. Introducida en el agua una balanza que tenga en un extremo una botella tapada y en el otro un peso igual de modo que estén en equilibrio, si se destapa la botella entra agua en ella, y a proporción tira del otro extremo de la balanza y del peso con que antes estaba equilibrada. .... Y si a la balanza se le agrega peso al lado opuesto a la botella de modo que iguale a la agua que le ha entrado vuelve a equilibrarse.*

Tras poner algunos ejemplos, establece que *no solo pesa el agua según su volumen y masa total, sino también según cada una de las partes mínimas que la componen. ... Esto prueba dos cosas: que cada parte mínima de agua pesa; y que el agua pesa dentro de si misma y en su propio elemento ... pesan independientemente una de otras y en todas las direcciones (propiedad común a todo líquido), eso es, no solo pesan de arriba abajo sino también lateralmente contra los cuerpos que les hacen obstáculo. La expresión pesa en si misma no hace referencia a lo que hoy denominaríamos fuerza gravitatoria sino a que interacciona internamente: cualquier porción está sometida a la acción de las circundantes. En consecuencia, el autor a partir de consideraciones de peso y gravedad introduce el concepto de presión, término que utiliza por primera vez, no solo a la directa presión de el agua de arriba a bajo, sino también a la presión lateral... y esso es de mucha consideración para el aumento del peso que exercita sobre los cuerpos que se le introducen.*

Aunque de sus manifestaciones parece deducirse que conoce el principio de Pascal (1649), por el que “la modificación de la presión en un punto de un fluido se transmite por igual a todo el fluido” el disertador no lo enuncia claramente ni hace referencia a la

aplicación en la prensa hidráulica, que no se generalizó hasta el siglo XIX. Aunque no nos ha sido posible constatarlo, quizás, por su carácter de aplicación técnica, este tema y su utilidad industrial se expondría en la Sociedad Económica Sevillana de Amigos del País, ya que este mecanismo permite elevar grandes pesos realizando fuerzas pequeñas. Modelos modificados de la prensa hidráulica se emplean actualmente en múltiples procesos industriales.

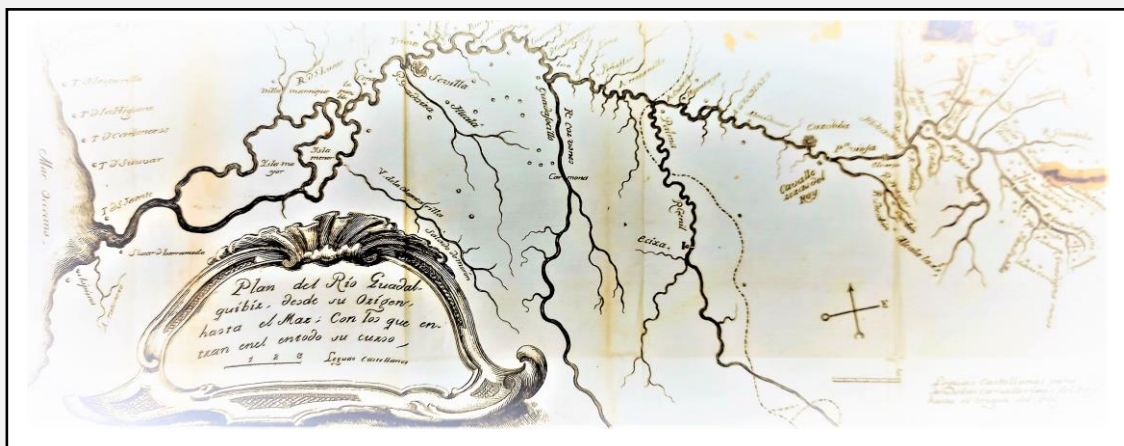
La prueba final de su argumentación sobre el tema desarrollado es la observación en la experiencia en la *Máquina Boileana*: ... *introducido en ella un vaso con agua, y extraida toda la porción de aire que se puede, se levantan en la superficie de el agua, ciertas ampollitas semejantes a cuando hierve, originadas del aire contenido en la pequeñas cavidades del agua, que como libre de la presión que causaba en la superficie de ella el aire exterior, se pone en movimiento y lo dá a las moléculas de agua entre cuyas cavidades estaba contenido*. Obsérvese que como resultado de esta experiencia se introduce una primitiva aproximación al concepto de tensión de vapor, aunque atribuya el efecto al aire disuelto. El último epígrafe de la disertación cita brevemente algunas consideraciones físico-médicas: circulación sanguínea, digestión, etcetera.





Capítulo V

HIDRÁULICA



Plano de río Guadalquivir desde su Origen hasta el Mar



## HIDRÁULICA

**B**ajo la denominación genérica de hidráulica incluimos en este capítulo otras disertaciones expuestas en la Regia Sociedad referidas al agua, con diversas orientaciones: desde la hidrodinámica fluvial y las inundaciones del río Guadalquivir, hasta el análisis de la calidad de las aguas potables. En general, la selección y asignación por la Regia Sociedad de los temas de las disertaciones, además de por la divulgación y experimentación científica, se corresponde con aquellas materias que inciden sobre su interés y utilidad social, y son muestra de la contribución de la ciencia al provecho del bien común. Por tanto, las disertaciones que posteriormente comentamos se pueden encuadrar en la física aplicada, dirigida a aportar una perspectiva científica ante circunstancias de la vida cotidiana.

### **1. Inundaciones del río Guadalquivir**

Consideramos conveniente, antes exponer el contenido de las disertaciones expuestas, insertar un comentario sobre las circunstancias urbanas de Sevilla y la repercusión de las inundaciones del Guadalquivir. El efecto de las reiteradas riadas es motivo de preocupación generalizada lo que tiene su reflejo en las actividades de la Regia Sociedad. La ciudad de Sevilla está construida sobre una llanura aluvial de baja cota; históricamente ha sido una ciudad amurallada. A partir del siglo XVI las murallas pierden su función militar por lo que se mantienen como principal defensa frente a las crecidas del río. En caso de riada sus puertas se cerraban y reforzaban externamente con tablones calafateados; la ciudad quedaba durante días completamente aislada. Además, los husillos de desagüe se taponaban durante las inundaciones, para que no funcionaran a la inversa introduciendo agua desde el exterior hacia el interior urbano amurallado; sin embargo, esto provocaba que, sin salida, se acumulara el agua de lluvia.

Durante el siglo XVIII se produjeron doce graves desbordamientos del río Guadalquivir (Palomo, 1784), en que los arrabales extramuros quedaban inundados. Los de los años 1707 y 1758 tuvieron consecuencias catastróficas quedando anegados algunos barrios

interiores con derrumbamiento de edificios y graves pérdidas económicas. En 1776 se acomete un plan de acondicionamiento de los husillos y la prolongación al exterior de las alcantarillas, además de la construcción de un malecón delante de las murallas que amortigüe las acometidas del río. Complementariamente a las inundaciones y provocados por la irregularidad climática, el siglo XVIII se caracterizó, en el Reino de Sevilla, por repetidos periodos de sequía con grave déficit en las cosechas lo que genera hambrunas y conflictividad social.

Don Cristóbal Nieto de Piña lee la lección inaugural (1784) *Varias reflexiones sobre las inundaciones del rio en Sevilla, sus efectos y causas evitables*. Ofrece una relación de grandes inundaciones del Guadalquivir desde la Edad Media. Tras ponderar los beneficios y congojas producidas por el río, señala los *extraños fenómenos seguidos a las diversas direcciones y opuestos impulsos y ... el advenedizo islote que impide su curso*, causante de los estragos en los márgenes (Triana) durante el último desbordamiento. Además del interés histórico de la noticia del islote formado en el río, que se puede observar en láminas de la época, desde el punto de vista físico lo más interesante es la aplicación de fundamentos de hidrodinámica fluvial para la justificación de los efectos provocados: *El agua de los rios tiene una línea correspondiente a su centro, en que está su mayor fuerza e impulso y que en las demás líneas paralelas del centro... se va perdiendo en proporción a la distancia. ... En la disposición regular de las aguas colaterales, cuando sus efectos son superiores a los que corresponden es porque... a su peso se le añade una nueva fuerza originaria por un movimiento extraordinario que da mayor impulso... La fuerza del agua es proporcional a su velocidad.... Si se estrecha [el cauce] de modo que adquiera más velocidad su fuerza será correspondiente al cuádruple de esta.*

Desconocemos si el autor ha obtenido las anteriores relaciones matemáticas de forma empírica y cuáles son sus fuentes, o si se basan en una percepción semicuantitativa. Establece que la fuerza del agua *es proporcional a su velocidad*, pero también habla de que la fuerza corresponderá al *cuádruple de la velocidad*; esto es confuso e impreciso. La expresión *se va perdiendo en proporción a la distancia* no debe interpretarse como dependencia lineal, sino que cualitativamente indica que la fuerza ejercida sobre un cuerpo interpuesto decrece lateralmente hacia las orillas. Desde la perspectiva actual de la dinámica de fluidos, y considerando al río como un canal en régimen de flujo laminar sabemos que la velocidad en una línea paralela, respecto de la velocidad máxima, es

inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al eje central. En consecuencia, como la fuerza sobre la superficie del cuerpo interpuesto depende del cuadrado de la velocidad, implicaría que esta fuerza sería el cuádruple. Podemos deducir que la conclusión a la que llega el autor es correcta.

Continúa explicando el comportamiento mecánico del flujo del río para justificar las observaciones: *Las aguas están sujetas a las leyes generales de los movimientos de los demás cuerpos. El que se mueve, si choca con otros cuya resistencia no puede vencer, se para, retrocede o hace un ángulo de incidencia tomando una dirección proporcionada a la superficie del cuerpo con que chocó. Estas mismas reglas sigue el agua, aunque sea un ente líquido que cede pronta y dócilmente al mas leve impulso; con todo, ella es una masa compuesta de pequeñísimos cuerpos esféricos divisibles, e incompresibles, capaces de hacer cada uno de ellos y el todo que se comporten como cuerpos sólidos esféricos.*

En la disertación sobre *Causa física de las inundaciones. Perjuicio que causan a la salud y modo de remediarlo* (1778), tras mencionar los beneficios del río, que se cambia en confoxas, *porque excediendo los limites de sus márgenes por la abundancia de las lluvias... se extiende por los campos, inunda los pueblos, ...* Refiere de algunas inundaciones históricas y alteraciones del curso fluvial. *No es la actual constitución de nuestro río proporcionada para recibir tan vasto surtimiento.* Señala el efecto tapón de la marea en la desembocadura del río, *contribuyendo no menos el fluxu y refluxo de las aguas del mar que los detiene*, e incluso cita las filtraciones de agua *viéndolas brotar de los patios de las casas luego que las aguas se nivelan.*

Un grave problema añadido, después de las inundaciones, fue el encharcamiento permanente de las zonas bajas de la vega donde se formaban lagunas insalubres con pestilencias y riesgos de transmisión de enfermedades. En las actas de 1761 se recoge la intervención del socio Sr. Brioso *para indagar el origen de las tercianas padecidas con tanta extensión en los años próximos pasados de 58-59 y 60 en esta ciudad, sus arrabales y lugares circunvecinos... y estableció haver sido el citado origen un putrilaginoso miasma exaltado a nuestra atmosfera de los encharcados morideros de aguas que surtió con abundancia la soberbia inundación experimentada en el año de 57 en Sevilla y respectivos sitios y lugares.*

Como ejemplo del interés permanente del tema en la Regia Sociedad, indicamos el título de otras disertaciones: *De las enfermedades que pueden seguirse de resultas de la*

*pasada inundación del Guadalquivir (1784), o De lo perjuicios médicos que causan las inundaciones del Guadalquivir, modo de precaver y de corregirlo (1797).*

El grave impacto sobre Sevilla de las inundaciones, tanto las provocadas por el río Guadalquivir como por la contribución de sus afluentes Tagarete y Tamarguillo, se ha mantenido de forma recurrente. En ocasiones, solo los barrios de cota más alta (coincidentes con el perímetro de la antigua ciudad romana) quedaron a salvo. El derribo de las murallas, entre 1858 y 1873, provocó una mayor incidencia urbana ocasionada por los repetidos desbordamientos (catastróficos en 1881 y 1892). Hasta la segunda mitad del siglo XX, han sufrido la ciudad y sus arrabales los efectos desastrosos de las riadas; la última gran inundación tuvo lugar en 1961, por desbordamiento del Tamarguillo. Únicamente, con posterioridad, la regulación hidráulica en el cauce superior, la canalización de los afluentes y, principalmente, las obras de ingeniería de la corta de la Cartuja (1982), que aleja el curso fluvial del casco histórico, han permitido que Sevilla sea considerada libre de inundaciones. Se cierra, un ciclo histórico del que hay constancia detallada desde antes de la reconquista cristiana de la ciudad.

### **2. Análisis de las aguas**

Una de las aplicaciones del conocimiento científico al beneficio social de la población es el análisis de la composición y calidad de las aguas de las fuentes que suministran a Sevilla. En 1765, D. Joseph Correa realiza nueve experiencias para el *Examen químico-hidroestático-hidráulico de la fuente del Arzobispo y caños de Carmona*. Lamentablemente las memorias escritas no detallan el procedimiento de cada experiencia, ni el fundamento ni los resultados que suponemos se expondrían en la disertación pública. Conocemos la relación de aquellas, lo que proporciona una base sobre las técnicas de análisis de la época.

- 1. Por medio del higrómetro y peso de cruz para conocer la gravedad relativa de dichas aguas.*
- 2. Decocion, sola y con legumbres.*
- 3. Instilacion de la solución de plata.*
- 4. Instilacion del aceite tártaro.*
- 5. Por evaporación, observar el olor, color y sabor.*
- 6. Examinando sus residuos por la calcinación y mezcla de licores acidos.*
- 7. Aplicando a los residuos la piedra imán por ver si contenían partículas de hierro.*

8. *Por el examen docimiastico para conocer si tienen mezcla de otras partículas.*

9. *Extraer la sal para conocer de que naturaleza sean.*

Se añade una advertencia: *los que necesitaban más larga operación los executó en su laboratorio.*

Desde la perspectiva actual pueden parecer procedimientos muy básicos, pero considérense que, con los conocimientos e instrumental de la época, la finalidad está en ofrecer a la población medios para preservar la salud pública.

Por el interés histórico y geográfico del abastecimiento de agua a Sevilla merece destacar la oración inaugural de 1765 por Don Francisco Buendía *Sobre el origen, calidad de las Aguas potables de Sevilla, su ensayo y elección, con el modo de preservarlas de las alteraciones que puede padecer en sus transitos.* En el largo preludio da noticias del libro escrito en 1733 por el antiguo socio Sr. Ortiz sobre esta materia. Incluye la alusión de fervor religioso, ... *a la verdadera Fuente de aguas vivas, el Espiritu Divino, ..., María, essenta de toda mancha, baxo el gracioso título de Rocío* y adhesión política ... *ofreciendo a nuestro Católico monarca el Señor D. Carlos III.* Es frecuente que, en el exordio de la lección inaugural del curso, al ser un acto institucional, se incluya una mención de carácter religioso, en ocasiones con expresa declaración concepcionista, y otra política, con una alusión loable a la tutela de los reyes.

La disertación realiza una detallada descripción de los caños de Carmona, de la fuente del Arzobispo y del río Guadalquivir, los tres *más famosos surtimientos de que se abastece abundantemente la ciudad.* Da noticia de sus particularidades, con situación del nacimiento y detalles constructivos de los acueductos a lo largo del curso de agua, con indicación del repartimiento a las fuentes en el interior de la ciudad. En el caso del río ofrece la descripción geográfica pormenorizada del recorrido y sus afluentes. Al final de la lección se editan imágenes: un detallado mapa con escala en leguas castellanas que reza *Plan del rio Guadalquibir, desde sus Origenes hasta el Mar; con los que entran en el en todo el curso.*

El punto central lo dedica el orador al examen comparado de la calidad de las aguas tomadas en distintos puntos, *que nos comuniquen alguna virtud.* Los ensayos que se exponen son similares a los recogidos en el examen realizado por J. Correa. Como conclusión, el autor se inclina en la *elección y preferencia de los méritos de la probanza,* en este orden: Fuente del Arzobispo, caños de Carmona y el río. Finaliza con

las correspondientes recomendaciones para la limpieza, conservación y mantenimiento, así como cautelas para preservar la salud.

En el extracto de la disertación de D. José de Herrero y Márquez (1793) se justifica el interés de la Regia Sociedad por las fuentes: *De tiempo inmemorial se usan muchas de las fuentes de aguas que se hallan en los alrededores de Sevilla para curación de varias enfermedades sin más antecedentes ni guía que una practica envejecida que se ha propagado de unos a otros. Faltando el complemento para su mas racional y recto uso, que es el conocimiento de la naturaleza de estas por el examen de sus verdaderos principios.* El autor desarrolla la *historia natural del pozo que existe en la huerta del Polvorista y cualidades físicas de las aguas ... propia de la enfermería de Ntra. Señora de la Merced*, situada en Triana. En los años siguientes presenta en la misma línea las disertaciones con enfoque físico y químico, *Examen de las aguas que corren con el título de la Huerta de los Acebedos, Molina* (1794), *Continuación de las Aguas que corren con título de Medicinales en las cercanías de esta ciudad* (1796).

Aun cuando no se relaciona con el suministro de agua a Sevilla, *por la singularidad de su naturaleza*, el socio Sr. Bravo (1760) presentó el *Ensayo de las aguas de rio Tinto y análisis de sus medicinales producciones*. Según las actas, el autor expone en la primera parte la historia hidrográfica, sentencias y noticias sobre un mapa (que no se reproduce en el documento). Mediante la *balanza hidrostática y en lo chymico, hace hasta 18 primorosos útiles experimentos... Por varios modos y medios deduce ser las partes componentes, ... Exploró en el promotorio de producciones: tanto hierro del que no hizo caso. Abundantísimo y selecto cobre. Mucho de azufre y montuosas cantidades de la piedra calimar ... comprobado por los mas prolijos ensayos de la Espagirica Arte.... Oro, plata, ... varias sales aluminosas, nitrosas y otras muchos despojos.* Finaliza con una reflexión sobre la utilidad de las producciones: *si pueden mucho contribuir a la Medicina, no menos al Politico Comercio.*

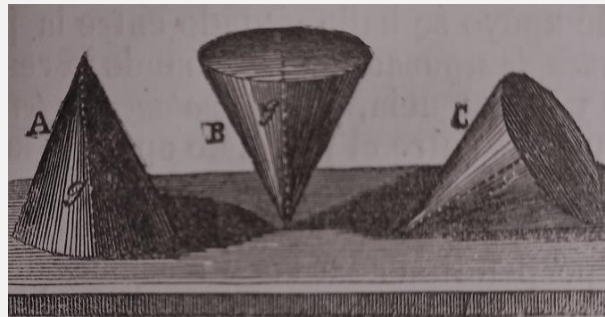






**Capítulo VI**

**SOBRE MOVIMIENTOS**



*Del movimiento y reposo*

## MOVIMIENTOS

## SOBRE MOVIMIENTOS

**A** lo largo del siglo XVIII se presentaron en la Regia Sociedad varias disertaciones cuyo tema central es el movimiento de los cuerpos, aunque con distintas orientaciones y contenido. El tratamiento no se corresponde con un estudio de la cinemática, entre otros motivos porque no se desarrolla una clasificación de tipos de movimiento y menos su formulación, sino que se centra en la descripción y justificación de algunos movimientos particulares en la naturaleza. Los textos seleccionados muestran la diversidad de estilos tanto por las fechas de exposición como por la formación de los socios que los exponen.

### 1. Del descenso de los graves

En 1760, el socio Sr. Martín Manzano desarrolla el tema *Si sea cierto que en la maquina de vacio excluso el aire caiga en igual tiempo dos cuerpos desprendidos, el uno grave y el otro respectivamente leve, y si es asi por que causa?* En su redacción, el autor emplea frases largas sin signos de puntuación lo que, en ocasiones, merma la claridad expositiva y dificulta la lectura. Se facilita su comprensión si se actualizan los vocablos empleados: no utiliza el término densidad y se refiere a mole (masa) y magnitud (volumen), espacio ponderoso (causante de fricción) e introduce la distinción entre materia absoluta y materia grave. Aunque el texto que hemos seleccionado puede parecer extenso, su interés estriba en que constituye una secuencia ordenada sobre el tema. De esta forma, se muestra la orientación pedagógica de las actividades de la Regia Sociedad.

Inicia la propuesta, *que la gravedad es extrínseca a los cuerpos, como, que no se concibe sea otra cosa que aquella fuerza con que esos cuerpos puestos libremente en el aire se mueven caiendo.* Atribuye a su porosidad que dos cuerpos de igual volumen y distinta densidad tienen distinta masa gravitatoria y pesan distinto.

Con estas bases justifica: *De aquí es que en la Maquina del vacío extraido el aire caigan con gravedad igual o bajen cayendo a un tiempo una pluma y una piedra, pues*

## MOVIMIENTOS

*siendo entonces una misma la fuerza extrínseca de ambos movimientos, no comunicando la pluma ni la piedra sus movimientos al ayre que no ay, pues el espacio está vacío es preciso que obedezcan igualmente al impulso de la causa.*

*He presenciado esta verdad en el observatorio de la famosa universidad de Turín donde se hacen estos y otros experimentos con todas las observaciones y exactitud... Cita a filósofos, Epicúreo, Lucrecio, ... Galileo y al famoso y erudito Neuton, que ya adelantó por sus experimentos y sentó que consistía en el vacuo el que los cuerpos iguales o desiguales descendiesen con igual o desigual rapidez descendiendo de igual distancia y elevación ...*

*A continuación somete a reflexión un ejemplo: Supongamos que el cuerpo A es de duplicada materia que el cuerpo B, y por consecuencia sea aquel un doble más pesado, pero supongamos también que dividiéndose aquel cuerpo A en dos partes iguales y que cada una pese como el cuerpo B, en tal caso no cabe duda en que cairian igualmente cuerpo A y cuerpo B; pues estas dos partes divididas que eran el cuerpo A y la materia del cuerpo B recibirán impulso igual de gravedad por lo que cairian igualmente, ...*

*De todo lo dicho parece inferirse que si dos cuerpos de igual volumen tuvieran en el vacuo un peso desigual debería atribuirse, sin duda a la mayor o menor porosidad ... lo que parece ajustar lo que enseña la experiencia [en el aire] de que dos cuerpos iguales en volumen son desiguales en el peso y esta notable desigualdad se notaría también en el descenso. Describe la experiencia de Desaguliers, en el templo paulino de Londres desprendiendo dos cuerpos de la altura de 272 pies y se a hecho manifiesto por otros muchos experimentos: De estos fenómenos y razones se deduce clara la consecuencia, de que la mayor o menor velocidad, la mayor o menor rapidez en el descenso de los cuerpos proviene no de la naturaleza de los cuerpos sino de aquel medio aéreo que resiste el descenso de la materia y que es mayor o menor su resistencia. Contrapone a estas afirmaciones las conclusiones de otras experiencias realizadas en el medio aéreo: Si los cuerpos fuesen en igual figura, grandeza y peso de qualquier materia no ay duda que caerían igualmente por el aire y que probaría ser igual en todos la fuerza de gravedad... igual experimento hizo el celebre Neuton y reducir a practica esta nueva doctrina... Gravesande dize que expulsada toda resistencia, todos los cuerpos son igualmente veloces. ... Y de esto se deduciría claramente que cualquier cuerpo son llevados en igual espacio y igual tiempo por acción propia e inmediata de la misma gravedad. Y así se ve que dos cuerpos se mueben de una misma manera, y que en cada instante sucesivo se aceleran o corren con igual velocidad; esto combence de que la*

*acción de la gravedad en los cuerpos es que el peso es como cantidad de la materia, y que las partes iguales de cada cuerpo pesan igualmente de qualquier calidad o especie que fueren estos... La dirección de la potencia del peso es el centro de la Tierra.* El autor vuelve a los argumentos que confirman su conclusión y refuta aquellos que se oponen por la dificultad de observación debida a la brevedad de la caída.

El autor amplía los anteriores razonamientos a otros medios: *ni ay otra razon que la resistencia del medio porque en el agua y en aire, ... porque no todos los solidos caigan con igual celeridad; pues no creo que ninguno negara que la resistencia del medio es la causa de esta desigualdad, si considera que quanto mas denso y mas poderoso y de mayor resistencia, tanto mayor es la tardanza que causa al descenso, y asi vemos que tarda mas en desprenderse por el agua que por el aire.*

Para finalizar: *De todo lo dicho se deduce que dos cuerpos qualesquiera que estén a una distancia igual o casi igual del centro de la tierra son directamente entre si como cantidades de aquella materia que intrinsecamente se componen los cuerpos; y así como descienden a un mismo término serán sus iniciales y respectivas velocidades iguales por lo que el peso de ellos será directamente como la masa de ellos mismos, esto es como cantidad de materia de que intrinsecamente se componen.*

La cuestión planteada sobre la caída de los cuerpos conserva actualidad, ya que las ideas preconcebidas en la línea aristotélica inducen a asociar mayor velocidad y menor tiempo de caída a mayor peso. Es un debate que, hoy en día, los profesores de enseñanza secundaria siguen planteando a sus alumnos. En este sentido, destacamos la orientación didáctica de la exposición comentada en que expone las razones con base en argumentos experimentales.

Aunque el autor cita al *célebre Newton*, no establece la causa que origina el descenso de los cuerpos ni hay referencia a la fuerza atractiva basada en la teoría de gravitación universal. Sin embargo, en la parte final de la disertación hay una alusión expresa a la *distancia al centro de la Tierra* (no al cuadrado), lo que induce a pensar que el autor no desconoce, al menos indirectamente, las teorías de Newton.

## **2. Del ascenso de los graves**

En 1790, el socio Cabrera expuso la disertación *De la causa de ascenso de los graves*. Sin embargo, no ha sido posible acceder a la misma, lo que nos priva conocer el enfoque del autor en esta cuestión.

## MOVIMIENTOS

Es curioso el título de la disertación físico-teológica de F. Valderrama en 1784, socio de erudición: *Si el vuelo de Simon el Mago fue natural o prodigioso en suposición de los nuevos experimentos del ascenso de graves*. Simón es un personaje histórico, *heresiarca*, que según el autor de la disertación, citando la tradición eclesiástica, era enemigo de los primeros cristianos; para probar sus poderes mágicos los exhibía en el foro romano volando ante el emperador Nerón. El apóstol Pedro oró a Dios que detuviera su vuelo: entonces Simón se detuvo y cayó a tierra. Para iniciar su disertación, el autor analiza los significados del término *prodigio* lo que le lleva a calificar a Simón, al final de la disertación, de *impostor* y *falsario*.

Sobre el tema físico, en primer lugar, trata de los diferentes dictámenes de los filósofos modernos sobre la caída de graves, lo que nos ofrece información sobre las opiniones de la época: *Gasendo hacía á la tierra un iman enorme, que a modo de los pequeños atraen a sus respectivos cuerpos, obliga aquel por su magnetismo a todos a descender a la tierra. Descartes se inclina a que los graves descenden oprimidos de la substancia etérea que los circunda; porque movida esta sutilísima materia en remolinos de Occidente a Oriente con fuerza impulsiva de unos y otros hace que los cuerpos graves descendan a la tierra. Newton en el lib.3. de los Principios no satisfecho de los expuestos sistemas supone una primordial e ingénita afeccion en los cuerpos por ley que imprimió en ellos el Autor de la naturaleza, como causa del descenso de los graves*. Aunque el autor cita a Newton, para resolver la cuestión planteada recurre a un argumento propio de su mentalidad de teólogo sin formación física. En este sentido, puede ser considerado como un modelo del nivel intelectual de persona culta de la época, pero ajena al campo científico propio de la Regia Sociedad.

Sobre el ascenso de los graves como manifestación natural, materia de su disertación, trata de los globos volantes o maquinas neumáticas ... que los hermanos Montgolfier ... *haciéndolos subir a una elevación prodigiosa. Estaba lleno de gas o aire desflogistado, agente principal de su elevación...* En meses siguientes se fueron dando noticias de otras maquinas, sus viages, razón de su elevación, camino y tiempos de este... Sin embargo, la cita no aclara con mayor amplitud la “razón de su elevación” que suponemos de interés de los asistentes al acto.

### **3. Impulsión /Atracción**

La disertación *Si todos los movimientos sean por impulsión o haya alguno por atracción* expuesta por M. Pérez en 1737, presenta un debate de filosofía natural,



apoyada en términos latinos, en que se contraponen distintas interpretaciones ante los mismos fenómenos físicos. El debate se basa más en elucubraciones que en argumentos experimentales; el autor utiliza una redacción compacta, sembrada de alusiones teológicas y referencias filosóficas, cuyo hilo argumental no siempre es inteligible y con párrafos en que no es fácil interpretar su significado. Lo incluimos como modelo real que por contraste complementa a la orientación habitual del conjunto de disertaciones de la Regia Sociedad. Si se compara con la orientación expositiva en décadas posteriores, recogidas en este volumen, es posible detectar la evolución de metodología científica. Aunque omitimos el detalle del contenido es relevante citar, como ejemplo, algunos párrafos.

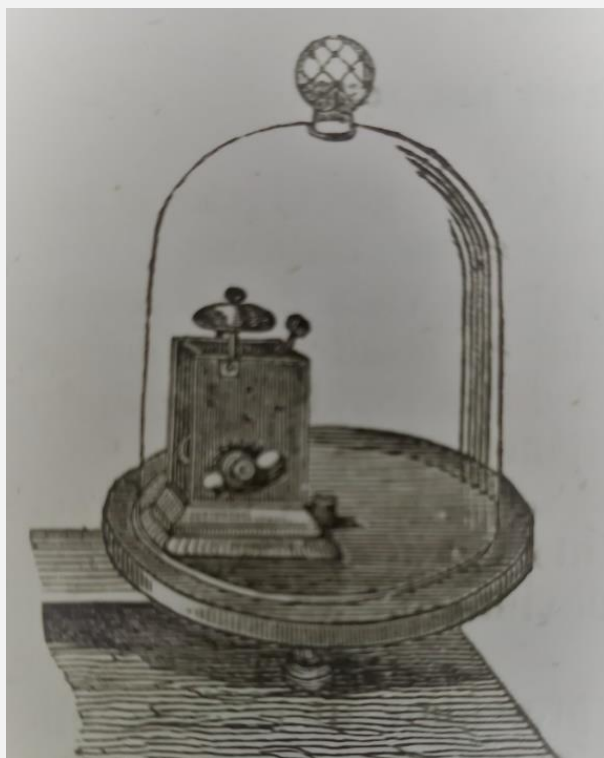
Inicia la disertación con la esencia del fuego y las causas del movimiento: *El fuego por razón de la figura en las partículas que se compone es de un velocísimo borboso movimiento que es causa que induce en otros entes movimiento, pues parece que fue en quien Dios depositó su virtud motiva,...* Introduce explicaciones sobre las teorías de algunos filósofos: *Según el doctísimo E. Cosmano, el ether es el primer principio de la atmósfera y el que causa los movimientos de los entes de la naturaleza. Dios situó la virtud de un ingentísimo movimiento en los fluidos...* El ponente define su postura en el tema propuesto: *Todos los movimientos a los entes son de impulsión...* Plantea hipótesis contrarias a su pensamiento para posteriormente rebatirlas: *Si el primer movimiento causado por Dios no fue de impulsión y es la razón por la que los entes se moviesen bastó el que Dios los conservase en distintas sutiles vibraciones, sin que por sí los impeliere...* Continúa con diversos casos que parecen invalidar su aserto y expone varios fenómenos físicos que le sirven para desmontar los argumentos contrarios.

Quizás la mayor atracción de la disertación esté en el sistema expositivo: enuncia postulados contrarios a su opinión para posteriormente rebatirlos, aunque mediante disquisiciones precientíficas con pobre apoyo experimental.

## MOVIMIENTOS

**Capítulo VII**

**DEL SONIDO**



Experiencia de no propagación del sonido en el vacío



## DEL SONIDO

La documentación de actos académicos conservados sobre acústica no es numerosa, aunque permite aproximarnos a la concepción sobre el tema durante el siglo XVIII. Se incluyen tres enfoques complementarios: sobre los fundamentos físicos, sobre los efectos nocivos de los ruidos y una alusión a la música.

### 1. El sonido

Como ejemplo de los conocimientos de la época acerca del sonido elegimos el punto físico del examen desarrollado por D. Juan A. Gil de Soto en 1758, titulado *Idea formal del sonido y de los ecos*. El aspirante se extiende en las propiedades del aire: fluido, pesado y elástico, y continúa con la descripción de las partes que componen el oído. En nuestra opinión el apartado más interesante es aquel en que hace referencia a las afecciones o modificaciones en el sonido, a saber: repercusión, aumento y armonía.

- *La repercusión o eco nace de la reflexión del sonido, tropezando con un cuerpo duro y concavo que rechaza. A su vez distingue entre: ordinario que vuelve en igual proporción con que fue, e inordinado, vuelve perturbado en superficie escabrosa y se divide en partes. Más adelante, establece la correcta relación cuantitativa de la transmisión de la intensidad sonora: disminuye el sonido a proporción que aumenta el cuadrado de la distancia.*

- *Del aumento, en que por multiplicadas reflexiones el sonido crece considerablemente. Para ello explica el fundamento de la tuba: Empieza angosta y se va dilatando poco a poco a más de no perderse en ella nada de voz, por las partículas movidas de aire vibrando, las partes rígidas y metálicas de la tuba rechazan de tal dilatados trechos y hacen crecer la reflexión y el ruido.*

- *La consonancia o armonía y su contrario, la disonancia, la explica por la mixtura de sonidos graves y agudos (que no define en qué se diferencian físicamente) y por la proporción de las vibraciones.*

## DEL SONIDO

Trata con bastante extensión la cuestión de la velocidad de propagación del sonido. Establece que *anda iguales espacios en iguales tiempos*. Cita distintas experiencias (Jorge Juan, Ulloa, los académicos de París) y los valores obtenidos de ellas, aceptando *138 toeces por segundo*, o bien *180 brazas castellanas en un segundo*. Concluye el candidato, que *las vibraciones y el temblor del aire constituye la idea formal de la naturaleza del sonido y los tropiezos en los cuerpos duros cóncavos forman ecos*. De donde se infiere la acertada caracterización del sonido como onda mecánica. Si aceptamos que la velocidad del sonido en el aire a temperatura ambiente es 340 m/s, y que una braza equivale aproximadamente a 1,68 m, la velocidad indicada por el autor es del orden de 300 m/s, con una aproximación del 90 %, respecto de las medidas actuales. No se conservan las réplicas y contrarréplicas a esta exposición que resultan siempre enriquecedoras al profundizar en los temas.

### 2. Los ruidos

De conformidad con la orientación médica de la Regia Sociedad, al igual que con otras materias, se presta una atención particular al efecto del sonido en la salud. En la oración inaugural de 1788, el vicepresidente V. González Centeno expone la lección *Sobre el influjo que tiene en la salud humana el ímpetu violento que causa en la atmosfera el estallido y toque de los grandes instrumentos de metal, como cañones de artillería, campanas, etc.* También el autor inicia la exposición con las propiedades del aire, y describe el órgano auditivo, donde el aire externo imprime las vibraciones sobre la membrana del tímpano: *Las vibraciones y sacudimientos que en él hacen los sólidos elásticos, motivan los diversos sonidos.*

Posteriormente describe las características de los metales sonoros: *Los cuerpos sonoros lo son en proporción a su mayor elasticidad y así se ve en los instrumentos formados por metales simples como hierro y cobre, son menos elásticos y por consiguientes menos sonoros que cuando son formados de las mezclas, y así añaden al bronce que es compuesto de cobre y estaño, alguna parte más de este o una quinta parte de antimonio, con lo que resulta un compuesto extensible, firme, elástico y sin cavidades, mas sonoro llamado campanil.*

Continúa con la propagación sonora: *Y así no hay otro actor, para el sonido, que la vibración que hacen las partes insensibles de los cuerpos sonoros en el aire que lo circunda, cuya acción se comunica a las primeras partes atmosféricas; de estas a sus inmediatas subcesivamente hasta terminada la ondulación por falta de vigor del*

*impulso cesa la vibración, y se finaliza el sonido directo, que dura menos que el reflejo o eco.*

Hace alusión a los efectos que el sonido produce en el *Alma* (tranquiliza y sosiega o llega a producir conmoción). Dedicada una extensa descripción comparada de los cañones, morteros y otros instrumentos bélicos. Explica el mecanismo de inflamación de la pólvora y su expansión, *200 partes mayor que lo que ocupaba antes, ... formando un horroroso trueno*. La parte siguiente es sobre las consecuencias médicas en los artilleros, *propensos a padecer vaguidos, aturdimientos, dolores de cabeza, propensión a la apoplejía ... Esta sordera puede evitarse poniendo en el oído una materia blanda y esponjosa que quiebre el impulso del sonido*. Ello le da motivo para hacer un extenso relato histórico del descubrimiento y expansión de la pólvora.

La parte final de la intervención está dedicada al tañido de campanas. Cita noticias sobre la utilización de campanas en la antigüedad, hasta su introducción en la iglesia católica para reglar las horas canónicas. El autor describe las molestias y daños de campanas, menos impetuosos que los cañones, pero más continuados. Refiere que *... aunque la piedad con que oímos estos instrumentos por servir a los Santos fines de la Iglesia nuestra Madre, hace que no le atribuyamos los frecuentes dolores de cabeza, vahídos, ineptitud para los actos discursivos que comúnmente se notan en las ciudades populosas*. Entre las noticias de los efectos del ruido de las campanas nos parece curiosa la referida a la catedral de Sevilla: *... se daban cien golpes, a el Alba, y desde el año de 1589 se redujeron a 60 por ordenación de su Cavildo, en beneficio de la salud de su Prelado el Ilustrísimo Señor Don Rodrigo de Castro que estando enfermo no podía reconciliar el sueño, ... por cuya causa se redujeron*.

Indica también el uso de campanas con fines políticos (cuando *hai incendios* u otro peligro público, o *convocación de asambleas de gobierno*) con arreglo a la urgencia y costumbre de cada pueblo. El autor mantiene un equilibrio entre la crítica al abuso de las campanas *–no podemos dejar de declamar contra importuna repetición de sus toques–* y la aceptación de la necesidad del uso. Expresamente deja prudente constancia: *No es mi ánimo quitar en nada lo mandado por nuestra Santa Madre Iglesia, ni menos alterar los fines políticos que tienen sus toques autorizados por el gobierno, solo sí advertir los perjuicios que resultan a la salud el abuso de tantas campanas*.

Suponemos que la disertación anterior, lección inaugural de curso con considerable asistencia, se refiere a una situación cotidiana, inquietud compartida por la población general, lo que lleva al autor a reseñar la relación de las múltiples iglesias y conventos

sevillanos. Formalmente está estructurada de modo multidisciplinar, con alusión, sin profundizar en ellos, a los fundamentos físicos, y con orientación descriptiva enmarcada en el relato histórico.

### **3. La Música**

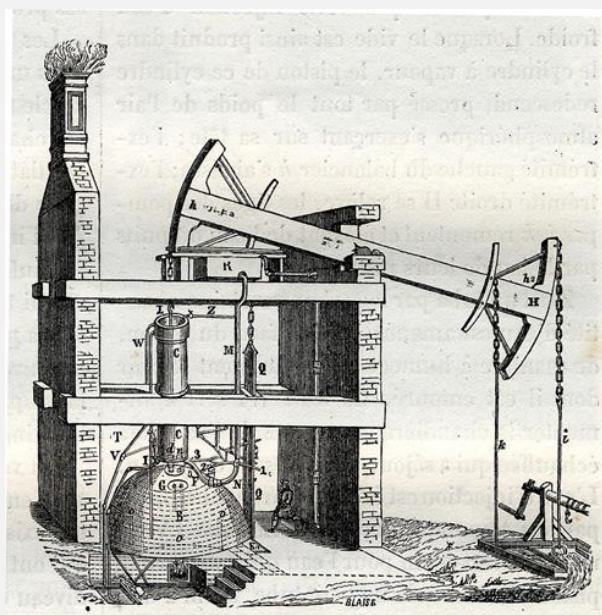
Aunque con tradición medieval, a partir del siglo XVI la música pasa a ser una ciencia asociada por los teóricos a reglas matemáticas. Era conocida la relación sonora entre la altura de las notas y la longitud de las cuerdas vibrantes. Posteriormente se explica la consonancia entre sonidos con la cantidad de vibraciones de la fuente sonora. El desarrollo teórico de la música en siglos siguientes y, de la creación armónica, se justifica en bases de física mecanicista.

Si bien en las actas de la Regia Sociedad constan disertaciones sobre la música, no existe el legajo correspondiente que nos ilustre de su contenido. Tal vez enlazara la parte artística de la interpretación con las características técnicas de propagación y audición. Como se ha referido en otras materias, también la música se enfoca en Regia Sociedad desde el punto de vista médico. Así, en 1766, el socio B. Roseains expone *En que se demuestra la Música ser remedio de muchas enfermedades* y, en el mismo año, V. J. de la Asunción aborda otra disertación con el curioso título *La yatrofonía sagrada o enfermedades que constan de las Sagradas Escrituras curadas con la Música, exponiendo el modo de producirse tan admirables efectos*. Hemos podido comprobar que este documento se referencia en artículos sobre musicoterapia.



Capítulo VIII

DEL CALOR Y LA FRIALDAD



Máquina de vapor. Siglo XVIII



## DEL CALOR Y LA FRIALDAD

La naturaleza del calor y frío y las causas de su manifestación están presentes en las actividades académicas de la Regia Sociedad. Opinamos que las disertaciones expuestas y debatidas a mediados del siglo XVIII, directamente relacionadas con la constitución de la materia, aportan la visión sobre un tema que también en Europa está sufriendo en esa época una importante transformación conceptual. Por ello, incluimos las siguientes consideraciones históricas

Tradicionalmente, desde la época clásica se consideró que la materia estaba compuesta por cuatro elementos, uno de los cuales era el fuego. A partir del siglo XVI se inicia una revisión de esta teoría. Durante el siglo XVII se desarrollan dos hipótesis: la del flogisto, como fluido que justificaba los procesos de combustión, y la de quienes admitían que el fuego estaba formado por partículas pequeñas, ligeras, cuya característica es la movilidad y que forman parte integrante de la materia.

A partir de 1777, Lavoisier asigna la causa del calor a un fluido etéreo, imponderable, elástico, que denomina calórico. El calórico envuelve por todas partes a los cuerpos y penetra entre sus moléculas. Estas son sometidas por el calórico a una tendencia a separarse que contrarresta a la fuerza de atracción interna que las une. Habrá que esperar un siglo, en la segunda mitad del siglo XIX, en que Thomson (1851) enuncia: El calor no es una sustancia, sino una forma dinámica de efecto mecánico. Esto dará lugar al enunciado de la conocida como Primera Ley de la Termodinámica, en que el calor se identifica con la energía.

Aunque existían experiencias previas, solo desde final del siglo XVIII se generaliza entre los científicos el uso de termómetros para medir la frialdad/calor de las cosas, con lo que se generaliza el concepto de temperatura. Posteriormente, en el siglo XX, se estableció la definición empírica de temperatura: diferentes sistemas tienden a llegar a un equilibrio, mediante la transferencia de calor, cuando se las pone en contacto térmico. Por tanto, no es de extrañar que en las disertaciones expuestas en la Regia Sociedad haya pocas referencias expresas a la temperatura y a su medida. Sin embargo,

consta en las actas que en 1737 se expuso el tema *del ascenso del mercurio en los termómetros*, sin mayor referencia. (Tenemos dudas si el título se refiere al barómetro). A final del siglo XVIII se inicia el uso en España de la máquina de vapor en distintas aplicaciones industriales y mineras. Sin embargo, debemos señalar que, entre las disertaciones, no hemos encontrado ninguna referencia a su posible utilidad; quizás se deba a la orientación fundamentalmente médica de la Regia Sociedad. Pensamos que, tal vez, esta cuestión se tratara profusamente en la Sociedad Económica de Amigos del País.

Aunque existen precedentes, es a partir de la patente de la máquina de vapor (Watt, 1769) cuando la transformación de la energía térmica en energía mecánica se aplica progresivamente en procesos industriales. Desde principio del siglo XIX se extiende en Europa la “Revolución Industrial” con la utilización de máquinas de vapor, por combustión de carbón, en fábricas, transporte, minería etc. Defensores actuales de la conservación medioambiental achacan al desarrollo industrial, asociado a la innovación científico-técnica, el impacto negativo sobre la naturaleza; es cierto que hay que mitigar los efectos no deseados (calentamiento global, ...) por lo que corresponde a la propia ciencia proponer soluciones. Consideramos, sin embargo, que, si se compara el nivel de vida general de hace dos siglos -preindustrial- con el actual, se puede detectar el gran progreso del bienestar social, con avances en todos los ámbitos, debido precisamente al desarrollo científico.

### **1. Sobre la esencia de la frialdad, el calor y el fuego**

En las actas de la Regia Sociedad de 1737 consta que a D. P. Brioso se le asignó el tema *Porque el aire elado enfría más que la nieve* sin que hayamos podido acceder a la disertación. También se cita en el mismo año la indicación de la materia de examen al candidato D. Rodríguez, *Cual sea la causa del movimiento vibratorio en los péndulos de los relojes sea mas tardo y por menos espacio en tiempo frio que en caliente*. Considérese que en esa época son frecuentes los relojes domésticos de péndulo, que precisaban de ajustes periódicos. También D. Fco Robles expone en 1745 *De la esencia del frio*, sin que esté accesible el manuscrito.

En 1741, D. Pedro Fernández de Castilla expone como punto de examen el discurso físico *En que consiste la frialdad*, organizado en veinticuatro párrafos. Define su concepción filosófica, con alusiones sobre la actitud con que los modernos filósofos superen a los aristotélicos, a los que interroga sobre los fenómenos de la *Phisica*.

Aunque ajenas al tema principal, recoge distintas cuestiones de debate, lo que ofrece propuestas para la controversia en la academia, sobre distintos aspectos del comportamiento de la naturaleza: *Porque tocando algunos instrumentos pneumaticos tiemblan las laminas colgadas en las paredes y aun las tablas y escaños? Porque los cuerpos magnéticos en qualquiera situación que se póngan rebuelben sus extremos dirigiéndose por el meridiano miran siempre a los Polos de la Tierra? Porque la nieve es blanca y no negra? Y por qué la piedra blanca con los rayos del sol se calienta menos que la negra?* Las que tratan sobre la propagación de la luz, las más numerosas, para dar unidad de contenido las transcribimos en el capítulo XII. Son enunciados retóricos que plantea sin ofrecer solución.

Presenta distintas teorías: *entran los Modernos en indagar que qualidad sea el frio y en que consista.* Realiza una revisión histórica sobre la esencia del calor y los fenómenos que lo justifican. Para los cartesianos *el calor constituye el acelerado movimiento de las partículas de materia crasa arrebatadas por la materia etérea... luego el calor consiste en el velocísimo y perturbado de las insensibles particulas del cuerpo calido, y la frialdad en la privación, quietud y repos del movimiento.* Para los gassendista y sus seguidores, entre los que incluye al célebre valenciano D. Tomás Vicente Tosca, con diferencias de matiz, el calor consiste en el *movimiento de los atomos sutilísimo, celeres y de figura redonda, y aumentando más ese movimiento producen el fuego ... Por contrario, la frialdad consiste en atomos esquinados, de figura más inepta para el movimiento. Los cuerpos frios son aquellos cuyas insensibles partículas puestas unas junto a otras se aquietan y es opuesta al movimiento celérrimo vibratorio propio del calor.* Siguiendo esta teoría, el aspirante identifica el fuego como *un elemento que consta de sutilisimos corpúsculos como materia prima cuya naturaleza es estar sus partes en un continuo movimiento trémulo y vibratorio sin jamás sosegarse. El fuego como elemento y principio componente de los entes es materia primera de ellos... son atomos. El calor no es otra cosa que los atomos ígneos con mas o menos movimiento.... Que el calor sea movimiento vibratorio se prueba porque no se puede dar cuerpo cálido sin tal movimiento, como se ve en los fuertes movimiento de martillo sobre un yunque, ..., consiste en la phisica agitación.* No obstante, manifiesta que entre los distintos autores no coinciden en la configuración de estos átomos. Entre las pruebas experimentales que avalan su opinión cita sin desarrollar *la olla al herbir, la condensación, la coagulación del agua y el yelo.* Al final el propio ponente reconoce

que, *aunque la hipótesis que he propuesto es probable, les ha faltado las eruditas pruebas.*

En sesión posterior el candidato contesta a las réplicas, que previamente se hacen por parte de los socios examinadores, a la exposición inicial sobre los puntos de examen.

- En la primera réplica se argumenta *que la esencia del frío no puedes ser la quietud de sus partes contrapuesta al movimiento del calor, pues si lo fuera no podría comunicarse el frío.* La contestación justifica: *... debe entenderse respecto del cuerpo cálido, no absoluto de suerte que esté el cuerpo frío totalmente privado de todo movimiento intestino, pues si así fuera no hubiera intensidad gradual en el frío.*

- La segunda réplica a la exposición inicial indica que *implica contradicción que el fuego sea raíz y causa del frío ... porque toda causa debe producir efectos según las cualidades que posee.* La contrarréplica insiste en que el fuego, según los filósofos modernos, *consiste en sutilísimos átomos en movimiento velocísimo rápido y vorticoso.*

- La tercera réplica se basa en que *si un cuerpo frío lo constituyera la ausencia de fuego, si faltara el fuego al cuerpo frío, había de pesar menos; la causa de la frialdad no puede ser solo la ausencia de fuego.* La contrarréplica se refiere a la descripción de una experiencia recogida por Valentin Tosca, de la Academia Florentina: *calentaron una barrita de azero y observaron que pesaba menos la fría, hasta que se equilibraron al irse enfriando.* Téngase en cuenta que se consideraba que el fuego es un elemento material, por lo que al enfriarse un cuerpo perdía materia y, por tanto, peso. ¡Lo curioso es la cita de la experiencia que lo demuestra! Consideramos que, de las distintas disertaciones relacionadas en la Regia Sociedad con la frialdad/calor, la anteriormente comentada es la más completa porque se conserva el legajo de expediente de examen, incluidas las réplicas.

Aun hoy día, en el lenguaje ordinario, se confunden los conceptos de calor y temperatura: “más caliente” significa “con mayor temperatura”. La frialdad es una propiedad que describe a los cuerpos a baja temperatura; terminológicamente va asociado a la ausencia del calor. Desde el punto de vista físico, el calor es una manifestación de la energía transferida entre sistemas a diferente de temperatura. El calor, por tanto, no lo poseen los cuerpos; solo se denomina así a la energía que se traspa. En consecuencia, las unidades de medida del calor son las propias de la energía. Por otra parte, la temperatura de un cuerpo es la medida macroscópica de la energía cinética de las moléculas que constituyen el propio cuerpo. En este sentido, la caracterización en el siglo XVIII del calor como el movimiento de los átomos -con

distintas propiedades según los modelos- puede interpretarse como una remota aproximación histórica de la teoría cinética actual.

Además de las disertaciones citadas, también se realizan sesiones prácticas; en el tomo de memorias de 1765 incluye las experiencias realizadas por D. Joseph Correa entre las que se ejecutan las relativas a *la producción de fuego mediante la mezcla de distintos licores y materias:*

1. *Con fosforo, limaduras de hierro, vitriolo concentrado y agua*
2. *Hielo y vitriolo, en que se ve aquí una substancia fría y otra friísima producir mezcladas un inmenso calor*
3. *Con alcanphor, aguafuerte y vitriolo*

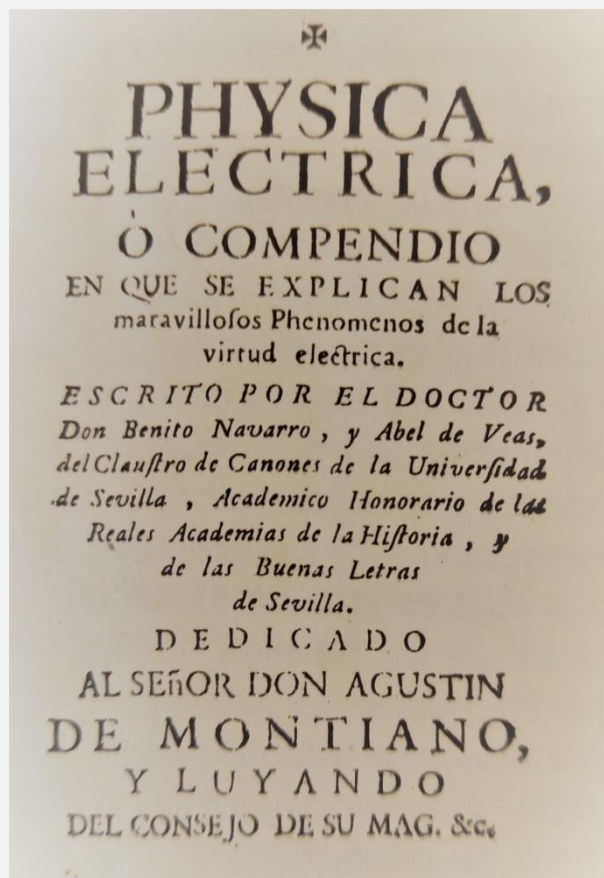
Se denominaba vitriolo a la disolución de ácido sulfúrico, y por extensión a algunas de sus sales de aspecto de vidrio: vitriolo azul, sulfato de cobre; verde, de hierro; rojo, de cobalto, etc. La justificación actual de la experiencia es que la utilización del vitriolo sobre distintas sustancias da lugar a una reacción química violenta, exotérmica, con gran desprendimiento de calor.





Capítulo IX

INICIO DE LA ELECTRICIDAD EN SEVILLA



Portada del primer tratado español sobre *Phenomenos Electricos*



## INICIO DE LA ELECTRICIDAD EN SEVILLA

Acerca del 1<sup>er</sup> tratado original español sobre *Phenomenos Eléctricos*. Sevilla - 1752

Este capítulo está dedicado a analizar la aportación que supuso en Sevilla la publicación del primer libro original en español sobre fenómenos eléctricos. Nos permite conocer con detalle el nacimiento de una rama de la ciencia cuyo desarrollo y aplicaciones, en las décadas posteriores, se recogen en el siguiente capítulo. En nuestro criterio la publicación debió de ejercer un gran influjo en los sectores ilustrados y, en particular, en la Regia Sociedad. Debido a la relevancia de la singular aportación que examinamos, se rompe la estructura general de organización de los capítulos de presentar distintas disertaciones agrupadas por similitud de materia.

Su autor, El doctor D. Benito Navarro y Abel de Veas, merece inscribirse entre los ilustrados sevillanos que han contribuido al avance y divulgación del conocimiento científico en la sociedad de su época. Profesor del claustro de Cánones de la Universidad de Sevilla, académico honorario de las Reales Academias de la Historia y de las Buenas Letras de Sevilla, publica en 1752 *Phisica Electrica ó compendio en que se explican los maravillosos phenomenos de la virtud eléctrica*, primer autor que da a luz en España un libro sobre los fenómenos eléctricos. Puede sorprender que el primer autor sea del “claustro de cánones”. Como él mismo advierte en el prólogo, *parecerá cosa extraña que un Profesor de Jurisprudencia ocupe el discurso en inquirir los fenomenos de la naturaleza en orden a la virtud electrica de los cuerpos*. Hemos indicado que en la universidad española no existen, durante el siglo XVIII, cátedras de Física Experimental, y la Física General o Filosofía Natural se estudiaba por los comentarios de los textos clásicos, principalmente de Aristóteles. Algunas ramas de la Física, entre las que se incluye la electricidad, pueden ser abordadas desde la experimentación, sin amplia base matemática. En este sentido, B. Navarro indica en el prólogo el motivo que le estimula a publicar el libro: *Algunos Códices y diversas*

*Disertaciones, que sobre esta materia he leído ..., y con las experiencias hechas en la misma Machina he observado....* Se concluye que el autor de *Phisica Electrica* no pertenezca necesariamente al claustro de facultad científica, ni sea miembro de la Regia Sociedad sino jurista ilustrado, asociado a academia literaria. De sus palabras se deduce que no es traductor ni recopilador; aunque conozca tratados previos, es un innovador.

### **1. Referencia y contexto científico**

En el mismo año de 1752 se edita en París, por Rollin, *Historie Generale et particuliere de l'electricite*. Tiene sugestivo subtítulo: *en que se dicen curiosos, divertidos, útiles, interesantes y amenos hechos de algunos físicos*. Recoge noticias críticas de disertaciones y publicaciones de distintos autores y sociedades científicas, sin figurar entre ellas ninguna española, lo que parece indicar que, con anterioridad a este año, caso de existir alguna publicación original, no tuvo suficiente divulgación. En el mismo año tiene lugar en la Regia Sociedad de Sevilla la primera disertación sobre fenómenos eléctricos.

Como precedente en la difusión de las ideas eléctricas, en el año 1747 Don Joseph Vázquez y Morales, de la Academia Médica Matritense, traduce al castellano el *Ensayo sobre la Electricidad de los cuerpos* del Abate Nollet, texto ampliamente extendido por Europa en la versión original. En la Introducción el traductor ofrece la panorámica de los conocimientos y aportaciones españolas: *pero luego que dos Sabios Españoles (D. Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa, capitanes de fragata, que por orden del S. M. el Rey fueron a la linea equinocial a hacer observaciones en compañía de los Académicos de Paris) traxeron de aquellas Cortes la idea y el uso de Globos y de la Machina de rotación, se hicieron mas maravillosos y estupendos los phenomenos de Electricidad y se executaron tantos .y tan deliciosos experimentos, que varios ellos, se calificaron por nuevos, para proseguir la alabanza de la Academia Matritense, donde se realizan los experimentos, cuyo noble Instituto es promover el adelantamiento de la Phisica y la Medicina por medio de la Observación y la Experiencia,... cuyos ilustres individuos saben deducir de los mismos hechos experimentales, las razones o las conjeturas mas acomodadas para explicar con juicio y sencillez, todo genero de phenomenos.*

Señala la utilización recreativa de las experiencias, *que hasta han llegado a ser espectáculo público en la Corte.*

En los legajos de 1752 de la Regia Sociedad encontramos *Memoria sobre las Machinas Pnuumática y electrica, con algunos experimentos* presentada por D. Francisco

González de León. Al disertar sobre la máquina de vacío, indica: *llevandose la prima atención la Machina electrica por nueva en este teatro, aunque no lo sea en esta ciudad...* Después de una visión general sobre los fenómenos eléctricos y su desarrollo, añade: *Pero no han sido los españoles insensibles al gusto de los Phenomenos electricos. Constame de muchos dentro y fuera de esta Ciudad, que han trabajado sobre ellos con curiosidad y aplicación. En Valencia se han sostenido thesis publicas sobre su causa. En la Academia Matritense se han presentado varios experimentos, y aun tengo seguras noticias de que un patricio nuestro tiene prompto para dar a la luz publica un tratado sobre ella, que acreditará no se descuidan nuestros ingenios, o en inventar laudablemente nuevas experiencias, ó en verificar o explorar las que nos comunican.*

Interpretamos que la última alusión está dirigida precisamente al libro *Phisica Electrica* de B. Navarro, quien posteriormente lo someterá a la aprobación de la Regia Sociedad, para obtener de la misma el refrendo científico.

También consideramos interesante mostrar los precedentes sobre las *causas de la virtud eléctrica* que nos permitan valorar la labor de B. Navarro. En los planteamientos iniciales manifiesta sobre la misión de los físicos: *... no se empeñe en darlos con demostraciones tan convincentes, que cause induvitable asenso: si solo que procure por medios phisicos probables, los mas verosímiles.* Con este criterio, durante la primera mitad del siglo XVIII, la mayoría de los autores, aunque con diferencias de matiz, siguen la línea *efluvista*, que Navarro analiza manifestando aceptaciones y reparos. Reconoce el influjo recibido del jesuita P. Polh, pero confiesa que *en puntos philosphicos, nos preciamos de eclecticicos, no nos constituiremos parciales de ninguna opinión, solo procuraremos explicar los phenomenos eléctricos.* Así, sin romper con las corrientes vigentes en su época, realiza una interpretación personal, en que, a partir de supuestos originales, asigna a los efluvios las características que permiten explicar los experimentos.

## **2. Physica Electrica**

### ***Contenido***

La parte introductoria la componen la dedicatoria, las licencias y el prólogo. El censor P. Benavente recomienda su publicación por *la falta que padecemos de Phisicos experimentales, de instrumentos, de observaciones, de comercio literario en este punto, de aplicación y aun de libros de Phisica.* Don L. Gerónimo, en la Aprobación, indica: *El Autor ha procurado informarse del dictamen de los Autores... añadiendo a estos, sus*

*propias reflexiones, descubre muchas particularidades que se ocultaron a la perspicacia y diligencia de los extranjeros. Es el primer español que trata este asunto como autor.* En el Prólogo, Navarro ofrece la valoración de su libro: *me parece que ningún Autor que ha escrito sobre la electricidad ha señalado tanto número de Autores y opiniones como van insertas en esta pequeña obra.*

### **Tratado preliminar.**

La obra está dividida en cuatro tratados. El primero de ellos, *Noticias de los authores, que han escrito sobre la virtud electrica de los cuerpos* es una historia comentada en XXIX capítulos, En el capítulo XII nos informa, *El P Thomas Vicente Tosca (u) se inclina por esta opinión del Padre Fabri...* y en nota a pie de página figura: *(u) Tom 4 comp Philosoph. fra 8 lib I cap 3.* Es así el español más antiguo, del que tenemos constancia, que incluyó en sus escritos filosóficos opiniones sobre las atracciones eléctricas.

El capítulo XVII, el más amplio, lo dedica al Abat Nollet y al traductor Vázquez y Morales, quienes merecen sus alabanzas. Expone que *el systema de los movimientos afluente y efluente... fundado en experiencias y razones, más aunque la Hipotesis dicha sea tan ingeniosa es difícil entender aquella continua efluencia de materia sutil,* por lo que manifiesta detalladamente sus reparos.

El último capítulo finaliza con la cita de la segunda edición del *Tratado de Electricidad* de Wilson, señal de la actualización del autor, al haberse publicado precisamente en 1752.

### **Tratado segundo.**

Se titula *Sobre la virtud electrico-atractiva y repulsiva* y consta de tres artículos, cada uno de ellos subdivididos en capítulos. La estructura es análoga en los siguientes tratados. En el artículo 1, *Señalese en que consiste dicha virtud,* tras los supuestos iniciales, establece en el capítulo V: *La causa physica de la atraccion electricia consiste en los halitos o efluvios electrico suphureos, no solamemte viscosos, sino calidos, que dimanan desde el cuerpo electrico, hasta cierta distancia, enrarecen a el ayre circundante, por el qual, juntamente con los efluvios, que buelven viscidos, y extendidos en forma de hilos se impelen los cuerpos ligeros acia el electro... Consta, pues que la causa adecuada de la atracción de corpusculos es la elasticidad de los efluvios electricos, y la del ayre remoto. La frotación, el calor, la viscosidad de los efluvios son condiciones, sin las cuales no se hace atracción.*

Dedica el capítulo VI a la *virtud repulsiva*, y en los siguientes aporta argumentos en contra y a favor de los propios supuestos. El artículo II, *produce la experiencia*, describe hasta quince clases de experimentos. En el artículo III, *explíquense los experimentos*, da las razones y fundamentos de los experimentos anteriormente descritos.

Observe el lector que, por desconocerse la estructura de la materia, al intentar racionalizar las causas de los fenómenos eléctricos, sin incurrir en virtudes ocultas, es necesario buscar un origen mecánico, y de ahí, por similitud, nace la hipótesis de la elasticidad de los efluvios.

#### **Tratado tercero**

El tratado III se refiere a *la inflamación eléctrica y los fenómenos eléctrico-igneos*. La distribución en artículos es análoga al anterior tratado. En el artículo I, cap XI, expone: *en el movimiento de los efluvios eléctricos, violentamente detenidos por algún óbice, se debe atribuir la inflamación*. En los artículos II y III expone y explica las experiencias de la máquina de electrizar que dan lugar a *la luz, chispas, los chasquidos, los fuegucillos, el estremecimiento y la inflamación*. Al finalizar incluye una nota en la que relata cómo *imprimiéndose, nos dieron noticias públicas, de las nuevas experiencias, que el señor Benjamín Franklin había executado en Philadelphia en America Septentrional, sobre la electricidad, .... que analogiza la materia eléctrica con la del trueno: y siendo así, logra nuestra opinión no corto apoyo*, lo que le sirve para argumentar en favor de los supuestos iniciales.

Al describir los experimentos de la clase décima, sobre las sensaciones al producir la inflamación, cita a *Don Lorenzo del Rio-Estrada, Cavallero de la Ciudad de Sevilla, observador de esta virtud en su machina eléctrica*.

#### **Tratado cuarto**

Se titula *Sobre la propagación y comunicación de los cuerpos eléctricos*. El autor confiesa: *... llegamos finalmente, a una materia que es mucho más difícil que las demás... Consiste la comunicación de la virtud, en que los cuerpos, que no tienen en sí mismo la virtud... reciban la misma facultad y virtud que gozan los cuerpos eléctricos ... La propagación consiste que el cuerpo eléctrico, o que fuere electrificado transfunda hasta distancia aun no determinada á otros cuerpos en serie continuada a él unidos, aquella virtud que recibió por frotación, y la conserve por tiempo que aun se ignora su duración*.

Tras exponer distintos experimentos, funda la causa en su teoría de los efluvios; en varios supuestos, responde a posibles objeciones, y advierte de los peligros de la realización. Es, quizás, la parte menos elaborada, aunque incluye las cuestiones del alcance y de la velocidad de propagación.

El libro de la Biblioteca Universitaria que hemos consultado no contiene láminas adjuntas al final, como sí es frecuente en la época. Sin referencias en el texto, no consideramos probable su pérdida por reencuadernación.

### **3. Valoración histórica y didáctica**

Evidentemente, la hipótesis mecanicista de la elasticidad de los efluvios no requiere distinción de clases de electricidad ni aun de tipos de efluvios. Todo el libro se fundamenta en la descripción de fenómenos. Es el periodo precursor del desarrollo de las teorías eléctricas, que adolece de falta de cuantificación y relación de magnitudes. Solo en épocas posteriores, la bibliografía describe el uso de distintos tipos de electrómetros como instrumentos de medida de la actividad eléctrica, y hasta 1785 no presenta Coulomb sus famosas memorias en la Academia de Paris. Es, por tanto, en esa fase posterior, cuando se establece plenamente la Electricidad como ciencia consolidada, para lo cual, sin embargo, fue necesaria la aportación, a veces acertada, a veces infructuosa o errónea, de los estudios precursores.

Entre estas aportaciones relevantes destaca en España el libro *Phisica Electrica* y su autor, D. Benito Navarro. Que el sistema propuesto no fuera confirmado correcto por los futuros descubrimientos, no anula su valor *a posteriori*. La racionalidad del método empleado y la divulgación experimental son valores destacables de la Ilustración, no compartidos plenamente por la sociedad sobre la que se desea ejercer una función educativa.

La simplificación en la enseñanza actual de la ciencia frecuentemente muestra, tal vez con excesivo dogmatismo, un conjunto de leyes que forman un cuerpo cerrado y definitivo. Pedagógicamente no es habitual considerar que su génesis corresponde a un proceso de acumulación, revisión e incluso alteración, y que teorías y esquemas de pensamiento aceptados en una época son desplazados por nuevos descubrimientos o teorías más generales. Es precisamente la “provisionalidad” de los conocimientos la virtud que permite su avance, y de donde nace el respeto por aquellas teorías, ya superadas, como las expuestas en este y otros capítulos, que históricamente han contribuido a crear la ciencia actual.

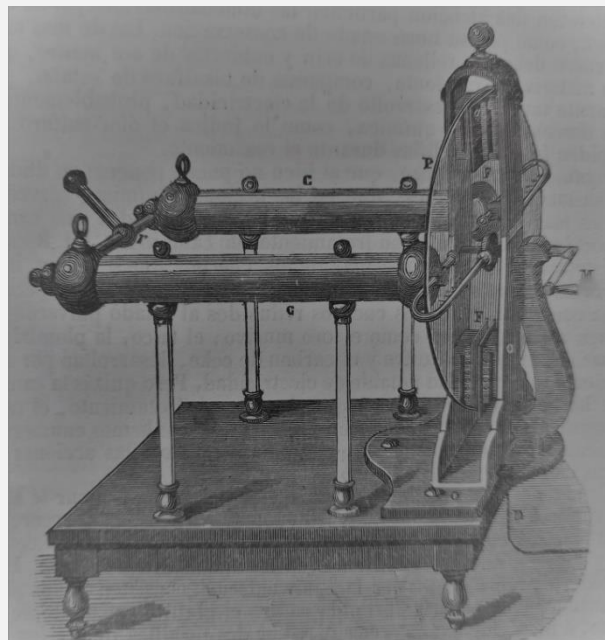






**Capítulo X**

**FENÓMENOS ELÉCTRICOS**



Máquina de electrizar



## FENÓMENOS ELÉCTRICOS

**E**l tema al que más atención se dedica en la Regia Sociedad, durante la segunda mitad del siglo XVIII, es a la naturaleza de los fenómenos eléctricos en sus distintas manifestaciones. Se pueden contar hasta quince actos académicos registrados dedicados a esta materia, principalmente de experiencias en la máquina de electrizar, en ocasiones repetidos en el mismo año. Para ello, poseía su propia máquina y se acomodó una sala en la nueva sede de la casa de los jesuitas tras su expulsión. Por importancia asignada al tema y la repetición de experiencias, conviene mostrar los fundamentos de la máquina de electrizar. En las disertaciones no se la describe puesto que era conocida, al estar a la vista de los asistentes.

Históricamente, Otto von Guericke (1602-1686), logró obtener electricidad estática al frotar manualmente la superficie de una esfera de azufre que hacía girar. Posteriormente, Ramsden (1735-1800) modificó la máquina al colocar un disco giratorio. Por las imágenes de la época y las conservadas en gabinetes, como la que se reproduce en la portada del capítulo y que utilizamos para su descripción, la máquina de electrizar en esencia consta de dos soportes verticales de madera que llevan acopladas almohadillas [F] de badana o seda; por medio de una manivela [M] se hace girar entre ellas un disco vertical de vidrio [P], de unos 80 cm de diámetro, el cual se frota y electriza. Un conductor metálico en forma de U está colocado diametralmente en las proximidades del disco, dos tubos metálicos [C] perpendiculares al plano del disco están unidos a ese conductor y entre sí por el extremo opuesto mediante una barra conductora [r], a la que se conectan los aparatos usados en distintas experiencias.

Por frotación el disco se electriza positivamente y las almohadillas negativamente; estas, por el soporte de la máquina, descargan al suelo. La carga positiva del disco por influencia atrae a la negativa del metal que, por descarga en chispa, ambas se neutralizan. Así, los tubos conductores quedan electrizados positivamente.

Como elementos complementarios para poner de manifiesto los fenómenos eléctricos se utilizaba campanario eléctrico y la botella de Leyden. El campanario eléctrico es un aparatito compuesto de campanitas, suspendidas por cadenas metálicas de una varilla que comunica con la máquina eléctrica. Entre las campanitas se coloca una bolita metálica suspendida por un hilo de seda y conectada a tierra por un cable. La repetida sucesión de carga/descarga provoca el movimiento pendular que da lugar al toque sonoro. Así mismo, botella de Leyden es un frasco de vidrio delgado cuyo interior está cubierto por láminas de cobre. En la mitad inferior de la pared exterior va acoplada una lámina de estaño. Cargada la botella mediante la máquina de electrizar, si conectan las armaduras interior y exterior (de signos opuestos) se produce la descarga eléctrica.

A la divulgación en Europa de los fenómenos eléctricos contribuyó que la curiosidad y vistosidad de algunas experiencias se utilizara en los salones sociales como motivo de espectáculo. En España se ha utilizado la máquina de electrizar con fines didácticos hasta el inicio del siglo XX.

### **1. Experiencias**

Como hemos citado, la primera referencia de la *machina de electrizar* se encuentra en 1752 en la *Memoria sobre las machinas Pneumaticas y Eléctrica presentada a la Regia Sociedad con algunos experimentos*, a cargo de D. Fco. Gonzalez de León. En 1770, Z. Dietrich, fundidor de artillería, propone regalar una máquina propia *con todos sus pertrechos y executar con ella los fundamentos y fenómenos de la electricidad*. En 1779, el Sr. Matoni experimenta *sobre una nueva máquina ... que dan la fuerza y movimiento con un vidrio plano en lugar del globo de las antiguas*. En 1788, C. Nieto en la disertación *En que se manifiestan las útiles resultas de las emanaciones eléctricas para la salud*, tras informar de los beneficios de *enfermos que se sugetaron a la Electricidad*, manifiesta que la Sociedad *procuró componer y perfeccionar una excelente maquina eléctrica*.

En 1765, los puntos de examen fijados al candidato Honorio Cotte incluyen el tema físico: *1º. Que sea la electricidad y como se expliquen sus fenómenos?*, previo a otros puntos relacionados con sus aplicaciones médicas, *2º. Si por la electricidad se explica bien la sensación que se hace en el cerebro por la impresión de los objetos?*; *3º. Si la electrización sea remedio de algunas Perlesías, el methodo de su aplicación y modo physico de explicar esta curación?*

Centraremos nuestro comentario en el punto primero, que el autor desarrolla en dieciséis párrafos. Tras exponer la *ethimologia* del término y las propiedades atractivas del *succino*, describe *el modo de comunicar la Maquina en donde se frota un vidrio, y sea sentando la mano o metiendo entre la mano y el vidrio una almohadilla de seda, o un pedazo de badana, por beneficio de una rueda que se hace voltejar sobre su exe, y estando pendiente una cadenilla, esta recibe el efluvio y por todo su largo lo comunican a cuantos la toman. De lo cual se manifiesta que la electricidad es una participación de la virtud eléctrica residente en el cuerpo eléctrico.* Continúa la descripción de circunstancias del montaje: cordones de seda, banquillo, que el cuerpo que se quiere electrizar *no toque el suelo, etc. También requiere esta Maquina otra notable circunstancia, y es que no todos los vientos son proporcionados para sus experiencias.* La humedad del ambiente la asocia a diferencia entre distintas direcciones del viento en días nublados, *pero si ay vientos al Norte, Noroeste o Leste sin nube, a pocos movimientos de rotación del vidrio se ve entre el y las manos frotantes el Phosforo de luz ...arroja a cada golpe una chispa de luz que da un sonido muy tenue y varía segun los cuerpos; pues en unos de excitarse la chispa a apagarse no hai distancia; y en otros se ve correr y durar bastante.* Indica las sensaciones de un hombre electrizado: *ni siente frio ni calor ... si tiene en las manos una barra de azero en sus puntas se ve que las chispas salen rectas...* Introduce consideraciones históricas: *Giberto, ... la colección de Magdeburgo...El famoso Boyle descubrió la conservación de la virtud eléctrica en el vacio... Pero Mons du Fay observó que a excepción de los Metales todos adquieren la electricidad por frotación ... y que todos pueden electrizarse por comunicación de otro cuerpo eléctrico.* Posteriormente incluye la crítica de diversas opiniones de algunos autores: *que en la frotación de los cuerpos se agitan sucesivamente sus partes las que mediante su elasticidad conservan por algún tiempo su movimiento que se imprimió: este es vibratorio porque es el que naturalmente se excita en el cuerpo eléctrico cuyas partes son movidas sucesivas y alternativamente,... descubre los poros del cuerpo eléctrico de lo que resulta tambien una emanación sucesiva y alternativa de materia subtil,... y del mismo modo hiere al Ayre immediato el qual del mismo modo se comprime y se dilata.* Sin embargo, a esta teoría que *se acerca mas a la verdad,* pone un reparo: *pero tambien esto es contra la electricidad en el vacio.* Tampoco acepta la opinión de los torbellinos, *no del ayre, sino de materia subtil que con la frotación giran alrededor de los cuerpos eléctricos.*

Tras lo cual realiza una exposición sobre la naturaleza de la electricidad que, por su interés, transcribimos el párrafo completo. Consideramos que, por tratarse de la conclusión de un punto de examen de ingreso, el aspirante muestra con detalle el estado de la cuestión en ese periodo, lo que nos permite obtener información adecuada:

*La electricidad no es otra cosa, que el estado de un cuerpo que incesantemente recibe los rayos divergentes de una materia subtilísima, al mismo tiempo que por todas sus partes dexa salir rayos divergentes de la misma materia, es como el origen de esta, y el termino de aquella; y como la afluencia de una ocasiona la efluencia de la otra, el remplazamiento conserva también la duración de las emanaciones. Todo pues consiste en la afluencia y efluencia simultanea de esta materia subtilísima existente en todas partes, capaz de atraer y repeler los leves, y de inflamarse con el choque de los propios rayos que salen y entran en forma de copudos ramilletes o penachos. Así la electricidad se manifiesta de dos modos: el primero por el movimiento alternado de atracciones y repulsiones; el segundo por una especie de inflamación que resulta del choque de las dos corrientes de materia, con el cual se deserredan las partículas del fuego elemental de la materia salinas o sulfúrea que contienen, y se oponian a su expansión. Las dichas dos señales no siempre se observan juntas: la primera se ve con más frecuencia que la segunda. De una y otra se observan muchos Fenomenos, pero todos pueden explicarse por este concepto de Materia subtilísima afuente y efluente, a un mismo tipo y por una misma línea. En la contestación a las réplicas del socio Sr. Lorite aclara algunos detalles y se reafirma en su exposición, si bien en la oración final confiesa respetuosamente, que son mui delicadas las doctrinas con que el Sr. Lorite me enseña, por las que repitiéndole mil gracias ruego a V.S<sup>a</sup> que perdone mis ineptias.*

Nos planteamos si hay base suficiente para deducir, desde la perspectiva actual, que la materia sutilísima que provoca atracciones y repulsiones sea una declaración precursora de la acción del campo eléctrico, o simplemente es un modo de justificar la transmisión a distancia. En nuestra opinión, al igual que el recurso del *ether* en otros campos, no podemos considerar que sea una formulación previa a la teoría del campo eléctrico. Al desconocerse la estructura eléctrica de los componentes atómicos, el autor necesita explicar racionalmente los fenómenos observables por medio de las emanaciones de una materia *subtilísima* con que justifique la atracción y repulsión entre cuerpos a distancia y otros efectos. La diferencia conceptual estriba que la acción del campo es debida a una perturbación del espacio circundante, mientras que el éter es un medio material que



tiende a ocupar el entorno. Por eso la característica del éter, repetida en las disertaciones, es su capacidad elástica.

Como ya hemos indicado en otras cuestiones expuestas en la Regia Sociedad, además de la argumentación de las proposiciones basadas en el conocimiento de la época, lo más relevante quizás sea la aplicación de un método racional basado en observaciones experimentales. Este espíritu se trasluce en la exposición de los puntos de examen.

Para compendiar el desarrollo de la electrostática en la Regia Sociedad hemos elegido como ejemplo final la exposición del socio Rodríguez Vera recogida en las Memorias de 1792 en que enumera un conjunto de proposiciones. Tras indicar en la introducción *la Sociedad que por todos los medios posibles procura los verdaderos progresos en física y medicina...*, establece los siguientes enunciados acerca de los fenómenos eléctricos:

*I.- El flujo eléctrico goza de virtud atractiva y repulsiva, originada quizás de la tendencia que tiene a equilibrarse... Para demostrar la virtud atractiva y repulsiva del fluido eléctrico se valió de algunos de los mas comunes, como el de acercar materia pulverizada al conductor, el cual la atrae y después repele,... Hizo que las campanitas de un campanario eléctrico se tocasen por si mismas,... verificándose en todos estos experimentos que los cuerpos ligeros eran atraídos y repelidos de tal manera que iban de los electrizados a los que no lo estaban y de estos a aquellos.*

*II. Es verdadero fuego. El fluido eléctrico, es lumínico y es magnético no son otra cosa que fuego combinado con el agua, el ayre y la tierra. Se demostró haciendo inflamar una porción de espíritu de vino y encendiendo una vela con las chispas que despedía el conductor.*

*III. Acelera el movimiento de los fluidos por los tubos capilares. Se demostró con una fuente cuyo salidero es un tubo capilar ... cuando la maquina se electrizaba la fuente salía el agua con mayor violencia. Para mayor hermosura y variedad se introdujo espíritu de vino y se inflamó, con lo que se formó una hermosa fuente de fuego, cuyo saltadero subía sensiblemente luego que se electrizaba el aparato.*

*IV. Acelera el pulso. ...por ser una consecuencia de la que antecede ... se hizo patente contando las pulsaciones de uno de los concurrentes... después de electrizado se le aumentó de tal modo que en un minuto daba 15 pulsaciones mas.*

*V. Aumenta el calor animal. ... De las proposiciones dichas se sigue claramente que el fluido eléctrico aumenta el calor animal.*

*VI. Merece precaución la conmoción eléctrica por los daños que puede ocasionar.*

*Presentó prácticamente al teatro los distintos métodos que hay de electrizar, aun el últimamente inventado....aislando la parte del cuerpo por cartones plateados... Haciendo sufrir a un paxaro la conmoción eléctrica de una batería de ocho botellas, aun no tan cargadas que pudiera quedar muerto.*

En esta disertación, además de considerar el fluido eléctrico como combinación de los cuatro elementos materiales clásicos, se citan dos aparatos empleados en presencia de los concurrentes pero que las actas no describen, aunque su fundamento quizás pudiera haber sido justificado a los asistentes. En la bibliografía científica de la época se encuentra ampliamente difundida la utilización del campanario eléctrico y de la botella de Leyden citados.

### **2. Beneficios para la salud**

Por la orientación médica de la Sociedad, además de las disertaciones sobre la naturaleza y propiedades de los fenómenos eléctricos y la realización pública de distintos tipos de experiencias, se incide repetidamente en la utilidad sanitaria, ya sea con carácter general sobre los beneficios de los efluvios eléctricos sobre la salud (1779, 1788, 1797) o como remedio para enfermedades específicas. Entre estas destacan las manifestaciones favorables a la perlesía -debilidad muscular con limitación de movimientos- (1754, 1755, 1775, 1799). Tal vez el título más llamativo sea el punto desarrollado por el Sr. Matoni: *Si puede ser auxilio en la impotencia viril para satisfacer el débito conyugal* (1785), sin que nos quede constancia si el método fue alguna vez aplicado y con qué resultados.

Durante el mes de mayo de 1779 se refieren distintas sesiones de experiencias eléctricas en la Sociedad. Las actas recogen que el día 20 el Sr. Matoni leyó la disertación: *Sobre la virtud eléctrica y su aplicación a los usos médicos: ... después pasó a hacer algunos experimentos sobre una máquina (que él mismo trajo) de nueva invención hecha por los modelos de las ultimas de Inglaterra y que dan la fuerza y el movimiento con un vidrio plano en lugar del globo de las antiguas y asegura el dicho profesor que había hecho ensayos competentes con más prontitud y actividad que el globo... pero se haya la atmosfera tan poco dispuesta por la humedad del aire.* Estas circunstancias no son extrañas, por lo que los condicionantes atmosféricos limitan la realización de experiencias: *En los ensayos que estaban premeditados en la maquina Electrica, la humedad imprevista debilitó de tal modo la fuerza de la electricidad, que se frustraron las esperanzas del concurso.*

También en Sevilla, las experiencias eléctricas, por sus aplicaciones y vistosidad, suscitan la curiosidad de amplios sectores. Ya sabemos de la asistencia de médicos, cirujanos, farmacéuticos y público general a los actos académicos; sin embargo, el día 24 de mayo de 1785 se recoge en acta la noticia del interés de las clases nobiliarias ilustradas por asistir: *El Duque de Híjar había significado que tendría gusto de oír algún discurso tocante a la phísica, ... si el jueves inmediato se podría repetir algunos experimentos tocantes a la electricidad.* Con este motivo, el día 27 el Sr. Matoni hizo un discurso preliminar para dar principio a experimentos eléctricos... y se actuó con la maquina no de globo sino de planisferio y se vieron varios curiosos efectos bien de atracción bien de repulsión ... A su Excelencia le cupo a experimentar por si mismo. El Sr. Matoni hizo ver que el fuego producido y desenvuelto con la simple frotación del vidrio tenía todas las propiedades de tal. Manifestó la velocidad de propagación, sus intercepciones, fuerza impulsiva y la atracción de los cuerpos eléctricos. Desconocemos si por algún método propuso cuantificar la velocidad y fuerza enunciada o simplemente, como es más probable, se limitó a mostrar el efecto.

### **3. Evolución histórica**

Consideramos que el compendio en seis epígrafes transcrito anteriormente da una visión resumida del estado científico del tema a final del siglo XVIII. Todas las experiencias relatadas anteriormente corresponden a la electrostática, aunque preludian el avance hacia el electromagnetismo del siglo XIX. Ya en 1780, Galvani (1737-1798) descubre accidentalmente que distintos metales en contacto producen una corriente que aplicada a un músculo animal provoca su contracción. Las primeras experiencias de corriente continua son debidas a Volta (1745-1827), inventor de la pila eléctrica compuesta por discos metálicos (apilados) de zinc y cobre separados por láminas con electrolitos, que unidos a un circuito exterior generaban una corriente temporalmente duradera.

Oersted (1777-1851) establece empíricamente la relación entre electricidad y magnetismo: una aguja imantada situada en las proximidades de un conductor rectilíneo por el que circula una corriente eléctrica se orienta perpendicularmente al mismo. Ampere (1775-1836) formula teóricamente en 1822 esta relación. Es decir, en términos actuales, la electricidad genera campo magnético. Por su parte, Faraday (1791-1867) descubre que, si en el seno de un campo magnético externo se gira una bobina conectada a un circuito, entonces se induce una corriente eléctrica alterna en dicho circuito. Este es el origen de los generadores y centrales eléctricas actuales y, por

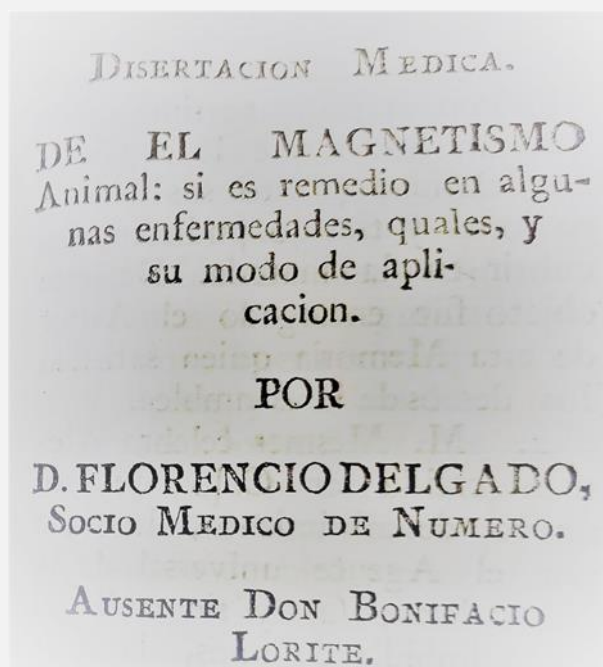
## FENÓMENOS ELECTRICOS

extensión, del sistema doméstico e industrial. Posteriormente, J. C. Maxwell (1831-1879) formula las interrelaciones entre los campos eléctricos y magnéticos, y unifica la teoría del campo electromagnético. Quedó así definitivamente establecido que electricidad y magnetismo constituyen manifestaciones de una misma realidad que denominamos electromagnetismo. Una derivación es la electrónica, desarrollada a lo largo del siglo XX, y que ha posibilitado los actuales sistemas de información y comunicación.

Se resalta, por tanto, la conexión histórica desde el origen de las antiguas disertaciones y experiencias descritas en este texto, con el estilo de vida actual a través de múltiples investigadores de los siglos XIX y XX.

## Capítulo XI

### MAGNETISMO



Disertación sobre el magnetismo animal



## SOBRE MAGNETISMO

Existen pocas disertaciones conservadas sobre el imán en la Regia Sociedad durante el siglo XVIII. Solo referencias a los cuerpos magnéticos en el desarrollo de otros temas, algunas de ellas orientadas principalmente hacia las propiedades medicinales. Además, encontramos una curiosa exposición sobre el controvertido tema del magnetismo animal.

### 1. De la piedra imán

En 1787 el socio González Centeno expone la disertación médica *Porqué la piedra imán es remedio en algunos dolores; y si hay señal precisa que dirija para la aplicación de estos tópicos y no de otros*. En la primera parte, tras unas referencias etimológicas y geográficas, expone distintos dictámenes sobre *las causas de la virtud magnética, a saber atractiva, directiva, medicinal y comunicativa*. El autor recopila las opiniones, a lo largo de la historia, de un conjunto de filósofos naturales. Así, para los seguidores de Epicuro, es debida *a la atracción de los atomos despedidos del iman se conforman con los que salen del hierro, encontrándose en el espacio intermedio, siendo como anzuelos...* Para Kircher *está en la naturaleza del magnetismo universal por el que los cuerpos atraen a sus semejantes y continuamente están aproximándose*. Según Andrés, *consiste esta virtud en las sales acidas y alcalinas de los cuerpos*. Para los cartesianos, *la directiva consiste en una materia sutil, cuyas partes íntimamente unidas salen continuamente por un polo, el Meridion, para entrar por el opuesto o Septentrional... pasando por los poros paralelos de su cerco que están formados como agujeros propios para recibirlos*. El P. Maignon rebate *este sistema y establece por causa las simpatías*. El ponente acumula otros dictámenes: Peregrino, Agricola, ..., Cabeo *pone un motor universal que así como inclina los graves al centro de la Tierra, así inclina el iman al Norte, por lo que sin otro agente intrínseco es llevado naturalmente hacia el*. Por fin cita a Boyle *que con su experimento prueba que la virtud de esta piedra no está en su misma sustancia, pues aplicada al fuego se pierde aquella*

*en toda su extensión, y el hierro imantado sin alteración alguna de su ser, conserva mucho tiempo la virtud comunicada.*

Lamentablemente en el archivo no se conserva el manuscrito de la disertación presentada por Juan M. Álvarez en 1779 titulada *Si la electricidad es cosa residente en los cuerpos. Causa del sentido del movimiento de los imanes*. Descartamos que la intención de asignar en una misma exposición electricidad y magnetismo esté motivada por la vinculación entre ambos; consideramos que es simple coincidencia. Entre las propiedades de la electricidad expuestas anteriormente no figura la de dirigir el sentido de los cuerpos magnéticos, lo que es apropiado, al considerar que en la época todavía no se ha establecido relación entre tales manifestaciones. Como hemos indicado en el capítulo anterior, hasta 1820 no descubre Oersted la acción de la corriente eléctrica sobre los imanes, por lo que debemos considerar que el título de la disertación comentada es casual y no causal. Ya hemos señalado que el concepto de electromagnetismo no se desarrolla hasta el siglo XIX.

## **2. Del magnetismo animal**

No puede extrañar que en 1786 la Regía Sociedad incluyera entre sus actos una disertación teórica sobre el magnetismo animal. Era la teoría de moda en los salones de París, extendida a los ambientes cultos de Europa. Su propagador, F. A. Mesmer, justificaba la curación de enfermos mediante un fluido magnético etéreo. En 1784, el rey Luis XVI encarga a la Academia de Ciencias la creación de una comisión científica que estudiara esta materia. Las conclusiones de la comisión fueron que no se podía detectar la existencia de este nuevo fluido ni su efecto sobre los pacientes. Sin embargo, la credulidad de aquella época era similar a la moda de las pulseras magnetizadas que hace solo unas décadas se popularizaron como remedio de todo tipo de dolores y con la misma base científica.

D. Florencio Delgado presenta las características del supuesto magnetismo animal, aunque podamos suponer que el disertador se limita a exponerlo sin asumir su veracidad: *Fluido universalmente esparcido, ... de influencia mutua entre cuerpos celestes, terrestres y cuerpos animales. Es continuo y no sufre vacio alguno, su sutileza no tiene comparación alguna. Es capaz de recibir, propagar, y comunicar todas impresiones del movimiento: es susceptible de flujo y reflujo. Se reconocen en el cuerpo propiedades análogas a las del imán: polos diversos y opuestos.*



*La acción y virtud del magnetismo animal pueden ser comunicadas de un cuerpo a otros cuerpos animados o inanimados. Esta acción tiene lugar a distancia remota, sin el socorro de algún cuerpo intermedio. Ella es aumentada y reflejada por los cristales, comunicada, propagada y aumentada por el sonido. Esta virtud puede ser acumulada, concentrada y transportada.*

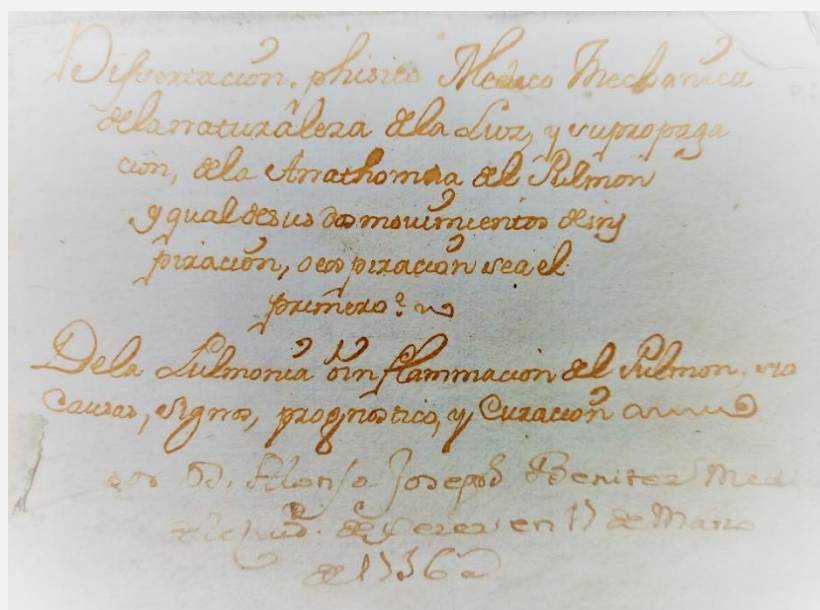
Como no hemos encontrado una disertación que expresamente indique las características de los imanes, podemos elucubrar que las que se asociaban al magnetismo animal quizás sean, precisamente, traslación de las que realmente se asignaban a los fenómenos de los cuerpos magnéticos. De ahí su nombre.

Al tener la Regia Sociedad orientación experimental, propuso valorar uno de estos tratamientos terapéuticos; consta que se comisionaron algunos socios para asistir y participar en algunas sesiones en un ambiente esotérico. Se concluyó que todo era *sugestión* o *fingimiento*, por lo que el magnetismo animal solo era *fantasía*.



Capítulo XII

SOBRE LA LUZ Y LOS COLORES



Disertación Phisico Medico Mechanica de la Naturaleza de la Luz y su propagación

LA LUZ

## **SOBRE LA LUZ Y LOS COLORES**

**E**l conocimiento de la naturaleza y propagación de la luz es una cuestión debatida por academias europeas a lo largo del siglo XVIII, y es motivo de reiterada explicación en la Regia Sociedad.

### **1. Consideraciones históricas**

Newton en *Optica* indica: *mi propósito no es explicar las propiedades de la luz mediante hipótesis, sino exponerlas directamente para probarlas mediante el razonamiento y la experiencia*. Es decir, las hipótesis son aproximaciones explicativas de los fenómenos, para sugerir la realización de experimentos, pero nunca pueden prevalecer contra el conocimiento experimental. La teoría corpuscular de Newton explicaba la propagación rectilínea, la refracción y la reflexión de la luz, aunque no las interferencias ni la difracción. Simultáneamente, Huygens elabora la teoría ondulatoria por la que *la luz emitida estaba formada por ondas mecánicas que se propagaban por un medio incorpóreo llamado éter*. Cada punto alcanzado por la onda luminosa actúa como centro emisor de ondas secundarias. A pesar de sus carencias, el prestigio de Newton logró que la teoría corpuscular fuera preponderante a lo largo del siglo XVIII. Aun así, en algunas disertaciones, posteriormente comentadas, parece prevalecer, con una redacción en ocasiones ambigua, una postura ecléctica: corpúsculos etéreos vibratorios.

Como hemos indicado previamente, dada la dedicación médica de la Regia Sociedad, es frecuente encontrar referencias de la utilidad a los distintos campos de la física como remedio para la salud. Por ello, nos parece extraño no encontrar entre las disertaciones ninguna relativa a las aplicaciones de la óptica a la visión. Las disertaciones tratan sobre la naturaleza y propagación de la luz, pero salvo alguna alusión, no analizan expresamente de utilización de lentes correctoras para la percepción lejana o para la lectura.

## LA LUZ

La construcción y utilización de lentes se desarrolla en Europa a lo largo de la Edad Media. Históricamente, Abbás Ibn Firnás, en el periodo andalusí (siglo IX), descubrió un método de moldear y pulir cristales, por lo que se le considera precursor de la construcción de lentes. En el siglo XIII, Roger Bacon describió la utilidad de la utilización de vidrios lenticulares para la visión y recomendó sus diversos usos. Kepler, a principios del siglo XVII, elaboró la teoría acerca de las lentes esféricas.

Los miembros de la Regia Sociedad probablemente conocieran la obra de Benito Daza Valdés, publicada en Sevilla en 1623. Daza, cordobés afincado en Sevilla, es el primer autor en lengua castellana que describe las propiedades y condiciones particulares de los ojos y su corrección por medio de los cristales cóncavos y convexos. El largo título de su libro es indicativo del contenido: *Uso de los anteojos para todo genero de vistas en que se enseña a conocer los grados que a cada uno le faltan de su vista, y los que tienen cualesquier anteojos y así mismo a que tiempo se han de usar, y como se pedirán en ausencia, con otros avisos importantes a la utilidad y conservación de la vista*. La obra está dividida en tres libros. El primero describe el funcionamiento ocular y sus defectos; el segundo, trata de los remedios de la vista por medio de los anteojos; el tercero en forma de dialogo resalta la ventaja de unir la técnica con los saberes teóricos de óptica. Daza emplea un procedimiento empírico basado en la ampliación de la imagen de una figura respecto de otra de referencia que le permite determinar monocularmente la potencia adecuada de las lentes para la graduación de la vista. Además, describe el fundamento de algunos instrumentos ópticos de su época.

Consideramos que la aportación novedosa de Daza al conocimiento y aplicación médica de la óptica física en el siglo XVII, así como el sistema original de asignar los anteojos adecuados a cada tipo de deficiencia, merece el reconocimiento en la historia de la ciencia española.

### **2. Naturaleza de la luz**

Ya hemos indicado que, en la disertación sobre a frialdad, el autor Fernández de Castilla (1741) incluye interrogantes sobre diversas materias, entre ellas algunas acerca de la propagación de la luz:

*Si la Luz es accidente distinto, porque quando cae en un cuerpo opaco y reflecta, es el angulo de la deflexión igual al angulo de incidencia? Porque la Luz cuando cae obliquamente en un cuerpo diaphano de dibersa densidad no pasa por la misma línea que vino, antes se alexa de ella, acercandose o desviándose de la perpendicular?*

*Porque los rayos de luz, pasando de un medio denso a un medio raro, como el agua a el ayre se aparta de la perpendicular; y pasando del raro al denso, como del ayre al vidrio padecen refracción acercandose a línea perpendicular?* El autor de la disertación está describiendo el comportamiento geométrico recogido por las leyes de la reflexión y refracción formuladas por Snell, aunque ignoramos si las conocía previamente o solo planteaba una situación directamente observable (es el juego infantil de “romper” un lápiz al dejarlo apoyado en el interior de vaso con agua). La refracción es el cambio de dirección que experimenta la luz al incidir oblicuamente sobre la superficie de separación de materiales transparentes distintos. Geométricamente, el cociente del seno de los ángulos de incidencia y refracción es igual al recíproco del cociente de los índices de refracción del primer y segundo medios. Hoy sabemos que la luz se propaga con diferente velocidad en medios distintos y esto determina el valor del índice correspondiente.

El socio Sr. De Flores presenta, 1745, en la Regia Sociedad lo que actualmente llamaríamos una revisión bibliográfica sobre óptica, aunque lamentablemente solo contamos con el extracto realizado por el secretario. La introducción del extracto fija: *Para aclarar cuanto se observa en sus movimientos reflexo y refracto presentó una disertación a la Sociedad el Dr. D. Joseph M. de Flores cuyo título era Del movimiento de la luz, su dirección y propiedades.* El autor determina inicialmente: *De la luz se sienten sus influjos, no se conoce su ser; ha dado a discurrir a todos los Philosophos, siendo su pensamiento más obscuros, quanto mas [¿lucidos?].* Sin embargo, a pesar de la diversidad de opiniones e incertidumbres, el autor justifica los beneficios para la visión por la analogía entre los ojos y los instrumentos experimentales: *La Optica, que da argumento a este discurso, contribuye quanto es posible a los progresos Phisicos, instruyendo en la razon la estructura de los órganos de la vista, sus partes, usos, afecciones, correcciones, no pudiéndose dudar de que la analogía de que gozan con los vidrios lenticulares, ojo artificial y cámara catadioptrica se explican con felicidad todos los phenomenos, y como lo socorre este arte atendiendo las leyes de refracción que padecen los rayos luminosos en los humores de los ojos, bien que la visión no puede explicarse con entera exactitud.* A continuación, el resumen del secretario indica *... si bien el propio autor aclara que no es un discurso del movimiento y propiedades de la luz, sino una verdadera historia de la propagación y afecciones que padece. El autor examina quanto escribieron de Optica los sabios Newton, Miaran, Riceti, ... y otros celebres Matemáticos de este siglo. Corrigiendo muchos de sus cálculos en que*

*por equivocación de alguno de estos sujetos, establece un sistema sólido, claro y específico de todas las propiedades y movimiento de la luz. Sin que el resumen recoja los detalles del sistema propuesto.*

Tras una descripción de los distintos dictámenes, consta: *El Author se abstiene de dar la idea phisica de este ente, afirmando no poseemos como thesis precisa para el estudio matemático de la luz: saber si sea sustancia o accidente, si consista en movimiento vibratorio, en efluvios o globulos ethereos, si en presión o atracion que son las hypothesis más famosas de los Philosophos, sin las cuales son ciertas y seguras las demostraciones.*

En 1754, D. Pedro Muela y Molina presenta la disertación *Que sea la luz y como se comunique*. En la Introducción hace una revisión histórica: *entro a aprontar opiniones por si acierto la mas probable. El primero que examino hablando de la luz es Aristoteles: ... una qualidad entitativa o absoluta que informa los cuerpos diafanos como tales... muchos filosofos modernos como Renato Descartes, Fan<sup>co</sup> Caro, Fan<sup>co</sup> Boyle, Gasend, los RRPP Maignon y Sequens, ... combienen que la luz es una substancia corpórea material con sus afecciones o propiedades que como a tal corresponde impenetrabilidad, moverse en línea recta, refractar, ... suponen infinidad de corpúsculos minucisimos de inexplicable sutileza y agilidad, adornado desde el principio por el Criador de un movimiento continua vibratorio velocísimo y de estos se componen el sol, la llama, ... Otros aseguran consistir la luz en un movimiento agitadisimo del ether por el violentísimo y rapidísimo por los corpúsculos componentes del fuego. Según estos la luz es su origen fuego y en su continuación ether agitado. Posteriormente muestra el carácter de opiniones radicalmente opuestas bien sea cualidad o accidente, o bien substancia.*

La segunda parte de la disertación la dedica el Sr. Muela Molina a *como se comunique la luz*. Expone el mecanismo de la visión: *supuesto de consistir la luz en un trémulo vibratorio movimiento de los corpúsculos ethereos y suponiendo que esta sutil globulosa materia etherea sea un agregado contiguo por todo el medio diafano hasta nuestros ojo, se haze asequible que luego que las partículas etheras cercanas al sol, u otro luminoso, sean vibradas por los atomos sutilísimos semoventes (de que se componen) participen in instanti, o quasi instanti, del mismo movimiento a los corpúsculos y immediatos a nuestro sentido hasta la retina membrana de nuestro órgano que por su densidad y opacidad no pueden penetrar los rayos de luz, y en donde*



*se hace la impresión de los objetos visibles, pero esto con tanta violenta vibración que la llamamos con motivo instantánea.*

En 1756, Joseph Benitez presenta *La naturaleza de la luz y su propagación*. Como es habitual hace una mención de los distintos sistemas: *Es común sentencia de los más verdaderos filosofos decir....* En distintos párrafos cita propuestas sobre la *naturaleza etherea que emanando... o ... el sustancial efluvio del cuerpo lucido...* El autor establece: *este movimiento debe ser vibratorio para entrar tan grande analogía que ai como es de ver a la experiencia entre luz y sonido; luego la luz consiste en un movimiento vibratorio de una substancia subtilisima... Contra esto responde D. Newton y dice que si la luz consistiera en la presión propagada por el medio fluido su propagación no habrá de ser rectilínea... Porque la presión o movimiento en el medio fluido no podra propagarse en líneas recta mas alla del obstáculo que impida alguna parte en su movimiento....* Tras analizar distintos fenómenos y opiniones, el ponente concluye manifestando su postura: *queda probado que la luz consiste en el movimiento vibratorio que las partículas del cuerpo lucido imprimen en cierta substancia subtilisima, fluidísima y elástica y que por este se propaga.*

Obsérvese que, de forma reiterada, se postula la existencia de un medio material soporte, el eter, única justificación aceptable en la época, de la transmisión de la luz. E incluso, se llegan a establecer analogías entre la propagación de la luz y el sonido, cuando ya era de conocimiento general que el sonido no se propaga en el vacío.

Actualmente, las discrepancias tradicionales entre seguidores de Newton y de Huygens han quedado superadas por la teoría de la dualidad onda-corpúsculo. Así, toda partícula en movimiento lleva asociada una onda, y viceversa. La partícula luminosa se denomina fotón, de masa en reposo es nula, asociada a una onda electromagnética. Según la teoría de la relatividad de Einstein, (1879-1955), la velocidad de propagación de la onda electromagnética en el vacío es la máxima alcanzable para la transmisión de cualquier fenómeno físico. Las ondas electromagnéticas se pueden propagar por el vacío sin necesidad de un medio material (ejemplo, la luz solar por el espacio).

La dualidad onda-corpúsculo es uno de los fundamentos de la mecánica cuántica y la constancia de la velocidad de la luz lo es de la teoría de la relatividad. Ambas ramas son los pilares de la física moderna.

### 3. Sobre el color.

Hasta el siglo XVII se consideraba que los colores se obtenían por las distintas mezclas de claridad de la luz y materia oscura. El decisivo experimento (1666) por Newton de descomposición de la luz blanca a través de un prisma, conduce a obtener los colores del arco iris. Conforme con su concepción corpuscular de la luz, esto lo indujo a considerar que los colores correspondían a distintos tipos de corpúsculos que se unían para formar la luz blanca.

La primera disertación física que se encuentra citada en los anales de la Regia Sociedad es en 1725: *Leyó de los colores el Sr. D. Juan Barragan a quien hicieron diversas instancias que satisfizo*, sin que se conserve el legajo correspondiente.

En la disertación sobre *Extensión y divisibilidad de la materia*, el socio Martín Manzano (1760) incluye, entre otras, una experiencia sobre el color del agua teñida con carmín. Describe la experiencia en que el color se extiende de manera que todo el volumen de agua aparece sensiblemente teñido. Al dar la explicación del fenómeno expone la teoría de la naturaleza de la luz:

*Los cuerpos contribuyen en cierto modo a los colores que nos parecen revertidos, respecto de la luz que es el principal agente, pero no absoluto de este mecanismo. Esta tiene en sí todos los colores que se observan y en todos los grados. Tiene también la luz un movimiento vibratorio y transmisivo en el que, previa reflexión y refracción, propagan los colores desde la superficie de los objetos que aparecen colorados hasta los órganos. ... Es preciso que se dé en tal objeto alguna cualidad o disposición que sea propia para reflejar y transmitir las partículas de aquella luz que corresponden a su color, con exclusión de todas las demás*

*. ... Porque estando los colores en la luz y teniendo movimiento de traslación que realmente transporta los globulos del cuerpo luminoso a los objetos visibles y de estos objetos hasta nuestros ojos.... Las superficies reflexantes son conjuntos de partes sólidas que hacen saltar delante de ellas la luz que viene a golpearlas, ... tienen sus poros llenos de luz para reflejar la que cae sobre ellos.* Evidentemente, al desconocer que cada color del espectro corresponde a la energía de una frecuencia característica no es posible explicar el color “propio” de cada cuerpo. Esto solo se lograría al avanzar, ya en el siglo XX, en el conocimiento de la estructura atómica de la materia y el poder emisivo de la misma.

De la explicación sobre la naturaleza de la luz, podemos deducir que, según el autor, el mecanismo de la visión se justifica porque la luz tiene un movimiento que al golpear

sobre una superficie traslada los glóbulos de colores de los que está compuesto el cuerpo hasta los ojos. Aunque no lo aclare expresamente parece sugerir que el movimiento de los corpúsculos es rectilíneo y no es un movimiento ondulatorio. Existe, por tanto, discrepancia entre el modelo de visión expuesto en esta disertación (1760) respecto del manifestado en 1754, prueba de la actualización y diversidad de formación de los socios.

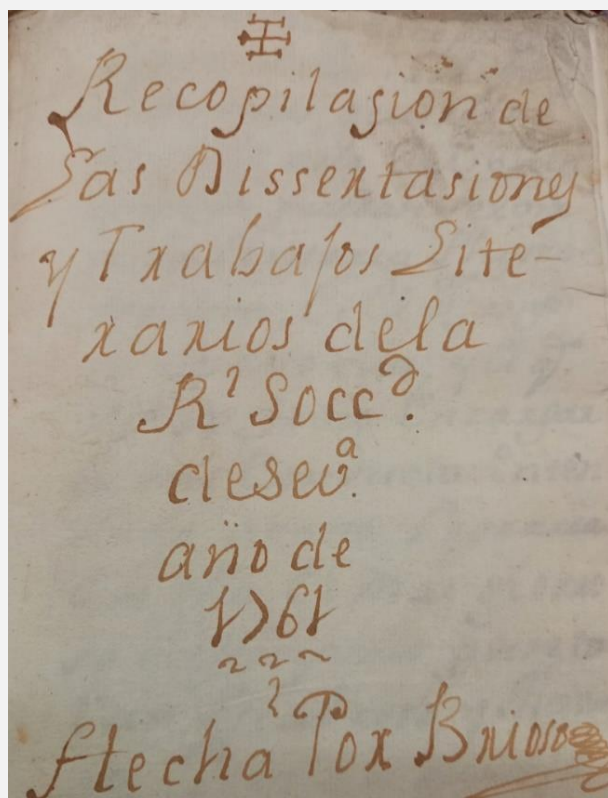
Entre las materias que incluye la sesión de experiencias en 1765 por D. Joseph Correa también se realizan algunas *pertenecientes a la luz o de aparición y resulta de los colores*, sin que podamos conocer el detalle de las mismas.

Metodológicamente es destacable en el capítulo que la exposición teórica sobre la formación de colores se enlace con la explicación de la naturaleza de la luz, y ello basado en los resultados de las experiencias.



Capítulo XIII

PROPIEDADES DE LA MATERIA



Recopilación de disertaciones (1761)



## PROPIEDADES DE LA MATERIA

**E**n este breve capítulo se incluye el comentario de algunas disertaciones que hemos agrupado bajo el título de “Propiedades de la materia”. Corresponden a distintos enfoques y contenidos, complementarios a los referidos al comportamiento de los gases y de los líquidos ya expuestos.

A lo largo de los capítulos precedentes hemos hecho referencia a la concepción de la materia compuesta por los cuatro elementos clásicos -agua, aire, tierra y fuego- a los que, para justificar determinados fenómenos, se añade el éter. En solo dos siglos, la posterior evolución científica nos conduce al descubrimiento y caracterización de la estructura atómica de los elementos, con identificación de las partículas elementales; en las últimas décadas progresa el estudio del comportamiento de materiales bajo diferentes condiciones, incluso con reducción hasta escala atómica: nanotecnología.

### 1. Extensión y divisibilidad

En los legajos de 1760, D. M. Manzano expuso la disertación *Extensión y divisibilidad de la materia en los sentidos Matematicos, Phisico y Practico*. Introduce una primera clasificación: *Que hay dos generos de extensiones, conviene saber: Una matemática distinta de toda materia que por otro nombre se llama espacio y por consiguiente esta extensión es propiamente el vacuo...* A continuación, plantea las preguntas iniciales sobre la divisibilidad de la materia que centran su intervención, como una reflexión filosófica: *La célebre cuestión phisica: Si acaso los cuerpos materiales extensos pueden ser divididos en infinito con las fuerzas de las Artes, ... Si entre estas partes separables ay algunas que puedan llamarse compuestas, o si sean partes no compuestas estos entes indivisibles... Lo cierto es que la experiencia no ha podido hasta hoy decidir hasta aquí la cuestión y de cuanto se ha hecho solo se infiere que los cuerpos no pueden dividirse hasta el infinito, sino hasta ciertos términos que en llegando a ellos no basta fuerza de la naturaleza... la divisibilidad físicamente posible o no al infinito es un afan del*

## LA MATERIA

*Sistema que ofrece probabilidades en pro y en contra. ... no se puede negar al menos una multiplicidad de partes actualmente separables.*

Consideramos que el mayor interés de su intervención es la metodología científica establecida en cuatro fases: *Experiencia* en que describe brevemente el fenómeno a analizar, el *efecto* que muestra cual es la consecuencia observable, la *explicación* del proceso y por fin la *aplicación*. Así:

*Experiencia. En un pequeño recipiente de vidrio, la cavidad interna la ocupa un licor fragante y debajo se enciende una lámpara.*

*Efecto. Hervir. El vapor se extiende por la sala pero no se observa disminución del liquido al cesar la experiencia.*

*Explicación. La parte evaporable causa poca disminución al volumen...La división admirable que ha debido de sufrir la corta cantidad de licor evaporado bastará compararla al volumen de aire contenido en una sala.*

*Aplicación. La fragancia de las flores.*

Evidentemente, en la explicación falta el conocimiento actual de la agregación de la materia y del mecanismo del cambio de estado. Sin embargo, es destacable la metodología didáctica para analizar con los recursos de la época un fenómeno de la vida ordinaria pero complejo para referirlo a la divisibilidad de la materia, previa a la teoría química atómica y molecular.

En el mismo sentido, D. Gaspar I. Romero, *celeberrimo Físico Experimental de nuestra España* disertó *Sobre las partes del continuo físico en todas sus acepciones, esto es, sobre la extensión y divisibilidad de los cuerpos*. Tras un exordio con *realces en lo Político, Cristiano y Achademico* concluye: *La divisibilidad del mínimo existente en su materia..., en su división debe ser esta, no infinita sino indefinita.*

## **2. Elasticidad**

Tenemos información de la severidad de las pruebas a que estaban sometidos los pretendientes a ingresar en la Sociedad por las réplicas y contrarréplicas conservadas. En 1753, al candidato D. Juan Fernández de Mesa se le asigna el tema sobre la Elasticidad, cuya disertación es replicada por D. Juan Pérez. A la afirmación del pretendiente: *La elasticidad es parte intrínseca y parte extrínseca de los cuerpos compresos... En la intrínseca consiste en la textura peculiar de los cuerpos... y puede adquirirse accidentalmente por la misma compresión y torsión de los cuerpos que las padecen*. La contestación detallada del Sr. Pérez incluye las contradicciones de la



disertación inicial: *No puede ser intrínseca porque muchos cuerpos pierden esta virtud, ... y no es intrínseca si se puede adquirir ....*

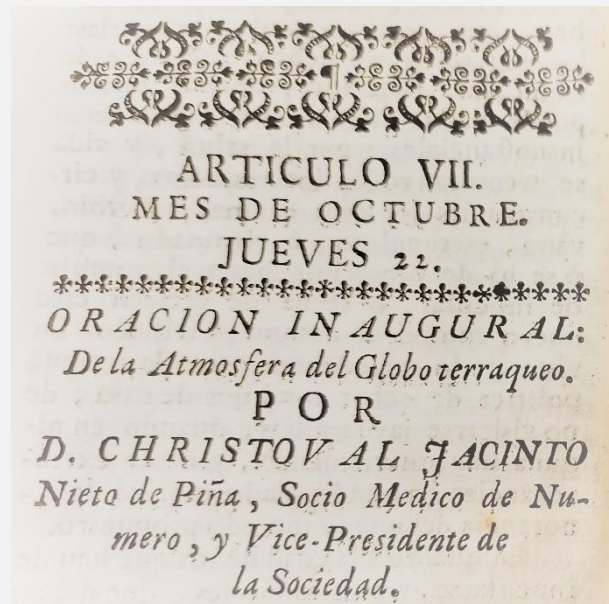
Pero donde se muestra más contundente en la réplica es en cuanto a la peculiar textura aludida por el aspirante: *Escasa información para explicar los fenómenos naturales. ... A este paso brevemente y sin ningun trabajo sabríamos el porque de todas las cosas, tendríamos la llave con que rescatarle todos los arcanos a la Naturaleza.... Porque no mas se aclara en lo físico la naturaleza de las cosas recurriendo solo a la peculiar textura de los cuerpos que la forma aristotélica como principio y raíz de todas las operaciones. Y concluye, se infiere de lo dicho que la resolución no es satisfactoria pues no explica específicamente en que consiste la elasticidad.*

Desconocemos el sentido de la defensa del aspirante en las contrarrélicas, pero debieron ser convincentes porque su nombre figura en el listado de socios de la Regia Sociedad.



Capítulo XIV

METEOROLOGÍA Y CLIMA DE SEVILLA



Oración inaugural *De la Atmosfera del Globo terraqueo*



## METEOROLOGÍA Y CLIMA DE SEVILLA

Las disertaciones relacionadas con los fenómenos meteorológicos y con la climatología de Sevilla son varias y con diversas orientaciones, lo que conlleva que este capítulo no sea homogéneo en los contenidos.

### 1. Clima y sociedad

Siguiendo las indicaciones de Hipócrates, en el siglo XVIII se consideraba que para ejercer la medicina es necesario *comprender la situación de los pueblos y los vientos que en ella reynan, ...observar la variedad de regiones describiendo los influxos de la sucesión de estaciones, las calidades de los vientos, los efectos de estos y de la repentina mutación de los tiempos con las enfermedades que de todas estas causas se podían esperar*. En este capítulo dedicaremos una sección a exponer los criterios de la época sobre clasificación climática, basada en la situación astronómica y los vientos que combaten a las ciudades. En tal sentido puede apreciarse que, en los “interrogatorios” que los geógrafos reales (Madoz, López, ...) formulaban a las autoridades locales, se asocia el estado sanitario con el clima. Además, es conveniente describir los impactos que sufre Sevilla ante la adversidad meteorológica -sequía y desbordamientos- para comprender el interés de la Regia Sociedad en el estudio del clima y buscar la explicación y amortiguar los efectos de estos fenómenos.

Las últimas secciones de este capítulo están dedicadas a la exposición de los fundamentos físicos de la meteorología de la época, con el análisis del conocimiento de las características y comportamiento de la atmósfera. Estos aspectos sociales -divulgación, predicción y sanidad- impulsan, dentro del campo de las ciencias físico-naturales, el estudio de los fundamentos científicos de los fenómenos meteorológicos y la explicación de la influencia climática en el bienestar público. Como muestra del interés de la Regia Sociedad durante el siglo XVIII por la climatología y meteorología, entre sus memorias académicas se encuentran varios discursos físicos. Además, en una

época en que la población mantiene amplio contacto con la naturaleza, la meteorología es un referente directo. Evidentemente, existen manifestaciones en la cultura popular basadas en observaciones continuadas (forma de las nubes, modificación del viento, cerco solar, modo de subir los humos, etc.) que permiten establecer localmente predicciones inmediatas correctas: sucesos de calor, previsión de lluvias, formación de tormentas, etc. Parte de este saber ha sido transmitido en refranes. Sin embargo, determinados signos atmosféricos son tomados como motivo de disquisiciones infundadas y erróneas (fases de la luna, cabañuelas, y otros sistemas adivinatorios coincidentes con el santoral, en que las condiciones de algunos días concretos sirven de base para establecer comportamientos mensuales, estacionales o anuales), e incluso interpretados de forma supersticiosa (malos agüeros, anuncio de desgracias, etc.).

Consideramos interesante mencionar el contexto climático de la época. Durante la “Pequeña Edad del Hielo”, que en la Península comprende los siglos XVI a XVIII, olas de frío van acompañadas de periodos alternativos de sequía o inundaciones. A partir de las primeras décadas del siglo XIX el régimen térmico tiende a suavizarse y las precipitaciones a regularizarse. La variabilidad del clima y la consiguiente falta de recursos ante su impacto, dan lugar a situaciones catastróficas de signo opuesto con enorme perjuicio en la población (desbordamientos, pérdidas de cosechas que generaban “hambrunas”, etc.).

### **2. Observaciones meteorológicas**

Salvo las crónicas de sucesos extremos (el impacto de inundaciones o de graves periodos de sequía, frecuentemente relatos subjetivos de cada narrador), no son conocidas con anterioridad referencias climáticas detalladas. Sin embargo, en los actos académicos de la Regia Sociedad durante las últimas décadas del siglo XVIII, hemos podido recabar noticias sobre observaciones meteorológicas cuantificadas. En 1772 encontramos la primera reseña en que relata súbitos movimientos atmosféricos: *Empezó el mes de Enero del presente año con días claros, aire Norte bajando el termómetro hasta cinco líneas: siguió así hasta el 11 por la mañana, y al mediodía repentinamente sopló con fuerza y remolinos el Sud percibiéndose algunas vocanadas tan calientes que casi fatigaban: el termómetro subió con la misma prontitud de cinco hasta doce líneas y en aquella tarde llovió, y continuó casi sin interrupción por más de 70 días.* La disertación se expone diez meses después de los sucesos relatados, y para resaltar un hecho concreto, lo que nos lleva a pensar que el autor accede a información

archivada de la que en la actualidad no tenemos conocimiento. No hemos podido deducir la equivalencia de las citadas “líneas” del termómetro e incluso podemos suponer que se refiere a líneas barométricas. Sin embargo, en otras disertaciones citadas posteriormente hemos establecido el significado de *línea* como valores de termómetros en escala Fahrenheit.

En la disertación *Causa física de las inundaciones* (Ximenez de Lorite), en relación con las circunstancias de la acaecida en 1782, se nos ofrece una interesante noticia sobre la existencia de anotaciones meteorológicas en Sevilla, previas a los registros instrumentales de Gibraltar o San Fernando. *En los cinco años anteriores hasta 1782 se sufrió una notable escasez de lluvia, de manera que conforme a los diarios y exactas apuntaciones hechas, de los 1825 días que componen aquellos, solo llovió, y no igualmente los 264, quedando los restantes sin este rocío, antes bien dominado por los vientos secos.*

Más destacable es que, en respuesta a la solicitud dirigida a la Regia Sociedad por el Procurador Mayor del Cabildo Hispalense, en relación con el estado sanitario de la ciudad, el socio Nieto de Piña publica *Memoria de las enfermedades experimentadas en la ciudad de Sevilla en el año de 1785*, y con análogo título otro ejemplar en el año 1786. Incluye información referida al número de días de lluvia de cada uno de los meses, y en el segundo escrito aporta la valoración de la intensidad percibida de lluvia diaria (*alguna agua, lluvioso, lluvia copiosa*, etc.) con las condiciones de viento e incluso registros aislados de temperatura. En nuestro criterio, el mayor interés de esta documentación es que representa la transición desde la climatología histórica tradicional, basada en la narración de efectos adversos de sucesos extremos, a la meteorología instrumental contemporánea de registros cotidianos. A título de ejemplo, seleccionamos en el mes de enero de 1786: *El día 11, agua desde muy temprano, casi todo el día y la noche. El día 12 vario. El 13, termómetro de 59 a 42 [grados Fahrenheit, equivalente de 15 a 5,5 °C], agua muy recia en la tarde y toda la noche con viento. El 14 muy nublado, sin viento...* Y así, casi todos los días del año. Finaliza realizando el resumen anual: *Salvo yerro, ha llovido en ciento siete días, la mayor parte con extraordinaria constancia y abundancia; que ha havido ciento ocho días perfectamente claros y los restantes han sido nublados mas o menos y once tormentas.* Esto le sirve, desde el punto de vista sanitario, para comparar con el comportamiento de los dos años precedentes y fundamentar la calidad de conservación de las carnes y vegetales de alimentación, así como la evolución de las calenturas, en atención a la solicitud del

Cabildo. Obsérvese que, al contrario de las temperaturas, no se utiliza el pluviómetro para la medida numérica del nivel de lluvia, sino que únicamente se refleja una escala de percepción subjetiva de la intensidad. Los resultados muestran la irregularidad pluviométrica interanual con un periodo inicial seco (1778-1781) seguido de otro progresivamente más húmedo (1782-1786). Así mismo, aunque desconocemos las condiciones reales de medida, en 1786 el rango térmico intraanual comprende desde 2 °C el día 5 de febrero a 39,5 °C el 2 de agosto.

Salvo los resúmenes citados, no poseemos información sobre la posible localización actual del original de estas apuntaciones meteorológicas, de las que hasta ahora ignoramos el periodo temporal completo que abarca y el detalle, en su caso, de los posteriores datos recogidos (o registros de otros meteorólogos aficionados). Si se encontrase archivada alguna serie numérica diaria de extensión plurianual sería un apoyo para la reconstrucción de la climatología histórica del suroeste peninsular, y ser el enlace hacia la metodología instrumental del siglo XIX. En este sentido, es posible que como ocurriera en otros Colegios de Jesuitas (Lyon, Marsella, Florencia, Praga, ...) durante el siglo XVIII se realizaran en el de Sevilla medidas instrumentales de variables atmosféricas, y que la expulsión de la Compañía frustró su continuidad y publicación. Por otra parte, en Madrid, la Real Academia Médico Matritense registró de 1734 a 1747 medidas barométricas recogidas como *Ephemerides barométrico-médicas matritenses*.

Nos ha llamado la atención el título de la disertación *De los errores que comúnmente se padecen en las observaciones meteorológicas y remedios para evitarlos*, presentada por Pedro Henry en 1793, compuesta por 72 párrafos. Lamentablemente el documento se encuentra deteriorado por la humedad, por lo que solo se conservan fragmentos legibles que impiden componer el relato completo. En la introducción parece concretar el objeto de la meteorología: *los phisicos se den con el mayor esmero a su estudio: las variaciones de la atmosfera en su calidad, peso, diversidad y humedad o sequedad, el influjo combinado del sol y la luna en ella, el efecto de estas cualidades en la vegetación y en la organización de los animales. Los periodos a que se empieza a entrever que están sujetas sus mutaciones, todo es objeto de sus indagaciones*. Más adelante describe la forma de evitar errores en los procedimientos de medida: *la que trata de determinar el peso de la atmosfera y con este conocimiento previo en quanto cabe, las mutaciones del tiempo*. No sabemos si interpretar la frase anterior como referencia de predicción meteorológica. Parece sugerir que la modificación barométrica



es un criterio que permite anticipar los cambios atmosféricos, aunque explícitamente no lo asocia a entrada de borrascas, ni previsión de lluvia.

El autor proporciona recomendaciones precisas para distintas operaciones barométricas, con tablas de correspondencia: *Para asegurar el éxito de la operación se debe... Es necesario que las escalas de ambos barómetros..., etc.*

El autor concluye: *De todo lo expuesto se sigue que sin embargo de ser la doctrina que se ha dado del uso del barómetro, suficiente para los casos ordinarios y especialmente para rectificar en la parte que le toca a las observaciones meteorológicas, ...*

En nuestro criterio, esta disertación sobre el intento de subsanar errores y unificar los métodos de medida demuestra que un grupo de personas ilustradas se dedicaban al registro de fenómenos meteorológicos.

El primer observatorio oficial en España del que se poseen registros pluviométricos continuados es el de Marina de San Fernando (Cádiz), cuyas observaciones iniciales son de 1805, aun cuando no se regularicen en series completas hasta 1817. En tal sentido, hay que destacar que las posibles observaciones efectuadas en España con antelación, por particulares o instituciones, pueden calificarse de recopilaciones interesantes, pero sin que conozcamos que tales registros dieran lugar a intercambio de información entre sus autores. No existe, por tanto, durante el siglo XVIII una red que permitiera realizar el análisis espacial por lo que, excluidas las grandes franjas climáticas descritas geográficamente en relación con los paralelos, las noticias meteorológicas contenidas en informes, crónicas y anales tienen carácter local. Únicamente la ocurrencia de sucesos catastróficos, sequías o inundaciones, debido a sus repercusiones sociales (cosechas deficitarias, desabastecimiento del trigo, etc.) merecen un tratamiento específico, aunque discontinuo, por organismos oficiales en épocas anteriores a finales del siglo XVIII.

A esta falta de información organizada con registros diarios, (al menos de precipitación, temperaturas máximas y mínimas, nubosidad y dirección e intensidad de los vientos) que hubiera podido conducir a elaborar conclusiones de las conexiones espaciales y temporales necesarias para la predicción, se une el desconocimiento de bases teóricas suficientes para la interpretación de los fenómenos atmosféricos y, como consecuencia, para la concepción del clima como fenómeno global. La Société Royale de Médecine de Francia organizó durante el siglo XVIII un sistema de estaciones para estudiar el efecto del clima sobre las enfermedades y las epidemias. La primera red de observatorios, con instrumentos normalizados, se estableció por la Sociedad

Meteorológica del Palatinado en 1780, y progresivamente se extendió por Europa Central; sin embargo, por no existir medios de comunicación rápidos (telégrafo) su función no podía incluir la previsión del tiempo.

### **3. Sobre la atmósfera del globo terráqueo**

Como hemos indicado, no pretendemos exponer detalladamente el contenido de todas las disertaciones relacionadas, cuya calidad y actualización científica es diversa. Preferimos analizar, a modo de ejemplo, aquella que nos parece más significativa, y relacionarla, en su caso, con las referenciadas. En particular, por el enfoque científico de la época hemos elegido la disertación *De la Atmósfera del Globo Terraqueo* que fue presentada como lección inaugural del curso 1772 por Cristóbal Nieto de Piña, socio médico de número y vicepresidente de la Sociedad Hispalense, y se encuentra impresa en la correspondiente memoria anual.

La disertación está dividida en dos partes. En la primera trata de la atmósfera, *su movimiento, figura y elevación*, y en la segunda, *de sus propiedades y afecciones*. En total la componen treinta y cinco párrafos en los que se analizan diversos aspectos, en ocasiones recopilando teorías de distintos autores, lo que conduce a relacionar varias ramas de la física. Su carácter divulgador nos permite averiguar el nivel de los conocimientos científicos en los ámbitos ilustrados del siglo XVIII.

#### **3.1. Movimiento, figura y elevación**

Al inicio del discurso, tras la salutación, se encuentra una aseveración filosófica sobre el globo terráqueo: *y siguiendo dictámenes mui superiores, lo considero situado en el centro del universo, en perpetua quietud*. Ignoramos si, en este punto, el disertador se limita precavidamente a exponer la posición oficial, o si realmente comparte esta idea sobre el sistema planetario. Las citas de diferentes autores sobre las materias relacionadas con la exposición, y de las experiencias de la Academia de París que se recogen en esta y otras disertaciones, demuestran que el autor no es ajeno a las corrientes científicas europeas.

Si bien la Inquisición ha perdido la actividad de épocas anteriores, todavía conserva poder, por ejemplo, para acusar (1766) a Pablo de Olavide -asistente de Sevilla y protegido real- al que se debe la propuesta de reforma de planes para impulsar los estudios científicos en la universidad hispalense. Tal vez estos motivos indujeron al autor, por prudencia, a evitar enfrentamientos con un sector eclesial poderoso. Sin

embargo, en este sentido, por oposición conviene resaltar la importante labor de difusión de la racionalidad científica realizada por religiosos, algunos de los cuales se citan en el presente volumen, contra la ignorancia y supersticiones populares, en particular en los fenómenos naturales que pudieran causar mayor alarma (eclipses, rayos, etc.).

La disertación establece que la atmósfera rodea al globo terráqueo, formada por el aire y los vapores exhalados continuamente por el propio globo. De entre estos vapores el más importante es agua, que excede notablemente a los demás, proveniente de mares y océanos, además de los exhalados por los seres vivos y la corteza terrestre. Este agregado heterogéneo estaría expuesto a alteraciones y corrupciones, con notable daño a los vivientes, si no fuera puesto en movimiento continuado.

El autor, Nieto de Piña, refiere: *La atmósfera se mueve al rededor del globo terraqueo con un movimiento perpetuo, comun al de los planetas de Oriente a Ocaso por espacio de veinte y quatro horas. Este movimiento lo demuestra el Mar con sus olas ...proceden de oriente a poniente... hasta que hallando obstaculos se vuelven a parte opuesta o toman obliquas direcciones.* Si el sentido de la observación fuera indicar que la atmósfera tiene un comportamiento geoestacionario con el mismo movimiento local que la tierra sobre la que permanece, no se comprende la justificación por el movimiento de las olas. Nos causa extrañeza que el orador y los asistentes admitan la existencia de este viento constante, contrario a la percepción individual.

Además del anterior movimiento al año de longitud existe otro movimiento anual de latitud, alternativo entre la *zona austral* y la *boreal*, causado por la inclinación del Sol en las distintas estaciones de los hemisferios. También indica que existen perturbaciones irregulares debidas a deshielos, erupciones, condensaciones, etc.

Esta parte de la exposición sobre el movimiento de la atmósfera es la que presenta mayores carencias, por cuanto elabora un sistema inconsistente y deja fuera a los vientos que afectan a la vida cotidiana. Podría esperarse que, al haber sido Sevilla origen y destino de la Flota de Indias, mereciera alguna alusión la alternancia en el sentido de los vientos que favorecen esta navegación según las estaciones anuales. Así mismo, por encontrarse próxima a zonas costeras, podría haber reseñado los vientos de marea, que entran al atardecer del mar hacia la tierra refrescando las tardes calurosas y que son directamente percibidos por toda la población. Quizás, la contradicción proviene de que para los vientos "percibidos" se carece de justificación teórica, por lo que se omiten. Téngase en cuenta que en esa época no existen registros que permitan

asociar diferencias de presión entre distintas zonas geográficas con el movimiento de las masas de aire.

Finaliza la primera parte de la disertación con las *conjeturas sobre la total altura de la atmosfera*. Tras citar valores discrepantes propuestos por distintos autores, describe los diferentes métodos de cálculo: *El primero es tomando la duración de los crepusculos y fixa la altura de la atmosfera hasta aquellas ultimas porciones de aire que reflexionan los rayos del Sol ... Observan la elevacion aparente desde el fin del crepusculo, o principio de la aurora, cuando ya el Sol está 18 grados bajo el Orizonte. A continuación, justifica los fundamentos del método: cuando la luz que se mueve oblicuamente por un medio raro y tenue encuentra con otro de mayor corporatura y densidad, se aparta un poco hundiendose en la espesura del medio, y acercandose á la perpendicular; luego que el Sol llega cerca de los 18 grados debajo de nuestro orizonte, sus rayos ...* Los valores así obtenidos varían entre 5 leguas (Kepler, Ricciolo) y 14 leguas (Alhazan, Vitelion, Tycho). Si bien el autor aclara que este método determina *la distancia de aquellas porciones del aire de tal modo densas que sean capaces de reflexionar sensiblemente, mas nada sirven para informarnos de otras porciones mas altas que puedan producir otros efectos desconocidos hasta aqui.*

El segundo método para medir la altura atmosférica *está basado en las diferentes alturas del mercurio en los Barometros*. Cita las aportaciones de Pascal, Mariótte, Boyle, Halley, etc., de donde deduce que la distancia es de 15 a 20 leguas, aunque considera el método expuesto a muchas excepciones: *Las compresiones y rarefacciones que el aire es capaz de recibir por innumerables causas no conocidas pueden producir diferentes abatimientos, y elevaciones del mercurio en el Barometro, aun puesto a la misma y determinada altura... Las variaciones que se observan en los barómetros son tan notables que hacen sospechosa cualquier medida que se quiera fundar en ellos.* Narra las discrepancias del método al medir la altitud de las montañas por ser discordes en señalar el peso de la columna de aire. Posteriormente, en la segunda parte de la disertación, vuelve sobre el tema. Entre otras consideraciones, en su prueba indica *una admirable pieza en las Memorias de la Real Academia de París, ...* lo que nos indica la actualización del ponente por el acceso de la Sociedad a fuentes científicas europeas. Esto nos muestra las contradicciones a las que un mismo ponente puede estar sometido: la renovación frente a la tradición.

El tercer método, que le merece mayor confianza, se basa en la elevación de las auroras boreales, el meteoro más alto que se ofrece a la vista, percibidos desde lugares muy

distantes entre sí. Indica distintas observaciones y fundándose en la realizada simultáneamente (1726) en Lisboa y Petersburgo, determinando la concurrencia de las tangentes visuales obtiene una altura superior a 266 leguas: *Los cálculos y demostraciones que emplea para esto, pueden verse en el citado Autor [Mons Mairan], donde hallaran los curiosos bastante pruebas convincentes que los persuadan a que ni el método de los crepúsculos ni el del Barometro son suficientes para determinar los limites hasta donde se eleva la atmosfera.*

En contraposición con la inconsistente explicación sobre los vientos, la extensa y bien justificada exposición de los anteriores métodos muestra la faceta más racional y divulgativa de la Regia Sociedad.

### 3.2 Propiedades y afecciones

La segunda parte del discurso está dedicada a las propiedades de la atmósfera. *La fluidez, su gravedad y elasticidad son propiedades tan demostradas...* Como previamente se ha indicado, la Academia organiza periódicamente demostraciones en la *machina pneumática* que posee, por lo que los asistentes conocen los resultados experimentales.

En primer lugar, el autor describe detalladamente las experiencias de Torricelli con distintos licores: *a un tubo de vidrio bien sellado por un extremo lo llenó de azogue ... advirtió que bajaba el mercurio del tubo dejando un vacío en la parte superior quedandose como colgado, y suspenso en el aire a la altura de 27 pulgadas. .... y vino a congeturar que alguna fuerza exterior, esto es alguna columna de aire correspondiente al orificio de los tubos valanceaba y resistía el descenso de los licores ... siendo verosímilmente equivalentes en sus pesos.* Tras nuevas referencias a la altitud de las montañas por variación de la columna de mercurio, da cuenta de *la inconstancia y variedad del peso en la misma atmosfera dejando el barometro en un sitio fijo y determinado, ... variedad de su peso que se muda siempre que en ella se forman algunos notables fenomenos, lluvia, nieblas, serenidad de los vientos.* Desde el punto de vista climático es interesante la relación entre la variación del “peso” de la atmósfera y los fenómenos meteorológicos. Sin embargo, esta variabilidad de la columna barométrica la aduce para resaltar la inconsistencia del método general. Tal vez por la concepción de la atmósfera y falta de registros sistemáticos, solo se establece esta relación como simultánea y perturbadora, sin profundizar en las posibles consecuencias

(origen de los vientos, pronóstico de lluvia, etc.) lo que hubiera podido conducir a la predicción del tiempo.

Trata el segundo punto de las experiencias de Boyle; incluye comentarios sobre *la elasticidad y resorte del aire* de los que los asistentes tendrían reiterada información. Expresamente formula: *Es constante que la compresion, y reduccion a menor espacio es proporcional a la fuerza de los pesos comprimentes, y la dilatacion guarda las mismas leyes.* [Expresión literaria de la formulación actual ley de los gases perfectos:  $P \cdot V = Cte$ ].

Tras indicar los principios del termómetro (de Fahrenheit) y medidas de temperatura, indica. *la atmósfera se reduce a causa del frio a menor espacio, como por el aumento de los pesos, y que a proporción del aumento del filo nace en ella el aumento de densidad; asi como por el calor el aumento de rarefaccion...* y cita las cualidades que recibe la atmósfera por el calor y el frio. [Obsérvese que es una anticipación de la relación  $P/T = Cte$ ]

El siguiente punto está dedicado al efecto en la atmósfera de la luz y el calor del Sol: *La refraccion y reflexión de estos rayos aumenta los beneficios dandonos dos horas mas de luz y muchos mas grados de calor que tendriamos si no hubiera atmosfera.* Explica la cuestión, ya tratada, de la curvatura de los rayos, con el Sol bajo el horizonte, en la aurora y el ocaso, e indica que *si solo tuvieramos que estar atenedos a los rayos directos del sol, entonces nos parecería un globo e fuego que camina por una región oscura.* Evidentemente, la física del siglo XVIII no posee bases para esclarecer la causa del color “celestes” de la atmósfera ya que se ignora la naturaleza de la radiación solar, pero queda esbozada una remota aproximación al efecto invernadero. Intenta justificar la menor temperatura en *los altos montes, por que alli a razón de menor densidad de atmosfera hai menos reflexiones.*

Relaciona una serie de fenómenos que tienen lugar en la atmósfera: rocío, nubes, granizo, trueno, rayo, etc., de los que selecciona el iris y la lluvia para explicar el modo probable de producirse. Sobre el arco iris indica: *Los rayos del Sol imbiados por el aire puro a la nube humeda, padeciendo en parte refracción y en parte reflexión son su verdadera causa.* Establece la posición relativa de cada observador respecto del arco iris formado, el ángulo visual, la formación del segundo e incluso tercer arco, explica su figura circular, el orden de los colores conforme al *admirable systema que halló el celebre Isaac Newton.* Sin embargo, de la lectura del texto no queda totalmente claro cuál es el proceso de formación, que intenta fundamentar en *la piramide de reflexión*

*cuya basa es la misma nube, ni la función de las infimas gotas de agua. Pensamos que a los asistentes al acto pudieron quedarles dudas acerca del fenómeno narrado.*

El segundo fenómeno seleccionado es la lluvia. Expone que *la lluvia no es agua destilada, ... este modo de hablar es sumamente impropio*. Expone el mecanismo de destilación para establecer comparaciones. Admite que *es cierto que sube la agua convertida en vapores mediante el calor del Sol, ..., pero no lo es que encontrando refrigerado ese toldo que nos cubre, se quajen, reunen y caigan formando lluvia*. Erróneamente rechaza este fenómeno de condensación, aunque ofrece su explicación ya que *nunca llueve menos que cuando está fria la atmosfera de que estamos cubiertos*. La precipitación se produce porque *por causas que no puedo asignar ..., el aire pierde algún tanto su elasticidad y fuerza con que mantiene tanta mole de agua, y las moleculas antes divergentes tienen la oportunidad de atraerse*. Tras referirse a la formación de las nubes y la ocurrencia de la lluvia, el autor finaliza la disertación. Personalmente consideramos a la anterior disertación una muestra del conocimiento de la época, con independencia de que posteriormente se haya confirmado correcto o erróneo, y reflejo del carácter de divulgación científica de la Regia Sociedad.

#### **4. Clasificación climática y vientos de Sevilla**

D. Francisco Sancho Buendía presenta en 1790 y 1791 dos disertaciones en la Regia Sociedad sobre el clima y vientos de Sevilla, y en 1792 realiza algunas consideraciones sobre las mismas. Es esta última la que nos va a servir de guía sobre el estado de conocimiento del tema.

Se basa en la división del mundo *en zonas entre determinados círculos paralelos, ...cuyas cualidades se toman por el temperamento respectivo al curso del sol... Sabidas cuantas horas tiene el día mayor del pueblo, se sabe el clima... Los modernos han ampliado el número de climas hasta 24 de media hora empezando por el equiador*. A continuación, hace referencia a la franja climática de la latitud de distintas ciudades. En particular a Sevilla, *a 37° 20', su día mayor es de 14 ½ horas*, le asigna el *clima de zona templada boreal*, concluyendo que *Sevilla es uno de los pueblos que mejor situación disfruta, ... por los temples de las estaciones extremosas de invierno y verano, ...pues la menor desigualdad de los influxos del sol hacen menos ingrata su habitación*. [¡Ignora los extremados calores veraniegos!]

Sin embargo, considera que la latitud no es criterio suficiente para establecer los efectos del clima sobre la salud, por lo que *no es menos conducente para la comprensión de*

*un médico la noticia de los vientos que dominan en el pueblo de su residencia. Indica que, en la ciudad de Sevilla, el viento N es menos seco y penetrante que el NE; el S menos húmedo que el SO; el NO más seco que el N; y el O más húmedo que el E. De este juego de palabras podemos deducir que los vientos del suroeste y oeste –hoy interpretamos, correspondientes a las borrascas atlánticas- son los portadores de lluvia. Indirectamente se confirma en el capítulo X, al citar que la humedad ambiental puede malograr las experiencias de electrizar, y se enumera los vientos de norte a este como los más secos.*

*A continuación, expone sobre el viento, que puede hacer mudar de sitio una parte de la atmosfera. Entre las mismas deben numerarse los rios, que con sus continuas olas y rapidez producen en sus orillas un viento fresco. Las exalaciones y vapores que suben del seno de la tierra ponen en movimiento la marea de aire que las recibe. El fuego también comunica un impulso á el aire que lo empuja hacia otra parte: el derretimiento de las nieves o yelos por los rayos del Sol dá origen con otras varias causas a los muchos vientos que han observados los físicos. Al desconocer el mecanismo de desplazamiento del aire entre zonas de alta y baja presión y el fenómeno de frentes atmosféricos, en el siglo XVIII la atribución del origen de los vientos observados es debida a causas locales.*

*El autor Sancho Buendía indica que los vientos llevan con sus corrientes porciones de atmósferas; que transportan el calor y el frio de un país a otro. Expone que Mariotte elaboró tablas para el cálculo de la celeridad del viento y Kruquio observaciones de cómo pasaba de un lugar a otro y en que tiempo, pero sin describir el método. Propone, como es frecuente entre los miembros de la Regia Sociedad, la necesidad de establecer proyectos de investigación: solo la observación reiterada en orden a la naturaleza de estos y sus efectos podrá declararnos sus qualidaes. Reflexiona que no nos hemos de contentar con las qualidades comunes conocidas en los vientos de frio, calido, húmedo, seco, pesado y elástico, movido con más menos impulso, sino que hemos de indagar las qualidades de nuestras respectivas atmosferas para conocer las causas de muchas enfermedades.*

*Finaliza con una invitación a la investigación sobre la naturaleza del aire: Mucho ha contribuido la física en nuestros días para hacer estas averiguaciones: ya se ha obtenido medio para medir la salubridad del aire que respiramos, pero aun carecemos todavía de recursos para distinguir por sus propios caracteres el cumulo de materias aeriforme en que estamos continuamente nadando.*



En 1786, F. Buendía muestra las enseñanzas en la esfera armilar y expone los principios de la clasificación climática y hacen referencia a la distribución de los climas: *Presentó una esfera armillar y el globo terráqueo de la Sociedad y dio principio a las demostraciones con un discurso en que descubrió su origen y utilidad ... mostrando todos los círculos sus giros, usos y colocación ... donde demostró lo que comprendía cada clima.*

## 5. Sobre el rocío

La lección inaugural de 1779 trata de las *Causas físicas y efectos del Rocío*, leída por el vicepresidente D. Cristóbal Nieto de Piña. Tras el elogio a la Regia Sociedad, divide el discurso en dos partes; la primera dedicada a las causas físicas, está distribuida en ocho epígrafes (en ocasiones, con una redacción casi de prosa poética): *Aquella prodigiosa lluvia (por lo común poco admirada) que en las mañanas seguidas a noches serenas, apacibles sin nubes ni viento, hazen se vean mojadas las plantas y la tierra, es lo que todos conocen como Rocío. No lo ay quando ha precedido una noche muy fría, mui ardiente o con viento recio; porque el mucho frio congela los vapores y el mucho calor y viento los disipan... no hay duda que es un conjunto de exhalaciones de la tierra y aun de los vegetales que se depositan en aquel aire que está más inmediato a la superficie de ella. El calor del sol es la causa que se eleven estas exhalaciones.*

En el punto tercero enuncia la naturaleza del rocío: *El fuego y el aire son las principales causas de este prodigioso fenómeno. El aire contenido en partes mínimas de agua y penetrado por el fuego que vivra el Sol se dilata necesariamente y ensancha aquellas moles de agua en que está contenido: estas forman unos globulos que son obligados por la acción del fuego a elevarse en la atmosfera con que se equilibran hasta que la frialdad de ella los comprime y encoge reduciendo a mas pequeñas superficies y disminuyendo su volumen ocupan menos espacio, por lo que resultando más pesado que el aire en que están sostenidas caen sobre la superficie de la tierra en forma de Rocío.*

Obsérvese que el autor, en un intento de justificación racional, hace referencia al agua contenida en el aire y al fuego de sol, lo que podemos considerar una aproximación al proceso de formación de rocío. Sin embargo, por la falta de desarrollo científico de la época, desconoce los conceptos de humedad relativa, de calor y temperatura y de condensación, necesarios para la adecuada explicación. En el punto siguiente describe

distintas experiencias y cualidades para persuadir de que *el rocío es en su mayor parte un sudor de las plantas*.

La segunda parte está dedicada a los efectos del rocío. El relator admite los posibles beneficios de los entes que ofrece la naturaleza ordenados por la sabia Providencia ... *si el hombre mismo acierta a usarlos, modificarlos, corregirlos y combinarlos encontrará poderle ser útiles en muchos casos*. Centrando sus reflexiones en el rocío, indica: *para el usso humano y beneficio de la salud no falta quien celebre el rocío como fuente de prodigiosos efectos*. Relaciona las citas de distintos autores sobre la virtud del rocío (*aperitiva, diurética, beneficioso para las enfermedades del corazón...*, particularmente el recogido en mayo). Sin embargo, confiesa: *Yo nada puedo asegurar como efecto de mi experiencia sobre la virtud de este remedio porque nunca le he usado; pero me persuado sin violencia que el rocío no estará destituido de virtudes medicinales*.

Para establecer la comparación entre la concepción de los fenómenos naturales en distintas épocas, quizás sería interesante encuestar sobre la formación del rocío; probablemente encontremos respuestas en la línea de las expuestas en el siglo XVIII, sin mayor concreción. En tal sentido, opinamos que en la actualidad una proporción elevada de personas “formadas” no expondrían estos temas con mayor fundamento físico, lo que mostraría la necesidad de potenciar la divulgación científica sobre fenómenos básicos en las sociedades cultas del presente.

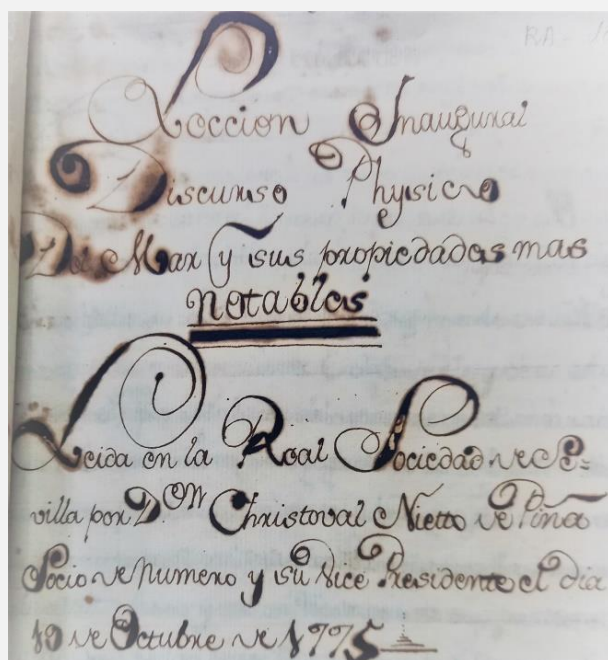
Podemos destacar que, en las disertaciones analizadas en este capítulo, fundamentalmente la titulada *Sobre la atmósfera del globo terráqueo*, al no estar centradas específicamente en una única materia, se puede apreciar las aportaciones de distintas ramas de la Física: fluidos, calor, óptica, etc. lo que enriquece la visión del estado general de los conocimientos de la época entre los sectores españoles más innovadores científicamente. Sin embargo, como venimos reiterando, quizás tan importante como los contenidos concretos sea la intención de presentar las conclusiones a través de un proceso racional, propio del periodo ilustrado, que conduzca al adelanto público en cada campo: medicina, agronomía, artes industriales, etc.





Capítulo XV

FÍSICA DE LA NATURALEZA



Discurso Physico Del Mar y sus propiedades mas notables



## FÍSICA DE LA NATURALEZA

**E**n este capítulo se recoge el contenido de algunas disertaciones físicas desarrolladas en la Regia Sociedad que podríamos encuadrar en el área genérica de Física de la Naturaleza, no incluidas en los capítulos precedentes. Su calidad científica es diversa, incluso con incoherencias respecto de la racionalidad defendida.

### 1. Del Sol

La astronomía experimenta en países europeos un gran desarrollo en los siglos XVII y XVIII, como consecuencia de la utilización y perfeccionamiento de los telescopios. Las ideas escolásticas, apoyadas por la Iglesia, con los enunciados geocéntricos de Ptolomeo no resisten frente a las propuestas formuladas por Copérnico y Kepler basadas en observaciones y mediciones. La simplicidad del sistema heliocéntrico frente a la dificultad de justificar los epiciclos y deferentes planetarios se impone, incluso en los sectores católicos ilustrados. Quizás estas teorías, al igual que la de gravitación de Newton, no llegaron a popularizarse más rápidamente, no solo por la oposición de la Inquisición, sino por el soporte matemático que las sostienen. Pensamos que, en el ámbito culto de los miembros de la Regia Sociedad, con acceso a diferentes lecturas, las distintas concepciones del sistema planetario no serían ignoradas, aun cuando no dieran lugar a debate público.

Aunque consta la posesión de telescopio (en 1760 se le negó el préstamo solicitado por un socio), la observación astronómica no es relevante en el ámbito de dedicación de la Regia Sociedad, salvo, probablemente, por parte de algún socio aficionado. Aun así, encontramos diversas disertaciones sobre los *cuerpos celestes*. La oración inaugural de 1764, *Sobre la naturaleza del sol y su influjo sobre los vivientes*, a cargo del vicepresidente Don Francisco Buendía, tras el exordio, manifiesta: *El Cuerpo solar no otra cosa es que verdadero fuego, ... un fuego purísimo*. Evidentemente, al desconocerse el comportamiento del Sol como reactor nuclear, el referente es la masa

ígneas que expulsan los volcanes y, por tanto, se asocia el sol y el calor que transmite con el fuego de una inmensa hoguera natural.

Es destacable que el autor distingue en el sol dos especies de accidentes, *unas llamadas sombras y otras resplandecientes llamadas achas, siendo en unas y otras su figura y número incierto ... Las manchas solares descubiertas en 1611 por El P. Cristobal [ilegible] de la compañía de Jesús, al año siguiente las notó Galileo y después otros muchos astrónomos*. El hecho de citar alteraciones en el sol niega implícitamente la inmutabilidad que le atribuían los aristotélicos. Sin embargo, indica: *Ni ha faltado quien ponga en duda su existencia de estas manchas, más no contradicen abundantemente a las razones que se afianzan por la constante observación*. Debemos matizar que entre 1640 y 1710 se produjo un descenso de actividad solar, por lo que las manchas no fueron visibles (Mínimo de Maunder). Esto condujo a poner en duda su existencia durante un largo periodo, y atribuir su anterior observación causas meteorológicas. Precisamente, la disminución de actividad solar fue una de las causas de la alteración climática generalizada, desde el siglo XVI al XVIII (llamada en Europa, Pequeña Edad de Hielo), con descenso de las temperaturas y el incremento de la variabilidad pluviométrica en el área mediterránea. Posteriormente, durante los dos últimos siglos, la variación de las manchas en la superficie solar ha estado sometida a una casi periodicidad, con ciclos de 11 años. Dado que el número de manchas es un indicador de la actividad del Sol, este tema ha adquirido relevancia por su relación con la evolución climática ante el cambio climático.

En la línea de racionalidad propugnada por la Regia Sociedad, durante el siglo XVIII las instituciones ilustradas anulan progresivamente a la astrología adivinatoria. Además, la creación de modernos observatorios astronómicos, entre los que destaca el Observatorio de Marina de San Fernando, contribuye a que se atenúe la imposición geocéntrica frente a la divulgación, al menos como método de cálculo, de teorías heliocéntricas copernicanas. Por proximidad geográfica, algunos profesores del Colegio de Guardiamarinas, con conocimientos físico-matemáticos, colaboran con instituciones regionales y, en particular, con la Regia Sociedad en sus actividades. Como se ha referido, es destacable el influjo positivo para el desarrollo científico y la divulgación social de la participación española en misiones internacionales. Sobresalen las observaciones astronómicas y físicas publicadas por Jorge Juan y Antonio de Ulloa de sus actividades en Perú con motivo de la medida del meridiano terrestre.



La referencia de la disertación de Sancho Buendía, recogida resumida en la Memoria de 1786, dedica uno de sus apartados a la Astronomía, integrada en la Matemática, y valora la utilidad de su conocimiento en la Medicina. Según el autor, *es objeto de la Astronomía tratar de los movimientos de los Cuerpos celestes, las circunstancias que los acompañan y los efectos que resultan... cree bastarle para su intento, tener presente los movimientos del Sol y Luna.*

Para la descripción del movimiento solar el autor establece una detallada perspectiva geocéntrica. Incluimos los párrafos siguientes para destacar la complejidad de la justificación y la dificultad para comprender la redacción, al no admitir el autor la simplicidad de la órbita elíptica del movimiento de traslación terrestre alrededor del Sol: *Considera los dos movimientos del Sol, de Oriente a Poniente, el uno, con que el fin de veinte y quatro horas vuelve al Meridiano formando un círculo de trescientos sesenta grados; y otro propio de Poniente a Oriente, cuya cantidad es de cincuenta y nueve minutos y ocho segundos, formada la cuenta por la longitud media; de suerte que este Planeta en su revolución y círculo de trescientos sesenta grados ha andado con su movimiento propio casi un grado mas que las Estrellas fixas. Esta carrera de el Sol hecha con el movimiento medio, es lo que se llama ecliptica, en cuyo centro está la equinoccial distante de cada uno de las Solsticios veinte y tres y medio grados, y de el movimiento anuo depende la variedad de Estaciones, Estío, Invierno, desigualdad de días &c. Igualmente se podrá conocer la desigualdad de el Horizonte entre Pueblos distantes si se agrega el saber la situación reciproca de el Equador respecto de el Horizonte,...* A continuación, establece la diferenciación entre distintas situaciones geográficas para aprovechamiento médico:

Los párrafos siguientes los dedica al movimiento lunar. *Los movimientos, fases, y aspectos de la Luna merecen mucha atención á el Autor, por el influxo que pueden tener en la alteración de los Cuerpos.* Finaliza con una recomendación sobre la observación de los efectos de la Luna: *no para perder el tiempo en formar mil sutilezas sobre las causas del influjo celeste sino es para que el conocimiento de los aspectos de la Luna sea puntual si concuerdan con algunas novedades o alteraciones que se observan en los enfermos.*

Nuevamente debemos destacar cómo en lo referente al movimiento celeste, la concepción geocéntrica eclesial se impone, sin debate público, a las corrientes modernas ampliamente difundida por Europa.

## 2. De la Tierra

La disertación titulada *Sobre la naturaleza de la Tierra y sus propiedades* (Brioso, 1770) es curiosa en la forma porque muestra la pervivencia de un estilo ampuloso poco acorde con la comunicación científica. Más de la mitad del manuscrito es la introducción que ofrece una prosa plagada de alusiones mitológicas con hiperbólicas alabanzas a la Regia Sociedad, *suntuoso Alcazar de Minerva*, quizás para lucimiento literario y de erudición del propio autor, pero con poco contenido científico.

La segunda parte, en que relaciona las propiedades de la Tierra, acumula generalidades sobre su fecundidad agraria, las montañas, minerales, las aguas, los efluctivos vapores, etc. Quizás, desde el punto de vista físico, los más llamativos, aunque opacos, son los enunciados:

*Es propiedad de la Tierra sostenerse y estibar sobre su misma sustancia, de modo que no gravita sobre los cuerpos vivientes, con toda su pesantez absoluta ...*

*Es propiedad de la Tierra su movimiento intextino (no hablo del que con Copernico y sus partidarios se le apropia voltegeando sobre un punto o girando sobre un punto de su eje) sino del movimiento de dilatación y compresión ...*

En conclusión, frente a otras actividades de la Regia Sociedad, la disertación anterior sirve de ejemplo de una forma de comunicación descriptiva en que la aportación científica queda relegada.

## 3. Del Mar

Las actas de 1737 indican que *el Sr. Moreno hizo un discurso sobre la salsedumbre del agua marina y el espagórico Sr. Leon demostró a la Sociedad todos los ensayos que tenía hechos sobre su dulcificación*. Sorprende que en esa época se planteara un tema que mantiene plena actualidad y que el discurso teórico se acompañara de experiencias prácticas de desalación. Lamentablemente, no hemos podido acceder al documento original en que se detalle el procedimiento de dulcificación del agua salada y si esta fuera viable en grandes volúmenes. Este tema volverá a ser comentado en uno de los apartados de la siguiente disertación.

En 1775, el vicepresidente Cristóbal Nieto de Piña pronuncia la lección inaugural *Del mar y sus propiedades más notables*. En la introducción aclara: *ha de ser objeto de este discurso ... su formación, extensión, movimiento, sabor de sus aguas*. El autor hace un breve recorrido por la Historia Sagrada con alusión a la creación, el diluvio, ... previo a tratar sobre la extensión, *aunque es sabido que el océano es de una magnitud pasmosa*

*ninguno ha podido determinarla con exactitud, a causa de no estar conocida sus partes correspondientes a los polos, ni la profundidad ... a lo mas que hasta ahora se ha podido extender es a una legua de profundidad, sin que haya arbitrio conocido para alcanzar la restante.* Realiza un recorrido geográfico por mares y costas. Sobre la figura advierte que *no será impertinente prevenir que aunque la antigüedad estuvo en pose de creer a tierra perfectamente esférica, la rechaza.* Cita la expedición académica francesa a medir el meridiano terrestre, *acompañados de nuestros dos españoles Jorge Juan y Ulloa.* Aclara, *esta prevención nos ha parecido tanto más necesaria quanto de las varias opiniones que se hacen de la figura de la tierra pueden nacer de herrados sistemas acerca del movimiento de las aguas.*

El primer movimiento que describe se puede asociar con las corrientes marinas <sup>1</sup> *Un movimiento muy notable es el de longitud que hace en las aguas del océano de levante a poniente, en que convienen todos los Físicos, dando por prueba la mayor facilidad y menor tiempo entre dos términos dados viniendo de levante que al contrario. Mas en asignar la causa de este movimiento no concuerdan.* Cita algunas opiniones, aunque confiesa: *no hallamos firmeza en algun sistema para poder deducir el influjo de alguna causa del movimiento marino.* En nuestra opinión, extraña que asigne el permanente sentido de levante a poniente, cuando ya era conocido que la ruta de retorno de la Flota de Indias, más al norte que la de ida, es favorecida por las corrientes de sentido contrario.

A continuación, describe, sin nombrarlas por ese término, la periodicidad de las mareas. *Otro movimiento es su flujo y reflujo que todos dividen en anual, mensual y quotidiano ... El primero sucede dos veces cuando el Sol se encuentra en los signos Aries y Libra a causa de los equinoccios. El segundo dos veces coincidentes en el Novi y Plen nubio... y el tercero dos veces en veinticuatro horas aunque en esto se nota variedad no solo en diversos lugares, sino también respecto de uno mismo tanto en la hora como en la magnitud... Baste decir que en las riberas desde Cadiz hasta los cabos de San Vicente se nota variedad en las horas de empezar y construirse este cotidino movimiento ... esta particularidad se experimenta en los puertos de mar creciendo y menguando el tiempo de seis horas a corta diferencia.* Nuevamente encontramos, en los textos precedentes, falta de concreción en la explicación del autor. Aunque Sevilla no sea puerto de mar, la navegación fluvial del Guadalquivir se ve sometida al flujo de marea por lo que su variabilidad y características deberían de ser generalmente conocidas. Admite: *Tan conocido como es el flujo y reflujo es ignorada su causa, ...*

*creo que lograr este fin ha sido en vano. Incluye algunos sistemas, entre los que destaca la correspondencia que dicen hallarse entre la conjunción, oposición y cuadraturas de la Luna con los exercentes y menguantes del mar.*

Sin embargo, en esta ocasión el autor de la disertación aventura sus propias conjeturas, (aunque meritorias, hoy sabemos que están basadas fundamentos erróneos): *he pensado que para explicar este movimiento no se necesita de la Luna que es un cuerpo pasivo, inicialmente destinado a imbiarnos la luz que recibe del Sol ... no debemos olvidar que el diametro de la tierra es mayor que su exe, de que resulta tener la tierra una figura mas elevada debajo del ecuador que hacia los polos, y que las aguas que constituyen el globo acomodándose a esta figura hayan de gozar de la misma elevación respectiva ... De modo que se debe considerar una notable declividad desde aquellas hacia estas... sino que se derraman y dejan caer hacia los polos una fuerza correspondiente... Como en aquella es mayor la resistencia que la tierra les hace y entonces rechazadas por estas retroceden hacia su origen .... Y de este modo se perpetua este alternado movimiento de dilatación y comprensión.* A continuación, siguen disquisiciones sobre los hemisferios, el efecto de la congelación, etc., que justifiquen el movimiento.

Ya desde el siglo XVI, para refutar el error de Galileo en este tema, astrónomos jesuitas (no sospechosos ante la Inquisición) habían divulgado en el orbe católico las causas de la periodicidad de las mareas y el influjo lunar sobre ellas. Por ello, consideramos que el orador podría tener acceso a un conocimiento de la materia que no se recoge en su exposición.

La tercera parte de su disertación, y en nuestro criterio de mayor interés y actualidad, la dedica a la naturaleza del agua marina. *Son saladas, algo amargas, bituminosas, ... pero en llegando a averiguar la causa de la salsedumbre, encontramos la discordia.* Como en apartados anteriores, cita la opinión de algunos físicos: *Roberto Boyle la atribuye a varias causas parciales como son ríos y fuentes saladas que entran en el mar, las que manan en su fondo, las rocas de sal que oculta del que toma incesantemente y otras semejantes.* Si bien, reconoce que algunos la atribuyen a la sabia Providencia.

Explica correctamente la salinidad: *no es igualmente salada en el fondo que en la superficie ... Tambien lo es mas debajo del ecuador que hacia los polos, ya sea que allí por estar mas caliente se disuelve y retiene mas porcion de sal, ya que la mayor cantidad de agua resuelta en vapores hace paresca mas salada la restante. Las aguas subpolares son menos saladas que las del oceano. La frialdad hace en ellas contrarios efectos que el calor en quanto a disolver y retener la sal; mientras mas fría menos*

*retiene, y en llegando a helarse obligan con la reunión de sus partes a las partes salinas a que dejen sus poros y precipiten al fondo quedando el yelo en quanto a sabor lo mismo que nuestra agua usual*

Esta reflexión sugiere al conferenciante un método artificial de dulcificación del agua marina: *con este hecho nos enseña la naturaleza un medio sencillo de quitar lo salobre al agua del mar, distinto de la distilacion y la filtración. Se puede producir por medio del arte un frio mayor para convertir el agua en yelo... Aplicando esta medida al agua marina necesariamente se helara y separara de si enteramente la sal que mantenía disuelta y contenida en sus poros, ... luego deberá separarse el yelo del sitio donde ha precipitado la sal y después que recupera su forma antigua de agua se encuentra esta dulce, potable y de buen uso.* El ponente se cuestiona si su propuesta es original: *no se si alguien ha propuesto este medio del agua del mar que tanto interesa en todo el mundo.* Desconocemos si tan interesante propuesta se llevó a cabo experimentalmente y, en su caso, los resultados obtenidos en laboratorio.

Ya en la antigüedad se consideró que los manantiales de agua dulce provenían de la filtración subterránea del agua marina. Tales de Mileto, Demócrito, Aristóteles y, posteriormente, Plinio describen procedimientos para desalar el agua. Las salinas, mediante evaporación por exposición al sol, estaban ampliamente extendidas por las costas mediterráneas. En el siglo XVI, en la época de las grandes travesías, los navíos hacían uso de rudimentarios alambiques para abastecerse de agua potable. En 1717, Gauthier introduce un nuevo procedimiento de desalación en el laboratorio basado en una modificación de la técnica de destilación. Pero no es hasta 1878, cuando en Salinas de Chile se construye una planta desaladora que suministra agua a un poblado minero. Actualmente el método más utilizado se basa en la ósmosis inversa. Esta es una tecnología que utiliza un recipiente, separado en dos partes por una membrana semipermeable, de tal forma que si se aplica una sobrepresión externa en un lado del recipiente, entonces el soluto (sal e impurezas) se concentra en el lado presurizado y el agua purificada pasa al otro lado de la membrana. La limitación del método es el gran consumo energético que requieren sus instalaciones.

A continuación, la disertación comentada indica que *las fuentes y los ríos deben su nacimiento al mar... mas en llegando a indagar el mecanismo con el que el mar contribuye y da sus aguas... ya entra la división y variedad de pareceres.* No aporta ninguna opinión, pero es sorprendente que no señale el ciclo de evaporación y lluvia como mecanismo de circulación del agua. Los párrafos finales están dedicados a la vida

*marina: la multitud de peces de distintas especies ... Además es de creer que hay en el fondo de mar innumerables plantas desconocidas para utilidad de los vivientes.*

Aunque desconocemos el contenido concreto, consta en las actas que previamente, en 1760, M. Calonge expuso la disertación *Del movimiento del flujo del agua en la naturaleza*. Quizás, esta disertación nos hubiera aportado información sobre la cuestión. Curiosamente, la argumentación del disertador del siglo XVIII sobre salubridad marítima adquiere actualidad al estar relacionada directamente con los potenciales efectos del cambio climático. Si el calentamiento global produjera la fusión de los hielos árticos provocaría el enfriamiento brusco del mar circundante y consecuentemente el descenso de su salinidad. El sistema climático en el océano Atlántico Norte, con temperaturas moderadas en los países occidentales europeos, se basa en la corriente cálida superficial que sube desde el golfo de México hacia el polo, donde se enfría progresivamente, se sumerge y retorna como corriente submarina hacia el sur. Sin embargo, el brusco deshielo polar podría colapsar la circulación de la corriente oceánica y, ya sin este amortiguamiento climático, provocar una glaciación sobre las regiones costeras de Europa.

#### **4. De la piedra rayo**

En el siglo XVIII un tema de debate es la existencia de la piedra rayo, acompañante material de la caída de rayos durante las tormentas. El asunto se trata por diversos socios durante 1733, e incluso Ortiz Barroso especula si, reducida a polvo, puede poseer virtudes medicinales. Además, en el Libro de Extractos se recoge *la consulta del Sr. Asistente a la Sociedad sobre la naturaleza y virtud de la piedra del Rayo y se reunieron los socios para que diesen por escrito su dictamen*. En el margen figura la nota: *Se respondió a esta consulta remitiéndola al Sr Asistente*. No nos alcanza el interés de las máximas autoridades por la resolución de esta materia, ni conocemos el sentido de la contestación.

En 1762 P. García Brioso plantea nuevamente la cuestión; la primera parte del documento que recoge sus planteamientos está deteriorada, pero hemos podido acceder a la noticia que le sirve de reflexión. Por su curiosidad transcribimos parte del relato: *Estragos de esta naturaleza que parecen imposible ejercitarse por cuerpos del volumen de una piedra por pequeña que sea; lo que hace mas inmediato al asunto es el caso sucedido por los años 32 en esta ciudad. Una furiosa tormenta desprendió un rayo que vino a caer sobre un altar del convento en los R.P. Terreros de San Francisco por el*

*que penetrando por unas puertas de lata disolvió un plato de estaño sin ofender las puertas.*

*El Sr. Vicepresidente se empeña con las más fuertes conjeturas en explicar este fenómeno por las leyes de la porosidad de estos cuerpos, reduciendo el hecho de ser físicamente imposible que si este rayo hubiera traído piedra se pudiera insinuar por los poros de la lata.*

*Pero hay otros rayos que no carecen de ella. En el mismo año sucedió en el convento de San Diego que un rayo de la misma tormenta mató a un religioso tocando la campana y en el examen del cadáver se halló un horificio de podría haberse hecho por la piedra o instrumento contundente. Aunque la Sociedad consideró la piedra-rayo una falsa creencia, comprobamos cómo el autor de la anterior disertación la rechaza en un caso, pero parece admitirla en otro, y no asocia su efecto al propio rayo.*





**Capítulo XVI**

**SOBRE LOS TERREMOTOS**



Monumento de la plaza del Triunfo, conmemorativo del terremoto de 1755



## **SOBRE LOS TERREMOTOS**

**P** prueba del interés científico suscitado en la Regia Sociedad por los terremotos, a partir del que sufrió Sevilla el día 1 de noviembre de 1755, es que solicitó a algunos de sus miembros que preparasen disertaciones sobre los fundamentos físicos de sus causas y propuestas para prevenir o amortiguar sus efectos. Fenómeno de tanto impacto social que causó graves perjuicios en el casco urbano y desató gran alarma, debía tener obligada referencia en la Regia Sociedad.

En relación con el terremoto de 1755, que causó graves daños en el sur de la Península, existen documentos de la época (actas capitulares, informes oficiales, declaraciones de maestros de obra, etc.) que registran las desgracias personales y los destrozos en los edificios. Aunque afectó al conjunto del suroeste de la Península, es conocido como “terremoto de Lisboa”, por ser la ciudad más importante próxima a la zona epicentral, y quedar destruidas amplias zonas de su casco urbano. Ello originó la reconstrucción según un nuevo trazado urbanístico, bajo el impulso planificador del marqués de Pombal.

Sobre los efectos en poblaciones costeras del maremoto asociado, en *Noticia individual que da la Academia de la Historia del terremoto del 1º de Noviembre* puede leerse, por ejemplo: *había salido el mar fuera de sus límites más de media legua (Redondela), ... y tres veces se había derramado impetuoso por sus playas (Lepe)*. En la biblioteca universitaria se conserva copia de la *Relación del terremoto y agitación de la mar acaecido en la ciudad de Ayamonte*, escrito por Joseph Padrino, localidad en la que se computaron más de mil muertos.

Los terremotos de mayor intensidad en la historia de Sevilla, junto con el de 1755, fueron el de 1356, que provocó la caída de los remates esféricos de la “giralda”, y el de 1504, que destruyó parte de la muralla de Carmona. El terremoto de 1755 se produjo en la festividad de Todos los Santos durante la hora en que muchos fieles se encontraban en misa en el interior de los templos. En las noches precedentes al terremoto, según

## TERREMOTOS

algunos cronistas, coincidió la observación de cometas o lluvia de meteoritos por lo que se les asignó relación causal o de anuncio. Las circunstancias indicadas hicieron que estos fenómenos naturales se interpretaran alarmistamente como “avisos divinos”.

### **1. Interés en la Regia Sociedad**

A partir del catastrófico terremoto, por la preocupación social que generó y la demanda de explicaciones racionales, este tema adquirió una atención preferente en las actividades de la Sociedad. En la Junta del día 25 del mismo mes de noviembre se fija al aspirante Dr. Gámez, como primer punto de examen, correspondiente al tema físico: *De las causas de los terremotos, sus efectos y si pueden por algunas señales prevenirse*. En la lección inaugural del curso siguiente, el 21 de octubre, la disertación institucional a cargo del Sr. Vicepresidente se titula: *Sobre las causas particulares que pudieron influir en el vehemente terremoto, que se padeció en mucha parte de nuestra Patria, en el día 1º de Noviembre del año pasado de 1755*. De ambos escritos solo se conservan las referencias en las actas, sin que hayamos podido acceder al texto original.

En los legajos de 1756, sin embargo, se encuentran dos disertaciones completas referidas también a terremotos, con orientaciones complementarias sobre sus posibles efectos: hacia la salud pública y hacia la conservación de los edificios.

### **2. De los terremotos y sus efectos sobre la salud**

La primera de estas disertaciones, expuesta el día 6 de febrero, se titula *Disertación Phisico-médica del espantoso terremoto que se experimentó en esta Península de España a las diez de la mañana del día primero de Noviembre del Año 1755*, escrita por D. Julián García Blanco de Carazena, Clérigo de Menores, Socio de la Real Academia de las Ciencias de Sevilla y médico de la ciudad de *Ezixa*. El punto 1 trata sobre las causas de los terremotos, si bien lo hace desde la recopilación de opiniones de distintos historiadores, geógrafos y filósofos. No es frecuente en las disertaciones de la Regia Sociedad la utilización de tan largas citas en latín como emplea el ponente. En el inicio establece:

*En orden a las causas encuentro mui discordes a los Phisicos, atribuyendo cada uno tan raro efecto a diferente principio.... por lo que expondré la más verosímil. Supongo inconcurso e indubitable que en las entrañas de la tierra se hallan minadas grandes porciones de minerales, principalmente de materias bituminosas, salinonitrosas,*

*sulfúreas cuya colección hace una polvora natural fácilmente inflamable, que vivifica al fuego subteraneo.*

El temor, extendido a todos los ámbitos sociales, a los impactos de los terremotos, plantea en la Regia Sociedad la posibilidad de predecirlos. El ponente también expone el modo *de averiguar las señales que anteceden a los terremotos, de cuya presencia podamos vaticinarlos*. Sobre algunas creencias de la época cita el catálogo de señales que J. Baglivo recoge a partir del terremoto que sufrió Italia en 1703: *Luna de color de fuego, ... al ponerse el Sol se veían unos rasgos blanco, ... al nacer el Sol había a sus lados dos globos de fuego,...* ¡Tan sorprendentes manifestaciones suponemos que no serían compartidas por sectores ilustrados.

La segunda parte de la disertación está dedicada a indagar si los terremotos, además de los violentos daños, son motivo que se propaguen enfermedades. Los primeros apartados los dedica a las emisiones volcánicas: *Los volcanes cuando revientan exhalan la fundición que padecen los minerales de las cavernas de la tierra, de que es testigo el intolerable hedor a azufre. ... Se infiere que las pestilencias y demás enfermedades epidémicas se comunican mediante algún efluvio maligno fluctuante en el ayre ... De qué naturaleza y textura sean estos vapores que bastan para infectar toda la sangre... es, en mi estimación, imposible averiguar.*

Posteriormente centra el análisis en los efectos en la ciudad de Sevilla del reciente terremoto, y observa: *ni se ha abierto hendiduras sensibles en la tierra por donde se hayan arrojado efluvios ponzoñosos, es de creer que no se siga perjuicio grave. Se sigue que con las circunstancias que en esta Ciudad se padeció, no puede ni natural y phisicamente hablando, ser causa productiva de pestes u otra epidemia.*

### **3. De las causas físicas de los terremotos y su efecto en los edificios**

La otra disertación de 1756, referente a terremotos, ocupa la segunda parte de la intervención de D. Joseph Infante, de Chiclana, el día 18 de mayo, titulada: *De los perjuicios que los terremotos hacen en los edificios según su disposición y centro de gravedad sobre su plano, y las precauciones para la seguridad y sitio en que puede ser menos terrible*. Evidentemente responde a la otra preocupación de la población ante los terremotos, el derrumbe de edificios. En este capítulo vamos a dirigir nuestro análisis más detallado a esta última disertación, de mayor contenido físico, con la selección y comentarios de textos del documento original.

## TERREMOTOS

### 4.1. Origen y propagación.

Desde la perspectiva de los fundamentos de la física aplicados a la construcción, consideramos tan interesante el contenido de la disertación como su estructura expositiva. Aunque los fundamentos no sean acordes con las teorías actuales, en nuestra opinión, mantiene un modelo que sirve de reflexión para la divulgación científica.

La disertación comienza estableciendo el marco de estudio del fenómeno, en este caso un fenómeno natural no manipulable directamente por experimentador: *y assi digo que los efectos de los terremotos han podido inferirse de los efectos de la pólvora, pero no sugetándose a demostraciones matemáticas ni preceptos phisicos,... quedan más admirados que aprehendidos de nuestra inteligencia. Los materiales que dentro de la Tierra se inflaman para ocasionar el sensible movimiento que experimentamos en los terremotos, puede presumirse de algunas observaciones phisicas, pero no asegurarse.*

Describe los fundamentos físicos a partir de las experiencias indirectas realizadas y las interpretaciones cualitativas que se obtienen. Observamos que, si bien se cuantifica la preparación del experimento, no se establecen resultados numéricos de los efectos que permitan posteriormente relacionar magnitudes. *Tan loable como meritoria experiencia de enterrar 25 libras de limaduras de hierro con otras 25 de azufre en polvo, amasado todo con agua, y notó que encendiéndose insensiblemente esta mixtión a cierto tiempo rompió la Tierra para exhalar el Aire, y se sintió un estrépito y temblor semejante a los Terremotos. Este experimento ha dado motivo a otros phisicos para practicar varios, en que no han confrontado los efectos, por lo que se haya este punto reducido a dictámenes.*

Posteriormente expone distintas hipótesis sobre las causas de los terremotos, y ofrece las interpretaciones basadas en los conocimientos científicos de la época: *el aire que ocupa grandes cabernas en las entrañas de la Tierra, dilatado por un agente tan eficaz como el fuego subterráneo, rompe aquella clausura en que se halla oprimido, para ocupar toda su precisa extensión causando estremecimiento en todas las partes impelidas de su impulso.*

*No obstante, esta opinión, qué parece bien fundada, no es seguida de los que pretenden que las referidas materias combustibles tengan subterráneamente un agitado movimiento o frotación entre sí, de que resulte su inflamación Otros quieren defender que los mencionados materiales son de tal naturaleza que luego que algún Aerofylacio les comunique casualmente el aire se inflamen desencadenando su elasticidad. Otros, se inclinan a que dichas materias se desecan tanto en su matriz, que al punto que algún*

*hidrofylacio las humedece se inflaman, como sucede con la cal y otros phosforos artificiales.*

*Pero entre todos estos pareceres no hallamos prueba real ni congruente para afirmarnos positivamente en el asunto, cuando todo es conjeturable.*

La parte siguiente del tratamiento físico del fenómeno es la explicación pormenorizada sobre la forma de propagación. Frecuentemente, la metodología científica de la época establece los supuestos iniciales, que sirven de base para justificar los efectos observables. *En cuyo acto se notan tres distintos movimientos. El primero es un movimiento suspensorio que algunos llaman perpendicular o de trepidación, porque mueve la Tierra hacia arriba. El segundo es un movimiento de oscilación o que otros dizen horizontal u de ondulación porque mueve la tierra de un lado a otro. El tercero es movimiento mixto del de oscilación y suspensorio... El primer movimiento suspensorio puede ser en algunas partes perpendicular y en otras oblicuo; la causa es porque tal fuerza del terremoto por precisión ha de ser concéntrica, es decir como el radio a la periferia de la esfera. En la figura 1, supóngase  $Q$  el depósito de materia combustible, si ésta dirige sus fuerzas hacia  $O$  y  $P$ ...*

El autor hace referencia a figuras que no se conservan, ni es imprescindible su reconstrucción para el interés de este artículo, que suponemos se expondrían a la visión de los asistentes al acto, en forma de láminas. Metodológicamente, lo más importante es la intención de comunicar de forma didáctica y concisa la justificación de la existencia de los diversos tipos de movimiento: *movimiento de oscilación procede de que empleándose la fuerza en la figura cónica contra los lados  $AB$  y  $AC$  retrocede de una y otra parte, cuya función es preciso que resulte en todo el espacio  $ABC$  el referido movimiento oscilatorio. El movimiento mixto dimana de que la fuerza retrocedida de la parte  $AB$  hacia  $AC$ , y de la parte  $AC$  hacia  $AB$  tiene vigor al mismo tiempo, para mover hacia arriba el espacio  $BC$ .*

Posteriormente, justifica que los terremotos no sean siempre de la misma fuerza y extensión. Es notable la distinción entre el movimiento suspensorio-perpendicular y el de oscilación horizontal, que se pueden asociar al significado actual de ondas transversales y longitudinales. Pero, tal vez, lo más meritorio sea la explicación mecánica por métodos gráficos, basándose en la propagación según orientaciones cilíndricas o cónicas.

Es curioso, y denota gran observación, que se aluda a un tercer tipo de movimiento: hoy sabemos que, aparte de las ondas sísmicas en volumen longitudinales (tipo P) y

## TERREMOTOS

transversales (tipo S), también hay ondas mixtas de Rayleigh, mezcla de transversales y longitudinales, que dan lugar a movimientos de terreno de trazado elíptico, tanto retrógrado -a nivel superficial- como de avance -a mayor profundidad.

Para los conocimientos geológicos actuales, las anteriores explicaciones recogidas en las disertaciones pueden parecer excesivamente simplistas, pero ello no anula su valor de hipótesis científica racional, vigente durante un determinado periodo, y como tal, precursora de las nuevas teorías, a su vez provisionales, que caracteriza el avance científico y tecnológico.

### 4.2. Circunstancias que pueden contribuir a la ruina de los edificios.

Tras la exposición de la base física de los terremotos, la segunda parte se refiere expresamente al efecto sobre las construcciones. Establece un orden didáctico que explica la magnitud de las consecuencias, basado en criterios lógicos. Consideramos que tiene una finalidad divulgativa, por lo que no especifica técnicas de construcción, sino en cuanto le sirve para presentar unos resultados que la población sevillana observaba en los edificios destruidos de la ciudad. Es previsible la elección de este enfoque si se desea corregir creencias populares, basadas en la ignorancia. El propio autor sugiere la intencionalidad didáctica, al confesar en la conclusión de la primera parte, de más difícil entendimiento general: *Y habiendo reducido a figura este discurso, para que con menos expresiones, pueda comprenderse el movimiento de la tierra.*

Comienza detallando las consecuencias y gravedad de los tipos de movimientos anteriormente descritos: *el que puede causar más ruina es el mixto, porque hacia los lados desploma y hacia arriba desune. El suspensorio solo desune y el de oscilación, aunque desploma, pueden resistirlo más los edificios, porque a todas partes a donde se inclinen hallan estrivos para su empuje, y más en poblaciones donde están unidos unos con otros los cimientos y paredes de fábricas.*

Establece, con carácter general, las zonas de máximo riesgo, conforme con las hipótesis iniciales sobre el origen de los terremotos: *... y como esto es casual, no podemos vivir prevenidos para evitar el daño; no obstante, los lugares más expuestos a estas desgracias son aquéllos en que se hallan algunas bocas de fuego, como en Sicilia, Islas Canarias y otras partes ... poblaciones cercanas a alguna sima profunda, están más expuestas a la ruina, porque en éstas halla menor resistencia el aire para moderar la fuerza de su elasticidad, y así, obrando con todo el ímpetu de su condición, puede quebrantar la Tierra y sumergir alguna parte de ellas en sus cavidades.*



Las disertaciones citadas en el capítulo III tratan en extenso las experiencias de la máquina de Boyle, sobre el comportamiento de los gases, realizadas periódicamente en la Regia Sociedad y, por tanto, suficientemente conocidas por los asistentes a estos actos. El autor centra, a continuación, su atención en las características particulares del terreno:

*Si la situación del edificio es en la ladera de algún monte,... Si el edificio está construido sobre terreno esponjoso puede ser arruinado... Cuando los edificios están plantificados el lado del mar, rios, lagunas, ... los fundados a las orillas del mar, no solo están expuestos a la ruina por los motivos de los terremotos, sino por las irrupciones que éstos hacen en las aguas, pues....*

*De todo lo expresado se infiere que los edificios fundados sobre roca o tierra sólida, como la de que se hace la cal, son los que más pueden preservarse de la ruina ocasionada por los terremotos, porque sobre la firmeza de su plano gravitan por igual todas sus partes y así con dificultad podrá desunirse la travazón de ellas, que es en lo que consiste la más o menos resistencia de las fábricas.*

La disertación prosigue refiriéndose ya directamente a las técnicas de construcción y de la calidad de los elementos. *Además de las circunstancias que deben concurrir en el terreno puede pender de la mala construcción de los edificios, su poca firmeza; porque si están fundados superficialmente, esto es, sin profundizar las excavaciones de los cimientos hasta encontrar roca o tierra firme, como es regular, no hay duda que harán algún sensible movimiento abriéndose las paredes, arcos o bóvedas con su propia gravedad, y más si el fondo de las dichas excavaciones no está perfectamente anivelado, ... si las piedras o ladrillos de la obra no van bien sentados sobre una moderada tonga de mezcla, humedecidos, ripiados, safarrados y trabados de forma que la junta de una hilada venga a caer sobre el maziso de la otra, se abrirán las paredes... cuando la piedra que se emplea sea tan blanda que se desmorona, o el ladrillo esté crudo, la cal poco cocida o mal apagada, la arena delgada o gredosa y las mezclas hechas sin la debida proporción o sobada con poca agua, y así el buen artífice, observando los preceptos de la Architectura Civil.*

Tras esta relación detallada de los defectos en que podían incurrir los constructores del s. XVIII, y que actualizando términos puede, quizás, servir de advertencia y reflexión a los del presente, plantea el autor un punto debatible sobre el que se pronuncia con una propuesta final:

## TERREMOTOS

*No obstante lo dicho, se duda si los edificios fuertes resisten más que los otros a los movimientos de los terremotos ,... bien entendido, que tal puede ser la fuerza del terremoto que no se dé resistente proporcionado a ella, aunque los tales edificios estén ligados con ataderos o barras de hierro como quieren algunos, cuya precaución fuera excusada en todo acontecimiento, si las obras se hicieran de piedras o ladrillos adentellados, que entonces sería preciso que toda la fábrica se trastornase y aun con todo no se desunirían los materiales. Esta idea, ... no se siguió quizás por muy costosa, pero nadie podrá negar que es más firme y segura.*

Investigaciones sobre el riesgo sísmico de Sevilla indican que los edificios sevillanos más dañados en 1755 fueron los de mayor altura y de construcción sólida, por el alto contenido de bajas frecuencias de aquel movimiento sísmico (P. Gentil, 1989). En “Noticia...” se comprueba que, si bien algunas poblaciones sufren destrucción generalizada, en otras afectan particularmente a edificios militares y religiosos sólidos, y consta: *no se arruinaron las casas por su humildad y materia que es barro (Villablanca), En la parroquia y en las casas que son de pobre construcción solo hubo regulares hendiduras (San Silbestre).*

### **5. Contexto científico y social**

Por la demanda actual de la población y la disposición de los medios de comunicación a ofrecer información sobre los volcanes, a raíz de la reciente erupción en la isla de la Palma en 2021, podemos deducir la inquietud generada por el terremoto de 1755. Desconocemos la repercusión que las explicaciones racionales sobre los fenómenos naturales realizadas por la Regia Sociedad pudieron alcanzar en el ambiente de la época; si fue una aportación más a la modernización social, o si su influjo se circunscribió a determinados círculos ilustrados. En el caso del citado terremoto, a la ignorancia popular se une la influencia de algunos eclesiásticos que lo interpretan como castigo divino. Por el contrario, religiosos ilustrados como fray Miguel Cabrera, provincial del convento de San Francisco, y socio de erudición de la Regia Sociedad, solicita a esta autorización para publicar un libro sobre las causas naturales de los terremotos.

Ante interpretaciones simplistas o intencionadamente alarmistas, era necesario aportar la racionalidad de la explicación científica, por la institución sevillana capacitada para ello. Las disertaciones analizadas en el presente capítulo poseen marcado carácter didáctico, en las que se explican las posibles causas físicas de los terremotos como

fenómeno natural, y cómo la incidencia sobre los edificios se justifica por las características arquitectónicas.

Evidentemente, esta última disertación no pretende ser un manual de técnica antisísmica, sino que su objetivo trasciende del propio tema. La disertación destaca el origen explicable de las causas y los probables modos de actuación, a la luz de los conocimientos de la época. Se incluyen referencias experimentales para no caer en elucubraciones infundadas de periodos precientíficos, y las opiniones no contrastadas se exponen únicamente como *conjeturas verosímiles*.

Los argumentos geofísicos expuestos no tienen validez actual, ni previsiblemente los de hoy la mantengan dentro de dos siglos, sin que por ello carezcan de valor interpretativo. Sin embargo, consideramos que el tratamiento que el autor realiza de los efectos sobre los edificios es excesivamente general. Un profesor de artillería debía poseer suficientes conocimientos sobre técnicas de fortificación, que le hubieran permitido profundizar en el tema. Por ello, interpretamos que su intención al dirigirse a un público sin formación especializada fue poner de manifiesto, frente a la ignorancia y superstición, que las ruinas son causadas de acuerdo con el emplazamiento, resistencia y estructura arquitectónica. Sin embargo, la exigencia de la Regia Sociedad estaba dirigida hacia puntos concretos que se enuncian en el título, y cuyo desarrollo, en nuestra opinión, no es completo. Desconocemos si existieron, en este sentido, réplicas de otros socios a la exposición del autor, y las posibles contrarréplicas en su caso, a veces más interesantes que la misma exposición inicial.

Los actos promovidos en relación con el terremoto ponen de manifiesto que el interés de la Sociedad por la divulgación científica está plenamente vinculado con la realidad social. No solo muestra un interés genérico y académico por el conocimiento de los fenómenos físicos, sino que un acontecimiento singular con graves repercusiones en la ciudad, y en el conjunto del reino, requiere una respuesta racional que explique a la población el origen y mecanismos de estos sucesos.



## EPÍLOGO

**D**eseamos presentar algunas reflexiones a modo de breves conclusiones acerca de la elaboración del texto anterior. La intención de componer el presente volumen ha sido divulgar el desarrollo histórico sobre física en la Regia Sociedad de Medicina y otras Ciencias, generalmente ignorado, que ponen de manifiesto la difusión de determinada concepción innovadora de la ciencia, minoritaria en la España del siglo XVIII.

Esta concepción acepta la experimentación como base del conocimiento, propugna la racionalidad como sistema de divulgación y su utilización para la difusión de los procedimientos que favorezcan el bienestar general. Estas ideas son aceptadas, en ocasiones, por los mismos ilustrados con contradicciones e incluso con reservas en los puntos que puedan afectar a las creencias. Para ofrecer una visión más completa, en la selección crítica de textos, junto a los que consideramos que han contribuido a la actualización conceptual y de métodos, también hemos citado algunos escritos que, por contraste, mantienen una concepción más tradicional.

Otros legajos y documentos antiguos en bibliotecas y archivos sevillanos en el futuro podrán complementar la visión ofrecida, en particular en la implantación histórica de las aplicaciones técnicas (obras públicas, manufacturas y artes industriales, agronomía, minería, etc.).

Los estudios de historia de la ciencia andaluza y sevillana, algunos recogidos en la bibliografía final, prestan especial dedicación a la enseñanza universitaria a partir del siglo XIX y, sobre todo, en el siglo XX. En general, se limitan a comentar brevemente las transformaciones de la Ilustración; entre ellas incluyen, sin profundizar, la actividad de la Regia Sociedad Hispalense. Estimamos que ese enfoque es una aportación

## EPÍLOGO

interesante y necesaria, pero ofrece una visión parcial y sesgada temporalmente. Consideramos que este libro contribuye a ampliar la perspectiva de la historia de la ciencia española.

Alguien puede echar en falta que en un estudio sobre la ciencia sevillana en el siglo XVIII no se incluya una sección específica dedicada a D. Antonio de Ulloa (1716-1795). Aunque a lo largo del texto hay algunas referencias sobre su influencia, hemos considerado que este libro está dedicado a difundir fundamentalmente información novedosa de las aportaciones de ilustrados sevillanos desarrolladas en la misma ciudad. Por el contrario, la biografía sobre la vida y la obra de Ulloa ha merecido variados estudios de amplia difusión, entre ellos algunos publicados recientemente por la Universidad de Sevilla. Ello no es óbice para resaltar su gran labor de renovación intelectual promovida en España. Podemos, sin embargo, señalar su contribución, poco conocida en Sevilla, del proyecto y construcción (1777 a 1779) de husillos de desagüe y fortalecimiento del muro de defensa frente a las inundaciones del río.

Agradecemos a cuantos han colaborado en la organización y publicación de esta obra; a la Dra. D<sup>a</sup>. Josefa Roxo, de la Academia de Medicina, por su ayuda en la búsqueda documental. Al Dr. D. Antonio J. López Tarrida, profesor del Dpto. de Física Aplicada II de la Univ. de Sevilla, compañero y amigo, por su asesoramiento y revisión de estilo. Nuestra gratitud al Dr. D. Antonio J. Acosta por sus acertadas indicaciones en la redacción del texto y haber aceptado, con su magisterio como investigador y comunicador científico, representación académica y calidad humana, prologar el presente volumen. Y nuestro especial reconocimiento a la Real Academia de Medicina de Sevilla, heredera de la Regía Sociedad, por acoger en sus publicaciones este texto de divulgación de la actividad científica en el siglo XVIII.

Sobre la valoración de los textos científicos, como los que se recogen en esta obra, debemos tener en cuenta el momento histórico en que se elaboran y la finalidad a la que sirven. La contribución de la Regia Sociedad y de otras Academias es múltiple, y no solo por la divulgación de temas científicos, sino también por generar interés respecto de las innovaciones que conduzcan al bienestar público. En los anteriores capítulos hemos seleccionado algunas disertaciones, tomadas como ejemplo, a partir de las cuales se pretende mostrar el ambiente social, la innovación de sistemas y contenidos, la aportación de actitudes racionales infrecuentes en su época, la actividad y metodología didáctica de instituciones no específicamente docentes, y el posible efecto de la divulgación científica. Así, consideramos de interés exponer la labor

desarrollada por las instituciones que, si bien no han contribuido a las ciencias con grandes aportaciones originales, han sido impulsoras del conocimiento y vehículo de propagación en la sociedad de su tiempo, y que nos permiten conocer, en España, el proceso histórico de difusión científica y de sus aplicaciones.

La función de la Regia Sociedad es limitada en el tiempo. Opinamos que, por encima de contenidos concretos, su misión principal fue remover el inmovilismo doctrinal y generar el interés por el conocimiento experimental. Hemos descrito y valorado su actividad, centrada en el siglo XVIII. Posteriormente, otros organismos se incorporaron a la actualización del conocimiento. A lo largo del siglo XIX, la Universidad recoge el relevo de la difusión científica, por lo que la labor de la Sociedad queda circunscrita al importante campo sanitario. En este sentido, se crea en 1830 la Real Academia de Medicina, actual continuadora de la Regia Sociedad.

En nuestro criterio, el cuerpo de la presente publicación atestigua que la Regia Sociedad sevillana, a lo largo del siglo XVIII, es una de las más destacadas instituciones españolas dedicadas a la difusión del saber y su repercusión en beneficio público. Por ello, estimamos que como corporación merece el pleno reconocimiento académico y social por la importante labor desarrollada en diversas áreas sanitarias y científicas y, en particular, en el campo de la física.

En definitiva, como una manifestación de la historia de la cultura, con este libro pretendemos aportar un nuevo enfoque de la divulgación, sevillana y por extensión española, de la Física durante el siglo XVIII, hasta ahora insuficientemente estudiada. Por tanto, consideramos que la publicación de la presente obra cubre un vacío en la historia científica y cultural de la ciudad de Sevilla.





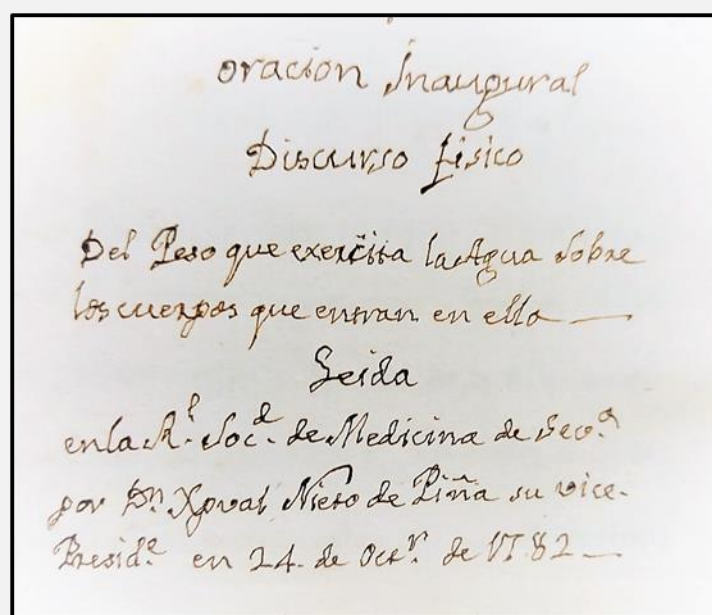




## APÉNDICE I

### Relación cronológica de disertaciones sobre tema físico expuestas en la Regia Sociedad Hispalense durante el siglo XVIII.

Gran parte de las disertaciones son accesibles al manuscrito original o están editadas en una de las diez memorias anuales. De algunas se tiene noticia por ser citadas en actas sin que sea posible consultar el texto completo o por ser referencia de actos experimentales; de otras solo se conoce título y autor porque se incluye en la relación del extracto anual de actividades.





LA CIENCIA FÍSICA EN SEVILLA DURANTE EL SIGLO XVIII

	<b>Capítulo</b>	<b>Autor</b>	<b>Materia</b>
1725	XII	Barragán	<i>De la luz y los colores</i>
1733	XIII	Buendía	<i>Del rayo</i>
1737	III	Ortiz	<i>Experimentos en Maquina de Boile</i>
1737	XI	Rexano	<i>Sobre el agua marina y dulcificacion del agua salada</i>
1737	VI	Manuel Pérez	<i>Si todos los movimientos de los cuerpos sean todos por impulsión o haya alguno por atracción</i>
1737	III	S.N.	<i>Del ascenso del mercurio en los barómetros</i>
1737	VIII	Rodríguez	<i>Causa del movimiento vibratorio en los péndulos de los relojes sea mas tardo en tiempo frio</i>
1737	VIII	Brioso	<i>Porque el contacto del aire elado enfrie más que la nieve</i>
1737	III	S.N.	<i>Del vacuo</i>
1739	VI	Ortiz Barroso	<i>Sobre el movimiento de los Cuerpos</i>
1741	III	de León	<i>Explicación de los experimentos en la machina de Boile</i>
1741	XII	J. Correa	<i>Color</i>
1741	VIII	Fdez Castilla	<i>En que consiste la frialdad</i>
1741	IV	S.N.	<i>Sobre los liquidos</i>
1741	III	de León	<i>Diseración experimental sobre el vacío</i>
1743	VI	Ortiz	<i>Que sea la atracción de los cuerpos y sus causas</i>
1743	IV	S.N.	<i>Sobre la naturaleza de los líquidos</i>
1745	III	Brioso	<i>Explicación de los experimentos en la machina de Boyle</i>
1745	VII	Flores	<i>Del movimiento de la luz, su dirección y propiedades</i>
1745	VIII	Robles	<i>De la esencia del frio</i>
1746	XI	Pérez Delgado	<i>Sobre la naturaleza y propiedades de la luz</i>
1748	XV	S.N.	<i>Sobre el Rayo</i>
1748	XIV	Vicepresidente	<i>Sobre el modo de formarse el granizo</i>
1751	V	Delgado	<i>El origen de las fuentes de Sevilla.</i>
1752	XIV	S.N.	<i>De la causa física de los vientos</i>
1752	III	Nieto de Piña	<i>Si se da el vacío en la naturaleza</i>
1752	III	González de León	<i>Memoria de las machinas pneumaticas y electricas</i>
1752	IV	Buendía	<i>Sobre el agua</i>
1753	XII	Fdez de Mesa	<i>Elasticidad</i>
1754	X	González de León	<i>La electrización y si esta es remedio para curar la perlesia</i>
1754	XII	Muela y Molina	<i>Que sea la luz y como se comunique</i>
1754	VII	Morales	<i>Mecanismo con que se forma la voz</i>
1755	XIII	Pérez	<i>Sobre la elasticidad de los cuerpos</i>
1756	II	J. Infante	<i>Sobre la utilidad de las Ciencias Matematicas para la Phisica y la Medicina</i>
1756	XII	Benítez	<i>De la naturaleza de la luz</i>
1756	XVI	Gámez	<i>De las causas de los terremotos, sus efectos y si pueden por algunas señales prevenirse</i>
1756	XVI	García Brioso	<i>Sobre la causa física del terremoto del 1º de Nov. de 1755</i>
1756	XVI	García Blanco	<i>Disertación Phisico-médica del espantoso terremoto</i>
1756	XVI	J. Infante	<i>De los perjuicios que los terremotos hacen en los edificios</i>

Apéndice I

1758	V	Torres Gil	<i>Supuesta la gravedad absoluta del agua, quanto sea el momento de su pesantez</i>
1758	XIII	S.N.	<i>De la elasticidad de los cuerpos</i>
1758	VII	Gil de Soto	<i>Idea formal o naturaleza de los sonidos y los ecos.</i>
1759	XV	Vicepresidente	<i>De la naturaleza y propiedades del rayo</i>
1759	III	G. Romero	<i>La pesantez y elasticidad del Ayre</i>
1760	V	Calonge	<i>Del movimiento del flujo del agua en la naturaleza</i>
1760	III	G.I. Romero	<i>Experimentos físicos sobre la pesanted y elasticidad del aire.</i>
1760	V	Bravo	<i>Ensayo de las aguas de río Tinto y análisis de sus medicinales producciones</i>
1760	XIII	Martín Manzano	<i>Extensión y divisibilidad de los cuerpos en sentido fisico-matemático y práctico</i>
1760	III	Martín Manzano	<i>Si sea cierto que en la maquina de vacio, excluso el aire ...</i>
1761	III	T.M.Romero	<i>Comprecibilidad y Rarefactibilidad del Ayre</i>
1761	IV	T.M. Romero	<i>Hydrostatica</i>
1762	XIII	García Brioso	<i>Si era cierto la existencia de la piedra rayo</i>
1764	XV	Buendía Ponze	<i>Sobre la naturaleza del sol y su influjo sobre los vivientes</i>
1764	XII	Pérez Delgado	<i>Sobre la naturaleza de la luz</i>
1765	IX	Cotte de la Torre	<i>Electricidad puntos de Examen</i>
1765	V	Correa	<i>Experimentos físicos pertenecientes al agua y examen químico-hidroestático-hidráulico de las fuentes</i>
1765	V	Correa	<i>Experimentos físicos sobre agua, fuego y colores</i>
1765	V	Buendía	<i>Sobre el origen, calidad de las Aguas potables de Sevilla,</i>
1766	VII	Roseains	<i>En que se demuestra la Música ser remedio de muchas enfermedades</i>
1766	VII	Asunción	<i>que constan de las Sagradas Escrituras curadas con la Música, exponiendo el modo de producirse</i>
1770	X	Ximénez de Lorite	<i>Disertación presentando en la maquina eléctrica varios físicos experimentos.</i>
1770	X	Dietritch	<i>Noticia maquina electrica</i>
1770	XV	García Brioso	<i>Sobre la naturaleza de la Tierra y sus propiedades</i>
1771	XV	Nieto de Piña	<i>Del sol y sus admirables propiedades</i>
1772	XIV	Nieto de Piña	<i>Del la atmosfera del globo terraqueo</i>
1773	XIV	García Brioso.	<i>De los vientos que dominan en esta ciudad de Sevilla</i>
1773	XIII	Pérez Valdés	<i>De la elasticidad de los cuerpos</i>
1775	X	Matoni	<i>Que sea la electricidad y como se expliquen sus fenómenos</i>
1775	X	García Cazalla	<i>La naturaleza de los efluvios eléctricos y si conduzcan para curar las perlesías</i>
1775	XV	C. Nieto de P	<i>Del mar y sus propiedades mas notables</i>
1776	X	Álvarez	<i>Que sea la electricidad y como se comunique</i>
1778	V	Ximénez de Lorite	<i>Causas físicas de las inundaciones de Sevilla y modo de remediarlas</i>
1778	XI	Díaz de Vega.	<i>La luz</i>
1779	XIV	Nieto de Piña	<i>De las causas físicas y efectos del Rocío</i>
1779	X	Sr. Matoni	<i>Sobre la virtud electrica y sus aplicaciones médicas</i>
1779	X	Matoni	<i>Experimentos electricos en la nueva maquina de electrizar</i>

LA CIENCIA FÍSICA EN SEVILLA DURANTE EL SIGLO XVIII

1779	X	Alvarez	<i>Si la electricidad es cosa residente en los cuerpos. Causa del sentido del movimiento de imanes</i>
1782	IV	Nieto de Piña	<i>Del peso que ejercita el agua sobre los cuerpos que entran en ella</i>
1782	V	Ximenez de Lorite	<i>Causa física de las inundaciones</i>
1784	V	F. Delgado	<i>De las enfermedades que pueden seguirse de resultas de la pasada inundación del Guadalquivir</i>
1784	V	Nieto de Piña	<i>Varias reflexiones sobre las inundaciones del río en Sevilla.</i>
1784	VI	F. Valderrama	<i>Si el vuelo de Simón el Mago fue natural o prestigioso</i>
1785	X	B de Santiago	<i>Que sea la electricidad y sus propiedades de auxilio en la impotencia viril</i>
1785	XIV	García Brioso	<i>De la naturaleza del aire y sus propiedades</i>
1786	XIV	F. Buendía	<i>Sobre la esfera armillar y los climas</i>
1786	III	Sancho Buendía	<i>Experimentos en la nueva maquina pneumática y su explicacion</i>
1786	XI	F Delgado	<i>Del magnetismo animal</i>
1786	II	Sancho Buendía	<i>Si algunas partes de la Matemática sean necesarias para la práctica de la Medicina.</i>
1787	XI	Glez. Centeno	<i>Porqué la piedra imán es remedio en algunos dolores</i>
1788	VII	Glez. Centeno	<i>Influjo en la salud del ímpetu violento que causa en la atmosfera el estallido ... Ruidos</i>
1788	X	Nieto de Piña	<i>Utilidad de las emanaciones electricas para la salud</i>
1790	XIV	Sancho Buendia	<i>Climas y vientos de Sevilla</i>
1790	X	Matoni	<i>Explicación de los experimentos electricos</i>
1790	VI	Cabrera	<i>Sobre la causa del ascenso de los graves</i>
1791	XIV	X. Lorite	<i>Sobre las tormentas</i>
1792	XIII	Sancho Buendía	<i>Consideraciones sobre dos disertaciones relativas vientos y clima</i>
1792	XIII	Parias	<i>Sobre el aire vital</i>
1792	X	Rodríguez Vera	<i>Proposiciones sobre los fenómenos electricos</i>
1792	V	Herrero	<i>Examen de las aguas de la Huerta nombrada del Polvorista y Aljibe de San Pablo</i>
1793	XIII	Pedro Henry	<i>De los errores que comúnmente se padecen en las observaciones meteorológicas y remedios</i>
1793	V	Herrero	<i>Examen de las aguas que corren con el título de la Huerta de los Acebedos, Molina</i>
1796	V	Herrero	<i>De las Aguas que corren con título de Medicinales en las cercanías de esta ciudad</i>
1797	XIV	S.N.	<i>Sobre la niebla</i>
1797	X	Vera Limón	<i>Demostraciones electricas acomodadas a la medicina</i>
1797	II	Benítez	<i>De las utilidades que han contribuido a la practica médica los nuevos adelantamientos de la Física</i>
1797	V	Vera y Limón	<i>De lo perjuicios médicos que causan las inundaciones del Guadalquivir, modo de precaver y de corregirlo</i>

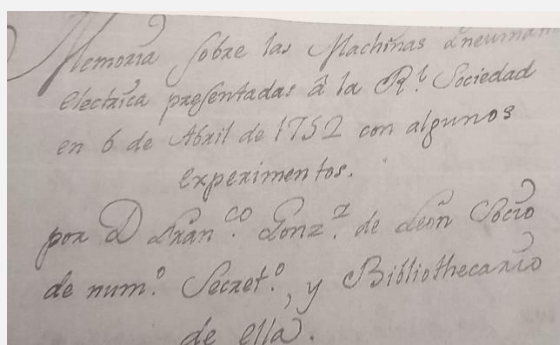




## APÉNDICE II

### Relación ordenada por materia de las disertaciones sobre tema físico expuestas en la Regia Sociedad Hispalense durante el siglo XVIII.

I La Regia Sociedad / II La Física, ciencia experimental/ III Del vacío y los gases/ IV De la hidráulica/ V Hidrostática/ VI Sobre los movimientos/ VII Del sonido/ VIII Del calor y la frialdad / IX El inicio del estudio de la electrostática / X De los fenómenos eléctricos/ XI Del magnetismo/ XII De la luz y los colores/ XIII Propiedades de la materia/ XIV De la meteorología y el clima/ XV Física de la naturaleza / XVI De la Tierra y los terremotos





LA CIENCIA FÍSICA EN SEVILLA DURANTE EL SIGLO XVIII

<b>Año</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Autor</b>	<b>Materia</b>
1756	II	J. Infante	<i>Sobre la utilidad de las Ciencias Matematicas para la Phisica y la Medicina</i>
1786	II	Sancho Buendía	<i>Si algunas partes de la Matemática sean necesarias para la práctica de la Medicina</i>
1797	II	Benítez	<i>De las utilidades que han contribuido a la practica médica los nuevos adelantamientos de la Fisica</i>
1737	III	Ortiz	<i>Experimentos en la Maquina de Boile</i>
1737	III	Cornejo	<i>Del vacuo</i>
1741	III	de León	<i>Explicación de los experimentos en la machina de Boyle</i>
1741	III	de León	<i>Diseración experimental sobre el vacío</i>
1745	III	Brioso	<i>Explicación de los experimentos en la machina de Boyle</i>
1752	III	González de León	<i>Memoria de las machinas pneumaticas y electricas</i>
1752	III	Nieto de Piña	<i>Si se da el vacío en la naturaleza</i>
1759	III	G. Romero.	<i>La pesantez y elasticidad del Ayre</i>
1760	III	G.I. Romero	<i>Experimentos físicos sobre la pesanted y elasticidad del aire.</i>
1760	III	Martin Manzano	<i>Si sea cierto que en la maquina de vacio, escluso el aire ...</i>
1761	III	T. M. Romero	<i>Comprecibilidad y Rarefactibilidad del Ayre</i>
1783	III	Domínguez Rosains	<i>El peso del aire y sus efectos sobre los cuerpos</i>
1786	III	Sancho Buendía	<i>Experimentos en la nueva maquina pneumatica y su explicacion</i>
1743	IV	S.N	<i>Sobre la naturaleza de los líquidos</i>
1761	IV	T. M. Romero	<i>Hydrostatica</i>
1782	IV	Nieto de Piña	<i>Del peso que ejercita el agua sobre los cuerpos que entran en ella</i>
1751	V	Delgado.	<i>El origen de las fuentes de Sevilla.</i>
1752	IV	Buendía	<i>Sobre el agua</i>
1758	V	Torres Gil	<i>Supuesta la gravedad absoluta del agua, quanto sea el momento de su pesantez,</i>
1760	V	Calonge	<i>Del movimiento del flujo del agua en la naturaleza</i>
1760	V	Bravo	<i>Ensayo de las aguas de rio Tinto y análisis de sus medicinales producciones</i>
1765	V	Correa	<i>Examen quimico-hidrostatico-hidráulico de la fuentes</i>
1765	V	Correa	<i>Experimentos físicos sobre agua, fuego y colores</i>
1765	V	Buendía	<i>Sobre el origen, calidad de las Aguas potables de Sevilla,</i>
1778	V	Ximénez de Lorite	<i>Causas físicas de las inudaciones de Sevilla y modo de remediarlas</i>
1782	V	Ximenez de Lorite	<i>Causa física de las inundaciones</i>
1784	V	Nieto de Piña	<i>Varias reflexiones sobre las inundaciones del rio en Sevilla.</i>
1784	V	F. Delgado	<i>De las enfermedades que pueden seguirse de resultas de la pasada inundación del Guadalquivir</i>
1792	V	Herrero	<i>Examen de las aguas de la Huerta nombrada del Polvorista y Aljibe de San Pablo</i>

Apéndice II

1793	V	Herrero	<i>Examen de las aguas que corren con el título de la Huerta de los Acebedos, Molina</i>
1796	V	Herrero	<i>De las Aguas que corren con título de Medicinales en las cercanías de esta ciudad</i>
1797	V	Vera y Limón	<i>De lo perjuicios médicos que causan las inundaciones del Guadalquivir, modo de precaver y de corregirlo</i>
1737	VI	Manuel Perez	<i>Si los movimientos de los cuerpos sean todos por impulsión o haya alguno por atracción</i>
1737	VI	S.N.	<i>Del ascenso del mercurio en los barómetros</i>
1739	VI	Ortiz	<i>Sobre el movimiento de los Cuerpos</i>
1743	VI	Ortiz	<i>Que sea la atracción de los cuerpos y sus causas</i>
1784	VI	Valderrama	<i>Si el vuelo de Simón el Mago fue natural o prestigioso</i>
1790	VI	Cabrera	<i>Sobre la causa del ascenso de los graves</i>
1745	VII	Flores	<i>Del movimiento de la luz, su dirección y propiedades</i>
1754	VII	Morales	<i>Mecanismo con que se forma la voz</i>
1758	VII	Gil de Soto	<i>Idea formal o naturaleza de los sonidos y los ecos.</i>
1766	VII	Roseains	<i>En que se demuestra la Música ser remedio de muchas enfermedades</i>
1766	VII	Asunción	<i>que constan de las Sagradas Escrituras curadas con la Música, exponiendo el modo de producirse</i>
1788	VII	Glez. Centeno	<i>Influjo en la salud del ímpetu violento que causa en la atmosfera el estallido ...</i>
1737	VIII	Rodríguez	<i>Causa del movimiento en los péndulos sea mas tarde en tiempo frio</i>
1737	VIII	Brioso	<i>Porque el contacto del aire elado enfrie más que la nieve</i>
1741	VIII	Fdez Castilla	<i>En que consiste la frialdad</i>
1745	VIII	Robles	<i>De la esencia del frio</i>
1754	X	González de León	<i>La electrización y si esta es remedio para curar la perlesia</i>
1765	IX	Cotte de la Torre	<i>Electricidad, puntos de Examen</i>
1770	X	Ximenez de Lorite	<i>Experimentos electricos</i>
1770	X	Dietritch	<i>Noticia maquina electrica</i>
1775	X	Matoni	<i>Que sea la electricidad y como se expliquen sus fenómenos</i>
1775	X	García Cazalla	<i>La naturaleza de los efluvios eléctricos y si conduzcan para curar las perlesías</i>
1776	X	Alvarez	<i>Que sea la electricidad y como se comunique</i>
1779	X	Matoni	<i>Sobre la virtud electrica y sus aplicaciones médicas</i>
1779	X	Matoni	<i>Experimentos electricos en la nueva maquina de electrizar</i>
1779	X	Alvarez	<i>Si la electricidad es cosa residente en los cuerpos. Causa del sentido del movimiento de imanes</i>
1785	X	B. de Santiago	<i>Que sea la electricidad y sus propiedades de auxilio en la impotencia viril</i>
1788	X	Nieto de Piña	<i>Utilidad de la emanaciones electricas para la salud</i>
1790	X	Matoni	<i>Explicación de los experimentos electricos</i>
1792	X	Rodríguez Vera	<i>Proposiciones sobre los fenómenos electricos</i>
1797	X	Vera Limón	<i>Demostraciones electricas acomodadas a la medicina</i>

LA CIENCIA FÍSICA EN SEVILLA DURANTE EL SIGLO XVIII

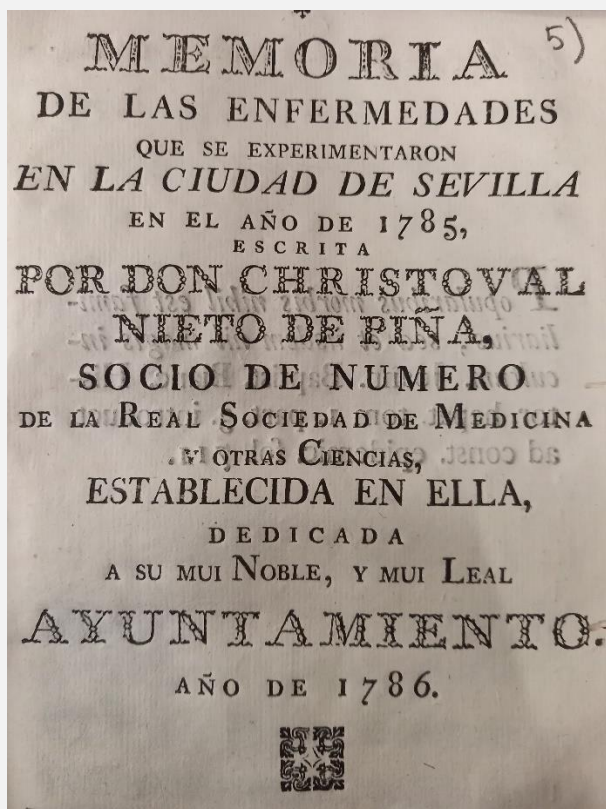
1737	XI	Rexano	<i>Sobre el agua marina y dulcificacion del agua salada</i>
1786	XI	F Delgado	<i>Del magnetismo animal</i>
1787	XI	Glez. Centeno	<i>Porqué la piedra imán es remedio en algunos dolores</i>
1725	XII	Barragán	<i>De la lu zy los colores</i>
1741	XII	J. Correa	<i>Color</i>
1746	XII	Perez Deldado	<i>Sobre la naturaleza y propiedades de la luz</i>
1754	XII	Muela y Molina	<i>Que sea la luz y como se comuniqué</i>
1756	XII	D. Josep Benitez	<i>De la naturaleza de la luz</i>
1764	XII	Perez Delgado	<i>Sobre la naturaleza de la luz</i>
1778	XII	Díaz de Vega	<i>La luz</i>
1753	XIII	Fdez de Mesa	<i>Elasticidad</i>
1755	XIII	Pérez	<i>Sobre la elasticidad de los cuerpos</i>
1758	XIII	S.N.	<i>De la elasticidad de los cuerpos</i>
1760	XIII	Martín Manzano	<i>Extensión y divisibilidad de los cuerpos en sentido fisico-matematico</i>
1773	XIII	Perez Valdés	<i>De la elasticidad de los cuerpos</i>
1786	XIV	F. Buendía	<i>Sobre la esfera armillar y los climas</i>
1792	XIV	Sancho Buendía	<i>Consideraciones sobre dos disertaciones relativas vientos y clima</i>
1748	XIV	Vicepresidente	<i>Sobre el modo de formarse el granizo</i>
1752	XIV	S.N.	<i>De la causa física de los vientos</i>
1772	XIV	Nieto de Piña	<i>Del la atmosfera del globo terraqueo</i>
1773	XIV	García Brioso.	<i>De los vientos que dominan en esta ciudad de Sevilla</i>
1779	XIV	Nieto de Piña	<i>De las causas físicas y efectos del Rocío</i>
1785	XIV	Garcia Brioso	<i>De la naturaleza del aire y sus propiedades</i>
1790	XIV	Sancho Buendía	<i>Climas y vientos de Sevilla</i>
1792	XIV	Paria	<i>Sobre el aire vital</i>
1793	XIV	Pedro Henry	<i>De los errores que comúnmente se padecen en las observaciones meteorológicas y remedios</i>
1791	XIV	X. de Lorite	<i>Sobre las tormentas</i>
1797	XIV	S.N.	<i>Sobre la niebla</i>
1733	XV	Buendía	<i>Del rayo</i>
1748	XV	S.N.	<i>Sobre el Rayo</i>
1759	XV	S.N	<i>De la naturaleza y propiedades del rayo</i>
1762	XV	García Brioso	<i>Si era cierto la existencia de la piedra rayo</i>
1764	XV	Buendía Ponze	<i>Sobre la naturaleza del sol y su influjo sobre los vivientes</i>
1770	XV	García Brioso	<i>Sobre la naturaleza de la Tierra y sus propiedades</i>
1771	XV	Nieto de Piña	<i>Del sol y sus admirables propiedades</i>
1775	XV	C. Nieto de P	<i>Del mar y sus propiedades mas notables.</i>
1756	XVI	Gámez	<i>De las causas de los terremotos, sus efectos y si pueden por algunas señales prevenirse</i>
1756	XVI	García Brioso	<i>Sobre la causa física del terremoto del 1º de Nov. de 1755</i>
1756	XVI	García Blanco	<i>Disertación Phisico-médica del espantoso terremoto</i>



**Apéndice III**

**Relación de obras impresas sobre física escritas por socios, sin incluir las que se publicaron por la Real Sociedad en sus memorias.**

Ordenadas alfabéticamente, con indicación del año de ingreso de su autor en la Sociedad y fecha de publicación.







Fernández Navarrete, Francisco. [1739]. Efemérides barométrico médica matritenses para el más puntual y exacto cálculo de las observaciones que han de ilustrar la historia nacional y médica de España. Madrid 1738

González, Francisco Javier Fr. [1742]. Reflexiones sobre la respuesta a la carta del Ilustrísimo don Fray Miguel de San Joseph. Juicio reflejo sobre la verdadera causa del terremoto. Sevilla. 1756

Martín Martínez. [1717]. Filosofía escéptica extracto de la física antigua y moderna recopilado en diálogos entre un aristotélico, cartesiano, gassendista y escéptico para la instrucción de la curiosidad española. Madrid 1730.

Nieto de Piña, Cristóbal. [1753]. Historia de la epidemia de calenturas benigna que se experimentó en Sevilla desde principio de septiembre a finales de noviembre de 1784 Sevilla. 1785. (Incluye observaciones meteorológicas).

Nieto de Piña, Cristóbal. [1753]. Memoria de las enfermedades que se experimentaron en la ciudad de Sevilla en el año de 1786. 1787. Sevilla (Incluye observaciones meteorológicas)

Nieto de Piña, Cristóbal. [1753]. Memoria de las enfermedades experimentadas en la ciudad de Sevilla en el año 1787. Sevilla 1787. (Incluye observaciones meteorológicas).

Piquer y Arrufat, Andrés. [1752]. Física moderna racional y experimental. Valencia 1745.

Roche, Juan Luis. [1755]. Relación y observaciones físicas matemáticas sobre el terremoto y la ilusión del mar del día 1 de noviembre de este año de 1755 que comprendió a la ciudad y gran puerto de Santa María y a toda la costa y tierra firme del reino de Andalucía. 1756.

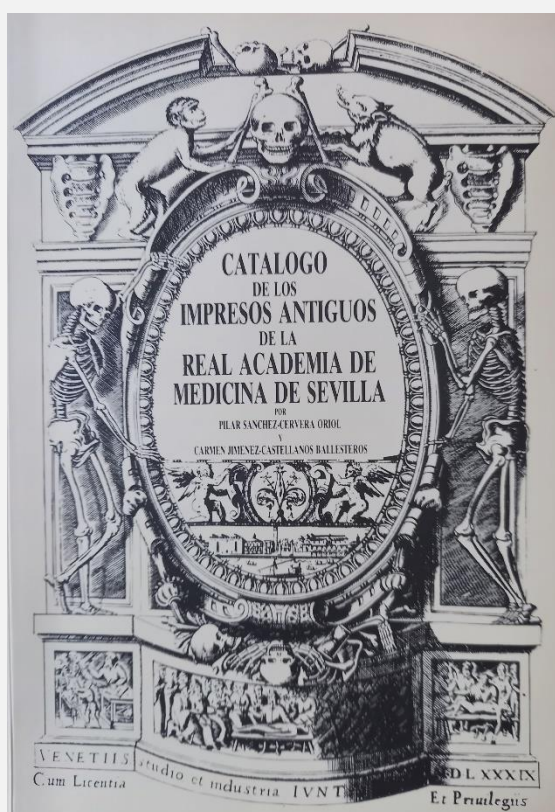


## Apéndice IV

### Fondo de la Regia Sociedad de Sevilla.

**Relación de títulos de los libros sobre Física y materias afines conservados en el archivo de la Real Academia de Medicina de Sevilla, editados hasta el siglo XVIII.**

Ordenados por año de edición.





- 1529? *De physicis questionibus*. Valla Giorgio.
1548. *De coloribus*. Porzio Simeone. Florencia.
1650. *Principia philosophie, Dissertatio de método, dioptrice, Meteora....* Descartes Renato. Amstelodami.
1650. *Causae flexus et refluxus maris venturum et febris intermitentis*. Le Royer-Jacques. Paris.
1656. *Le secret decouvert di flux et reflux de la mer de la mer et des longitudes*. Arçons Cesar. Paris.
1673. *De motu pendularum ad horologia aptato demonstrationes geometricae*. Zalichemius Christianus. Paris.
1686. *Observatoires de salsedines maris*. Boyle Robert. Genève.
1706. *Elementos mathematicos* (incluye principios arithmeticos, geometricos, de algebra, trigonometría y tabla logarithmica). Ulloa Pedro S J. Madrid.
1726. *Lezione accademica intorno l'origine delle fontane*. Vallisnieri Antonio. Venezia.
1728. *Raccolta di varie osservazioni spetanti all'histiora medica e naturale*. Vallisnieri Antonio. Venezia.
1728. *De corpi marini che su monty si trovano*. Vallisnieri Antonio. Venezia.
1734. *Elementa sectionunm conicarum*. De Martíno Niccolo. Neapoli.
1735. *Opusculi scientifici e fililigici*. Raccolta. Venezia.
1736. *Astronomía universal theórica y práctica conforme a la doctrina de los antiguos y modernos astrónomos*. Serrano Gonzalo Antonio. Córdoba.
1737. *Algebrae geometría promothae elementa*. De Martíno Niccolo. Trad: A. Zaccagnini SJ. Madrid.
1757. *Elementos de geometría y física experimental*. Nollet Jean Antoine. Trad: A. Zaccagnini S.J. Madrid
1757. *Compendio mathematico en que se contienen todas las materias más principales de la ciencia que tratan la cantidad*. Tosca Tomás. Valencia.
1781. *Theatro critico universal*. Discursos varios en todo género de materias para desengaño de errores comunes. Feijoo, Benito Fr. Madrid.
1785. *Arte de ensayar oro y plata*. Sage Balthazar; Trad: Gómez de Ortega. Madrid.
1788. *Elementos de Geometría y Física Experimental*. Nollet J. A. Extractado para uso e instrucción del Real Colegio de Cirugía de Cádiz, por J. Ameller. Cadiz

## Apéndice IV

1789. *Origen, progresos y estado actual de la obra escrita en italiano*. Andrés Juan. Madrid

1790. *Principios de matemática de la Real Academia de San Fernando*. Bails Benito. Madrid.

1795. *Elementos de Historia Natural y de química*. Fourcroy Antoine. Segovia

1796. *Diccionario universal de física*. Brisson Mathurin- Jacques Madrid

1796. *Lámina del diccionario universal de Física*. Navarro Manuel. Madrid

### **Publicaciones periódicas:**

1666-1699. *Memoires de l'Académie Royal des Sciences*. Edición 1730. Paris

1695-1706. *Miscelanea curiosa médico-phísica*. Academia Nature Academiae Caesareo-Leopoldine.

1702-1797 *Memories de mathématique et de physique*. Historie de la Academia Royal des Science. Paris

1712-1722. *Acta. Academiae Caesareo-Leopoldine Naturae curiosorum Ephemérides sive Observatorium mun médico-phísicarum*.

1727-1754. *Acta phyísico-médica*. Germanicarum Academiae Caesareo-Leopoldine Nature (observationes et experimenta). Vol I, 1727; vol 10, 1754. Norimbergae.

## BIBLIOGRAFÍA

### Complemento a la bibliografía histórica documental

- Aguilar Piñal F. 1964. Informe sobre la reforma de la Regia Sociedad Hispalense en 1774. *Archivo hispalense*: 124, 195-201.
- Aguilar Piñal F. 1969. *La universidad española en el siglo XVIII*. Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Arriaga J. 1951. Historia de la Regia Sociedad de Medicina y demás Ciencias de Sevilla. *Archivo hispalense*: 47, 373-412.
- Bails B. 1786. *Elementos de Matemáticas, tomo IX: De la Arquitectura Civil*. Madrid. (Edición facsímil: Murcia 1984).
- Cano Pavón J. M. 1987. *La ciencia experimental y la Universidad de Sevilla (siglos XIX-XX)*. Servicio Publicaciones Universidad de Sevilla.
- Cano Pavón J. M. 1993. *La ciencia en Sevilla: (siglos XVI-XX)*. Servicio Publicaciones Universidad de Sevilla
- Cid F. et al. 1979. *Historia de la Ciencia. Edad Moderna*. Ed. Planeta. Barcelona.
- Escolano A. 1988. Economía y educación técnica en la Ilustración española. *Revista de Educación*: 5 extra. M.E.C.
- Espinoza F. 2005. An analysis of the historical development of ideas about motion and its implications for teaching. *Physics Education* :40 (2), 141. doi:10.1088/0031-9120
- Fernandez Navarrete F. 1737. *Ephemerides barométrico-medicas* extractadas por orden de la Real Academia Medico Matritense. Madrid.
- García-Barrón L. 1988. La experimentación científica en la Regia Sociedad Hispalense. *Actas IX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*: 59.1. Tarragona.
- García-Barrón L. 1990. La Ciencia Física Española en la Ilustración. *Revista Española de Física*: 4 - 2, 58-62.
- García-Barrón L. 1991. Physica Electrica. *Horizonte Educativo*: 2. 13-18.

## BIBLIOGRAFÍA

- García-Barrón L. 2002. Explicación Científica de los fenómenos meteorológicos en la Regia Sociedad durante el siglo XVIII. *Revista Española de Física*: 16 - 4, 54-55.
- García-Barrón L, García Cuadri R., García Cuadri L. (2022): Condicionantes urbanos de Sevilla (España) frente a extremos meteorológicos. Siglo XVI. *Revista de Climatología*, 22: 35-50.
- García-Barrón L, Aguilar-Alba M, Morales J, Sousa A. 2023. Classification of the flood severity of the Guadalquivir River in the Southwest of the Iberian Peninsula during the 13th to 19th centuries. *Atmósfera*: 36, 1-21.
- García Garralón M. 2009. La formación de los pilotos de la carrera de indias en el siglo XVIII. *Anuario de Estudios Atlánticos*: 55, 159-228
- Gentil, P. 1989. *El riesgo sísmico de Sevilla*. Publ. de la Universidad (Serie: Arquitectura). Sevilla.
- Hermosilla, A. 1971. *Cien años de Medicina Sevillana*. Publ. de la Diputación. Sevilla.
- Juan J.; de Ulloa. A. 1773. *Observaciones astronómicas, y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú de las cuales se deduce las figuras y magnitud de la Tierra, y se aplica a la Navegación. Corregidas y enmendadas por el Autor*. Imp. Real de la Gazeta, Madrid
- Kuhn T. 2019. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Locqueneux R. 2006. *Une histoire des idées en physique*. Vuibert 57. París
- López Díaz M.T., Moreno Toral E. 1999. *La aportación hispalense a la botánica Ilustrada: el jardín de plantas medicinales de la Regia Sociedad de Medicina de Sevilla*. Real Academia de Medicina de Sevilla. Sevilla
- Lopez-Ocon L. 2003. *Breve historia de la ciencia española*, Alianza Editorial. Madrid
- Losee J. 1985. *Introducción histórica a la filosofía de la Ciencia*. Alianza Universitaria. Madrid.
- Mason S. 1985. *Historia de la Ciencia*: Tomo III. Alianza Editorial Madrid
- Méndez Rodríguez L.R. 2018. El arte y la ciencia en la Sevilla de la Ilustración. En *Sevilla en el siglo de la Ilustración*. Coord. Beltrán J., Mendez L.R. Universidad de Sevilla.
- Mensaque J., Peñalver E, coord. 2015. *Antonio de Ulloa: la biblioteca de un ilustrado*. Ed. Universidad de Sevilla.



- Ordóñez Rodríguez J., Navarro Brotons V., Sánchez Ron J.M. 2013. *Historia de la ciencia*. S.L.U. Espasa Libros. Barcelona
- Ortega Cervilla M. 1982. *La farmacia a través de la "Regia Sociedad de Medicina y demás ciencias de Sevilla" en el siglo XVIII*. Tesis Doctoral Universidad de Sevilla
- Papp D. 1961. *Historia de la Física*. Espasa-Calpe. Madrid
- Papp D. 1996. *Historia de las Ciencias desde la antigüedad hasta nuestros días*. Ed A. Bello. Barcelona
- Peset J.L., Lafuente, A., coords. 1988 *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Ed Alianza 3. Madrid
- Porter, R. (Ed.). 2003. *Eighteenth-Century Science*. The Cambridge History of Science. Volume 4, Cambridge University Press. doi:10.1017/CHOL9780521572439
- Principe L. 2013. *La Revolución Científica: Una breve introducción*. Alianza Editorial.
- Rey J. 1990. *La pasión de un ilustrado*. Fondo de Cultura de Sevilla.
- Rey J. 1990. La personalidad científica de Manuel María de Mármol y su contribución a la introducción de ciencia moderna en Sevilla. *Archivo Hispalense*, nº 222.
- Rodrigo F. S. 2018. A review of the Little Ice Age in Andalusia (Southern Spain): results and research challenges. *Geographical Research Letter* 245-265.
- Rodríguez Sánchez R. 2006. *Introducción de la medicina moderna en España*. Ed. Alfar. Sevilla.
- Roso J. 2009. *Dinámica histórica y fondos documentales de una institución científica reformista: de la Regia Sociedad de Medicina a la Real Academia de Medicina (siglos XVIII y XIX)*. Publ. de la Real Academia de Medicina de Sevilla
- Roso J. 2011. *El archivo histórico de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Sevilla*. Publ. de la Real Academia de Medicina de Sevilla
- Rueda Sanchez A. 1993. *Contribución al estudio de la historia de la optometría en España*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid
- Salazar I. 1983. *El concepto de fuerza en los siglos XVII y XVIII*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- Sánchez Cervera P, Jiménez-Castellano C. 1991. *Catálogo de los impresos antiguos de la Real Academia de Medicina de Sevilla*. Caja San Fernando. Sevilla.
- Selles M, Peset I L, La Fuente A. 1989. *Carlos III y la Ciencia de la Ilustración*. Alianza Univ. Madrid

## BIBLIOGRAFÍA

Singer C. 2019. *Breve historia de la ciencia hasta el siglo XIX*. Fondo de cultura económica.

Solís C, Selles M. 1913. *Historia de la ciencia*. S.L.U. Espasa Libros. Barcelona

Sousa A, García-Barrón L. 2023. Estimación de la climatología en Sevilla (España) a final del siglo XVIII, a partir de reseñas meteorológicas. *Revista de Climatología*. 23, 71-82 ISSN 1578-8768

Taton R. y colb. 1988. *Historia General de la Ciencia*. Vol. II, tomos 5 y 6. Editorial Urbis. Barcelona

Torres de Villarroel, D. 1751. *Vida, ascendencia, nacimiento, crianza y aventuras*. Madrid

Tullot, I. F. 1988. Historia del clima de España: cambios climáticos y sus causas. Instituto Nacional de Meteorología.

Udía A. 1993. Los jesuitas y la Meteorología. *Revista Española de Física*: 7- 4, 55-60.

Vernet J. 1998. *Historia de la Ciencia Española*. Alta Fulla. Barcelona